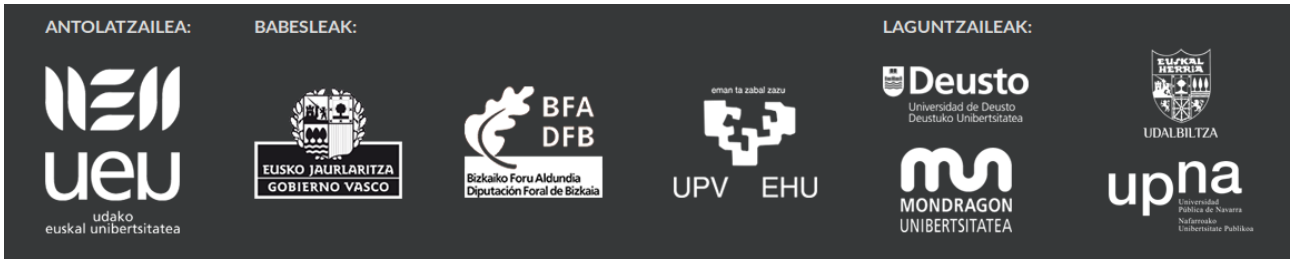
IKER GAZTE
NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

# I. Ikergazte
# Nazioarteko ikerketa euskaraz

## Kongresuko artikulu-bilduma

2015eko maiatzaren 13, 14 eta 15a.
Durango, Euskal Herria

udako euskal unibertsitatea




(c) 2015 Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)
Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Mondragon Unibertsitatea(MU) eta Deustuko Unibertsitatea (DU) laguntzaileak izan dira edizio honetan.
(c) Egileak

Editoreak: Iñaki Alegria, Ainhoa Latatu, Miren Josu Omaetxebarria

Artikuluak *Creative Commons* Aitortu-PartekatuBerdin 3.0 lizentziapean daude

ISBN: 978-84-8438-540-0

Harremanetarako: argitalpenak@ueu.eus
UEU. Erribera 14 1 D. 48005 Bilbo. Tel.: 94 679 05 46

# HITZAURREA

UEUren helburu garrantzitsuenetako bat izan da euskal komunitate zientifiko-intelektuala trinkotzea. Elkarren berri izatea ezinbestekoa da ezagutzak aurrera egin dezan, are gehiago gure kasuan, euskaraz lanean dihardugun ikertzaileak hain sakabanatuta egonda. Ildo horretatik, UEUk hainbat arlotako adituak bildu izan ditu zenbait ekimenetan azken hamarkadetan: Informatikari Euskaldunen Bilkurak (9 edizio) Historialari Euskaldunen Topaketak (5 edizio), Hizkuntzalari Euskaldunen Bilkura, Matematikari Euskaldunen Bilkura, Osasun Zientzietako eta Natur Zientzietako ikertzaileen bilkurak dira, besteak beste, horren adibide argiak. Pozik esan dezakegu ikertzaile euskaldunak inoiz baino gehiago direla, baina tamalez, haien arteko ezagutza urria da oraindik. Hutsune horretaz jabetuta, 2010. urtean ezagutza-alor guztiak bilduko zituen kongresu baten ideia sortu zen UEUn, baina egoera ekonomiko larria zela medio, ezinezkoa izan da orain arte egikaritzea. Apustu oso handia da UEUrentzat, baina egin behar dugula sinesten dugu. Zalantzarik gabe, ikasturte honetako erronka handiena da hauxe, eta horri aurre egiteko bidelagun ezin hobeak izan ditugula esan behar dugu. Izan ere, Kongresuak ondoko babesleak izan ditu: Eusko Jaurlaritza, Bizkaiko Foru Aldundia eta UPV/EHU.

“IkerGazte: Nazioarteko Ikerketa Euskaraz” goiburu duen kongresuaren artikulu-bilduma dugu hau. Izenburu honetan Ikerketa, Euskara eta Gaztetasuna bildu nahi izan ditugu. Ikusgarri egin nahi dugu Euskal Herriko ikertzaile gazteek egiten duten nazioarte mailako ikerketa. Maiz nazioartean erakutsi eta aurkezten dira lan horiek, Euskal Herrian eta euskaraz aurkezteko aukera izan gabe. Kongresu honen helburua komunitate-zientifiko euskaldunaren ikertzaileak bildu eta elkarren berri izatea da, arlo guztiak jorratuz; hasi humanitateetatik eta gizarte-zientzietatik, eta zientzia zehatz, natur zientzia, ingeniaritza, arkitektura eta osasun-arloetako gaietaraino. Nazioartean ingelesez argitaratu ohi diren lanak euskaraz ere argitaratzeko eta zabaltzeko aukeraren aldeko apustua da.
Euskaraz egindako ikerketan mugarri izango delakoan gaude!

Honelako kongresu bat aurrera ateratzeko ezinbestekoa da bai banakoen lan eskerga, baita erakunde publiko eta pribatu ugariren laguntza ere: UEUko lan-taldea eta UEUkideak, Batzorde Zientifikoaren ikertzaileak, Batzorde Dinamizatzailearen ikergazteak, babesleak eta laguntzaileak (unibertsitateak, ikertaldeak zein aldizkari zientifikoak). Horrez gain, hainbat pertsona eta komunikabide. Esker mila guztiei.

Egitarau interesgarri eta erakargarria da; arlo guztietako ekarpenak biltzen dira, 72 ahozko aurkezpenak dira eta 44 poster modukoak. Guztira 116 komunikazio.

Hasieran, 133 komunikazio jaso ziren, baina gainbegiratze-prozesua gainditu ondoren 117 komunikazio hautatu ziren aukeratzeko eta horietatik 116 daude bilduma honetan.
Jakintza-arloei dagokionez hauek dira zenbakiak:

| | |
|---|---|
| Giza zientziak | 15 |
| Gizarte-zientziak | 21 |
| Zientzia zehatzak eta Natur zientziak | 26 |
| Ingeniaritza eta Arkitektura | 35 |
| Osasuna | 20 |

Ikertzaileen afiliazioari dagokionez, espero bezala Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) jatorria da maizen aipatu dena, 70etik gorako ekarpenekin, Deustu (DU) eta Mondragon (MU) jatorria 10 artikulu baino gehiagotan aipatu dira. Nafarroako Unibertsitate Publikoa, Baionako Iker ikerketa-taldea (CNRS), Elhuyar I+G eta EHU-CSIC lankidetzak lauzpabost artikulutan aipatzen dira. Euskal Herrian dauden beste ikerketa-zentro batzuek ere hartu dute parte: NU-Cima, NEIKER-Tecnalia, DIPC, CIC-bioGUNE, CEIT, Biocruces eta BCAM. Euskal Herritik kanpoko erakundeei dagokienez, hauek dira aipatzen diren unibertsitateak: Granadako Unibertsitatea, UAB (Bartzelona). Eta munduko hainbat ikerketa-zentro ere: CNRS Pau, CSIC Madrid, Danimarka, Alemania, Finlandia, AEB (New York, Denver), Australia.

Eta bi urtean behin errepikatzeko asmoa dugu. Beraz, adi hurrengo argitalpenetara!

*Editoreak:*
Iñaki Alegria
Ainhoa Latatu
Miren Josu Omaetxebarria

**BATZORDEAK**

**Batzorde zientifikoa**

Batzordeburua:
Miren Josu Omaetxebarria (UPV/EHU, UEU)
Idazkaria:
Ainhoa Latatu (UEU)

Giza Zientziak
Itziar Aduriz (Bartzelonako Unibertsitatea, UEU)
Mikel Aizpuru (UPV/EHU, UEU)
Aritz Irurtzun (CNRS-IKER, UEU)
Roldan Jimeno (NUP, UEU)
Kepa Korta (UPV/EHU)
Gizarte Zientziak eta Zuzenbidea
Josu Amezaga (UPV/EHU, UEU)
Eneko Bidegain (MU, UEU)
MªLuz Esteban (UPV/EHU, UEU)
Nerea Mujika (Deustuko unibertsitatea)
Iñaki Peña (Deustuko unibertsitatea)
Zientzia Zehatzak eta Natur Zientziak
Elizabete Alberdi (UPV/EHU, UEU)
Itziar Aretxaga (INAOE-Mexiko)
Arturo Elosegi (UPV/EHU, UEU)
Arantza Garcia Lekue (DIPC)
Marian Iriarte (UPV/EHU)
Ingeniaritza/Arkitektura
Olatz Arbelaitz (UPV/EHU, UEU)
Unai Fernandez de Betoño (UPV/EHU, UEU)
Gabriel Ibarra (UPV/EHU, UEU)
Karmele Lopez de Ipiña (UPV/EHU, UEU)
Fernando Mijangos UPV/EHU, UEU)
Osasuna
Rafael Aldabe (CIMA, NU)
Jose Ramon Bilbao (UPV/EHU, Gurutzetako ospitala)
Felix Elortza (Biogune, UEU)

**Beste gainbegirale batzuk**
Iñaki Alegria
Itziar Basterretxea
Fernando Bazeta
Koldo Callado
Nestor Etxebarria
Nuria Monasterio
Garbiñe Ortiz
Iratxe Retolaza
Igone Zabala
Daniel Zuazagoitia

**Batzorde dinamizatzailea**

Ostaizka Aizpurua (UPV/EHU, UEU)
Estitxu Garai (UPV/EHU, UEU)
Xabier Landabidea (Deustuko Unibertsitatea, UEU)
Asier Mugertza (NUP)
Olatz Perez de Viñaspre (UPV/EHU)
Itxaro Perez (UPV/EHU)
Mitxelko Uranga (UPV/EHU)

**Batzorde teknikoa**

Ane Sarasua (UEUko idazkari nagusia)
Idoia Torregarai (komunikazio-arduraduna)
Ainhoa Latatu (koordinatzailea)

**Ikerketa-talde laguntzaileak**

- AFIT. UPV/EHUko Antropologia Feminista Ikerketa Taldea.
- AHOLAB. UPV/EHUko Signal Processing Laboratory.
- DEUSTU-EUSKAL GAIAK. Deustuko Unibertsitateko Euskal Gaien Institutua.
- ELEBILAB. UPV/EHUko Psikolinguistika Laborategia.
- ELEKIN. UPV/EHUko Giza Ingeniaritza eta Bioingeniaritza Ikerketa Taldea
- ELHUYAR I+G. Elhuyar Fundazioko ikerkuntza- eta garapen-taldea.
- HEZIKOM. Mondragon Unibertsitateko HUHEZI Fakultateko Hezkuntza eta Komunikazioaren inguruko ikerketa-taldea
- IKER. Bordele Montaigne Unibertsitatearen (lotura-erakunde nagusia) eta Paueko eta Aturri Herrialdeetako Unibertsitatearen (UPPA) euskara eta euskal testuen ikerketa-zentroa.
- IXA. UPV/EHUko hizkuntzaren tratamendu automatikoaren inguruko Ikerketa Taldea
- Jokabide-Ekologia eta Eboluzioa Saguzarretan Ikerketa Taldea. UPV/EHU.
- NOR. UPV/EHUko Ikus-entzunezko Komunikazio eta Publizitate Saileko Ikerketa Taldea.
- PARTE HARTUZ. UPV/EHUko Politika eta Administrazio Zientzia Saileko Ikerketa Taldea
- ZELULEN BIOLOGIA INGURUMEN TOXIKOLOGIAN TALDEA. UPV/EHUko Zientzia eta Teknologia Fakultateko eta eta Plentziako Itsas Estazioan lan egiten duen Ikerketa Taldea.

**Aldizkari zientifiko laguntzaileak**

Aldiri (UEU) www.aldiri.eus
Bat Soziolinguistika Aldizkaria www.soziolinguistika.eus/bat
Ekaia (UPV/EHU) www.ehu.eus/ojs/index.php/ekaia
Elhuyar Zientzia eta Teknika aldizkaria.elhuyar.eus/
Senez (EIZIE) www.eizie.eus/Argitalpenak/Senez
Tantak (UPV/EHU) www.ehu.eus/ojs/index.php/Tantak
Uztaro (UEU) www.uztaro.eus

**Hizlari gonbidatuak**

- Paul Zachary “PZ” Myers
- Karmele Artetxe
- Itziar Laka

**Taillerrak**

- Mahai-ingurua: Ikertzaile ibilbidea. Moderatzailea: Xabi Paya. Parte-hartzaileak: Amaia Zurutuza, Joserra Diez, Iñaki Peña, Goizeder Barberena
- Testuen hizkuntza-kalitatea hobetzeko Ander Altuna (UEU)
- Zure lana gizarteratzeko gakoak: komunikabideak eta sare sozialak. Beñar Kortabarria, Bego Zubia, Alaitz Otxoa de Eribe (Elhuyar Fundazioa)
- Mintegia: Zientzia eta zientzialariaren papera independentzia eta emantzipazio prozesuetan. Jule Goikoetxea
- Hiztun eta erabiltzaile berriak: euskararen normalizaziorako gakoak. Moderatzailea: Xabier Landabidea (Euskal Gaiak -DU) Parte-hartzaileak: Ibon Manterola, Naiara Berasategi, Gorka Salces, Jone Goirigolzarri
- Ikerketa ildo eragileak, Euskal Herriaren geroa. Moderatzailea: Imanol Esnaola (Gaindegia)
- Ahozko eta idatzizko komunikazioa ikerketa jardunean. Joxerra Garzia
- Sare sozialetatik erauzitako datuetan oinarritutako ikerketa. Arkaitz Zubiaga

# Kongresuko artikulu-bilduma
# AURKIBIDEA

**Giza Zientziak ..... 14**

Euskararen Sorkuntza Automatikoa: lehen urratsak, *M. Agirrezabal, I. Gonzalez-Dios* eta *I. Lopez-Gazpio* ..... 15

Euskararako HPSG gramatikaren lehen proposamena, *Jon Alkorta Agirrezabala* ..... 24

*Konbitzul:* euskarazko eta gaztelaniazko izen+aditz konbinazioen datu-basea, *Uxoa Iñurrieta* ..... 32

[õ] sudurkarituaren igoera ekialdeko euskalkietan, *Ander Egurtzegi* ..... 39

Euskarazko denbora-egituren tratamendu automatikorako azterketa, *Begoña Altuna* ..... 46

Ama-hizkuntza gaztelania duten euskara-ikastun helduen euskal txistukarien oharmena eta ekoizpena, *M. Segura* ..... 54

Hizkuntzaren prozesamendua garun-eremu motorrean, *Miren Urteaga* ..... 63

“Gu”ak Trantsizioan: Euskal Herriko lau kultura politiko nagusien memoria eta nortasuna (1975-1980), *Eider Landabera* ..... 70

Markatzaile diskurtsiboak ikasle entzuleek espainiar zeinu-hizkuntzan ekoiztutako testuetan, *A. Moiua, I. Garcia-Azkoaga eta A. Ozaeta* ..... 77

Unitate fraseologikoen itzulpena: alemana-euskara. Corpusean oinarritutako analisia, *Zuriñe Sanz Villar* ..... 83

Komunitatea eta Periferia: euskal arte politikoa XXI. Mendean, *Garazi Pascual Cuesta* ..... 90

Corpusetan oinarritutako hiztegi elebidun berria sortzen, *David Lindemann* eta *Inaki San Vicente* ..... 95

Lapurdi itsas hegiko euskara: hiru ezaugarri fonologikoren azterketa, *Maitena Duhalde* ..... 101

Elgoibarko leku izenen argia, *A. Pinacho eta N. Alaba* ..... 108

Izen eta Aditzen frekuentziak SVO eta SOV hizkuntzetan, *Luis Pastor* ..... 116

**Gizarte-Zientziak ..... 121**

Iraupen luzeko irakasleriaren garapenaren eraginkortasuna: irakasleriaren kontzepzioetan, hurbilketan eta kultura instituzionalean. UPV/EHUko ERAGIN kasuaren azterketa, *Alba Madinabeitia* ..... 122

Generoa, diskriminazioa eta erresistentzia: espetxeratutako emakumeen agentzian sakonduz, kasu baten azterketa abiapuntu , *Maria Ruiz* ..... 130

EAEko alderdi politikoen hizkuntza politikak eta hizkuntza ideologiak 1980-2012, *Jone Goirigolzarri Garaizar* ..... 138

Adin erlatiboaren eragina saskibaloiko jokalarietan, *H. Arrieta, J. Torres-Unda, J. Gil, S.M. Gil eta J. Irazusta* ..... 146

Futbol ekitaldiaren eta nazio nortasunen arteko lotura Euskal Herrian, *Ekain Rojo Labaien* ..... 152

Babes soziala epe luzeko langabezia egoeran dauden eta seme-alabak kargura dituzten familien erresilientzia prozesuan, *Ainhoa Díez Sanz* ..... 160

Ziurgabetasunean erabakitzen: nanomaterial manufakturatuen arriskuen tratamendu juridikoa , *Aratz Ramirez de la Piscina* ..... 168

Nazioarteko krimenengatik sortutako erantzukizun penala. *Joint Criminal Enterprise* delakoaren azterketa, *Miren Odriozola-Gurrutxaga* ..... 176

Oinarrizko Eskubideen maila anitzeko babesa: atxilotze eta entregatze agindu europarra, *Alazne Ascenso Gabiña* ..... 183

Euskal audientzia eta ikus-entzuleriaren neurketak: hurbilketa euskaldun baterako oinarriak, *Koldo Díaz, Xabier Landabidea eta Gorka Salces* ..... 189

Euskaldunok eta telebista XXI. mende hasieran: ikus-entzuleen hitzetan oinarritutako hurbilketa kualitatiboa, *Xabier Landabidea Urresti* ..... 198

EAEko Gizarte Zerbitzu Sistemaren konplexutasunaren faktore erabakigarriak eta zerbitzuen lurralde esleipenean honek dituen ondorioak, *Felix Arrieta Frutos* ..... 206

Hurbilketa euskarazko lehen telebista saioen historiara, *Josu Martinez* ..... 212

Langileen pertzepzioak eta nahiak barne komunikazioari buruz kooperatibetan. Kasu azterketa, *O. Belategi, T. Egaña* eta *M. Gago* ..... 220

Gazteen ikus-entzunezkoen kontsumoa, interakzioa eta partekatzea: Mondragon Unibertsitateko ikasleen kasu-azterketa, *I. Astigarraga, A. Pavón* eta *A. Zuberogoitia* ..... 228

Ebolaren gizarte irudikapena Euskal Herrian: nola ulertu, hauteman eta sentitu dugu?, *N. Idoiaga, L. Gil de Montes* eta *J. Valencia* ..... 237

Ingurune euskalduneko gazteak eta hizkuntza idatzia, *Garbiñe Bereziartua Etxeberria* ..... 243

Aisialdiko esperientzien diseinua musika jaialdietan: Europako profesionalen profil berria, *June Calvo-Soraluze* ..... 251

Nerabearen eta lagun-taldearen ikus-entzunezko kontsumoa 2011n: Gipuzkoako kasu azterketa, *A. Pavón, A. Zuberogoitia* eta *P. Juaristi* ..... 258

IKD GAZtE: ikaslea bere ikaskuntzaren gidari bilakatzen denean, *O. Calderon* eta *L.-Ortiz* ..... 266

Euskarazko eta frantsesezko hizkuntza gaitasunen bilakaera Ipar Euskal Herriko lehen mailako eskolatze elebidunean, *Beñat Lascano* ..... 272

**Zientzia Zehatzak eta Natur Zientziak ..... 280**

Substantzia alergenoak, kontserbagarriak eta ultramore-iragazkiak kuantifikatzeko metodoen garapena eta aplikazioa, *J. Lopez-Gazpio eta E. Millán* ..... 281

Polimero akriliko/CeO2 estaldura hibridoen sintesia egurraren iraunkortasuna luzatzeko, *M. Aguirre, M. Paulis eta J. R. Leiza* ..... 287

Lipido Solidozko Nanopartikulak substantzia liposolugarrien garraio eta egonkortasuna hobetzeko, *L. Arana, F.M. Goñi* eta *I. Alkorta* ..... 293

Larratze motaren eragina latxa ardien sistema batean; lehen emaitzak, *N. Mandaluniz, J. Arranz, E. Ugarte eta R. Ruiz* ..... 300

Mendi hegaletako ezegonkortasunak aztertzeko metodologiak, Gipuzkoarako aukerak, *Txomin Bornaetxea Estela* ..... 304

Pirinioetako altuera handiko lakuetako sedimentuak, inguruko kutsadura metalikoaren adierazle, *A. Rodriguez-Iruretagoiena, A. Gredilla, S. Fdez-Ortiz de Vallejuelo, G. Arana, J. M. Madariaga, J. C. Auguet, A. Gonzalez, L. Camarero* eta *A. de Diego* ..... 311

Errendimendu handiko konputazioa fotosintesia simulatzeko, *J. Alberdi-Rodriguez, J. Muguerza* eta *A. Arruabarrena* eta *A. Rubio* ..... 321

Opioide-hartzaileen deskribapena eta kokapena saguen hozi-zelula maskulinoetan, *H. Estomba, I. Muñoa, I. Urizar, M. Gianzo, L. Casis, J. Irazusta* eta *N. Subiran* ..... 328

Ugalketako disrupzio endokrinoa Gernika eta Galindoko araztegien inguruko korrokoietan (*Chelon labrosus*), *A. Valencia, I. Rojo-Bartolomé, C. Bizarro, I. Cancio,* eta *M. Ortiz-Zarragoitia*.....335

Transkripzio faktoreen bidezko punta-nukleo komunikazioa zelula polarretan: garapenaren kontrola harizpi-formako onddoetan, *E. Perez de Nanclares Arregi, E. Herrero-García, M. S. Cortese, A. Marquina-Iñarrairaegui, E. A. Espeso, U. O. Ugalde* eta *O. Etxebeste*.....342

BAK proteinaren mekanismo proapoptotikoa aztertzen, *O. Landeta, A. Landajuela, H. Flores-Romero, I. Bustillo-Zabalbeitia, M. García-Porras, J. G. Valero, O. Terrones, A. J. García-Sáez* eta *G. Basañez*.....350

Angelman Sindromearen ikerkuntza *Drosophila* euliak erabiliz, *J. Ramirez, A. Martinez, B. Lectez, S. Y. Lee, R. Barrio, M. Gonzalez, M. Franco, G. Dittmar, L. Reiter* eta *U. Mayor*.....356

Kontrol optimo problema bat Lotka-Volterra ereduarekin: turnpike propietatea eta zenbait ebazpen numeriko, *Aitziber Ibáñez* .....363

Positroi-Deuseztapen Erdibizitzaren Espektroskopia Bidezko Ezaugarritze Mikroestrukturala Memoria Formadun Aleazio eta Isolatzaile Topologikoetan, *I. Unzueta, E. Axpe, D. Merida, E. Legarra, N. Zabala, V. Sanchez-Alarcos, I. Perez-Landazabal, V. Recarte, V. Muñoz-Sanjose, J. A. Garcia* eta *F. Plazaola*.....371

Ordena partzialak eta talde simetrikoa, *A. Estevan*.....376

Defektu kosmikoen zenbakizko simulazioak, *J. Lizarraga, A. Lopez-Eiguren* eta *J. Urrestilla* ..382

Biomonitorizazio teknika berrien garapena ingurugiroko kutsatzaile organikoen biokontzentrazioa determinatzeko, *O., Ros, O. Posada, A. Delgado, A. Vallejo, M. Olivares, A. Prieto* eta *N. Etxebarria*.....389

Triazol pestiziden determinaziorako mikroerauzketa teknika eta banaketa kromatografikoan oinarritutako metodoen garapena, *A. Bordagaray, R. Garcia-Arrona* eta *E. Millán*.....395

2Dko koordinazio sare organometalikoen propietate elektroniko eta magnetikoak, *Iker Gallardo* eta *Andres Arnau*.....401

Inprimatze digitalak arte garaikidean. Kontzeptuen argibidea eta teknologien ikerketa zaharberritzearen ikuspuntutik, *I. Anthonisen Añabeitia, I. Maguregi Olabarria* eta *E. Artetxe Sánchez*.....409

Sekuentziazio masiboaren erabilera izaki eukarioten garapena erregulatzen duten geneak identifikatu eta karakterizatzeko, *E. Oiartzabal-Arano, A. Garzia, A. Gorostidi, U. Ugalde, EA. Espeso* eta *O. Etxebeste*.....417

Nanogarraiatzaileen Garapena Molekula Terapeutiko Txikiak Modu Eraginkor Batean Ehun Linfatikoetan Askatzeko, *J.A. Nieto-Garai, S. Benet, M. Pino, E. Bilbao, Itziar Erkizia, M. Fernandez-Figueras, FX. Contreras, JG. Prado, J. Martinez-Picado, N. Izquierdo-Useros* eta *M. Lorizate*.....424

DOPC:esfingomielina:kolesterol lipido nahasketa hirutarraren Laurdan bifotoi azterketek fase bakarra erakusten dute 1 baino txikiago diren esfingomielina:kolesterol erlazioetan, *P. Carravilla, J.L. Nieva, F. M. Goñi, J. Requejo-Isidro* eta *N. Huarte*.....432

*BCL2-related ovarian killer* (BOK) proteinak heriotza celular programatuan eta mitokondrioen morfologiaren eraldaketan parte hartzen du, *I. Bustillo-Zabalbeitia, H. Flores, O. Landeta, G. Basañez* eta *O. Terrones*.....438

Adenilato ziklasa toxinak bakterioen barneratzea eragiten du celula ez-fagozitikoetan, *A. Etxaniz, C. Martin, K. Uribe, D. Gonzalez-Bullon, A. Etxebarria, J. Arlucea, J. Arechaga, F. M. Goñi* eta *H. Ostolaza*.....445

**Ingeniaritza/Arkitektura.....451**

Fasearen erabilera ahots sintetikoaren detekzioan, *Jon Sanchez, Ibon Saratxaga, Eva Navas, Daniel Erro* eta *Inma Hernáez*.....452

Haririk Gabeko Komunikazio Sistemen Azterketa Ingurune Konplexuetan 3D Ray Launching Metodo Deterministaren bidez, *P. Lopez-Iturri, E. Aguirre, L. Azpilicueta* eta *F. Falcone*.....458

Maiztasunarekiko independentea den I/Q desorekaren azterketa banda zabaleko mikrouhin loturetan, *Ainhoa Rezola, Juan Francisco, Sevillano* eta *Igone Vélez*.....467

Egituren egoeraren monitorizaziorako zuntz optikoan oinarritutako sentsore sinplifikatua, *H. Iribas, M. Sagues, J. Mariñelarena J.* eta *A. Loayssa* .....475

Ingurune konplexuen azterketa dosimetrikoa 3D Ray Launching Simulazio metodoaren bidez eta giza gorputzaren eredua erabiliz, *E. Aguirre, P. Lopez-Iturri, L. Azpilicueta* eta *F. Falcone*.....481

Hiri bazterreko paisaietara hurbilketa teorikoa, *M. Uriarte*.....489

Hole-drilling teknika zurezko egituren karakterizazioan, *M. Crespo de Antonio* eta *S. Sánchez-Beitia* .....495

Echezarreta paper-fabrika Gipuzkoako industria-ondarearen eredu, *I. Otamendi-Irizar* .....503

Hiri-hondakinak biltzeko sistemen efizientzia teknikoa eta bizizikloaren Analisia, *Iraia Oribe-Garcia, Ander Pijoan, Cruz E. Borges, Ana M. Macarulla-Arenaza* eta *Ainhoa Alonso-Vicario* .....509

Etxean jakiak hobeto aprobetxatzeko produktu berri baten diseinua: Esperientzien diseinua ardatz hartuta, *G. Lasa, D. Justel D., A. Retegi A., R.* eta *Aranburu* .....516

Makina Elektrikoen Portaera Bibroakustikoaren Neurketa eta Simulazioa, *A. Telleria, A. McCloskey A, X. Arrasate* eta *X. Hernandez* .....522

CAN busa erabiltzen duten sistemetan gailu berriak integratzeko metodologia, ibilgailuen interfazeetan oinarritua, *A. Bilbao*.....530

Geruzatzerik gabeko berun-azido bateriak, *L. Oca, J. M. Campillo-Robles, M. M. Bou-Ali* eta *B. Ballesteros*.....537

Difusioa, Termodifusioa eta Soret koefizienteak kalkulatzeko erabiltzen diren teknika desberdinak, *E. Lapeira, M. M. Bou-Ali, A. Mialdun, V. Shevtsova, W. Koehler, M. Gebhardt* eta *T. Triller*.....545

Garraio propietateak nahasketa hirutarretan, *M. Larrañaga, E. Lapeira, M. M. Bou-Ali, J. A. Madariaga* eta *C. Santamaría*.....551

Partikula-azeleragailuei zuzendutako diagnostiko eta kontrol teknika aurreratuak, *I. Badillo, J. Jugo eta J. Portilla* .....557

*Konbinatu eta Irabazi!* Hitzen Semantikaren Errepresentazio Osoagoaren Bila, *Josu Goikoetxea Salutregi*.....564

Euskarazko corpus orokorrak osatzeko weba ustiatzen, *I. Leturia* .....573

Lurrikarei buruzko informazioa eskuratzen Twitter bidez, *Ander Intxaurrondo, Eneko Agirre* eta *Oier Lopez de Lacalle* .....582

Testu kopuru handiak prozesatzeko big data teknikak, *Z. Beloki, X. Artola* eta *A. Soroa*.....590

Euskarazko izena+aditza konbinazioak corpusetik automatikoki erauztea eta idiomatikotasunaren arabera karakterizatzea, *A. Gurrutxaga, I. Alegria* eta *X. Artola*.....600

Ezagutzan Oinarritutako Giza-Jardueren Eredu Dinamiko eta Pertsonalizatuak Ikasten, *G. Azkune, A. Almeida, D. López de Ipiña* eta *L. Chen*.....608

Laktosaren eragina arrain gelatinazko filmetan, *A. Etxabide, M. Urdanpilleta, P. Guerrero* eta *K. de la Caba*.....615

Hidrogenoaren ekoizpena plastikoetatik abiatuz, *I. Barbarias, G. Lopez, M. Amutio, M. Artetxe, J. Alvarez, A. Arregi* eta *M. Olazar* .....621

Hidrogenoaren ekoizpena biomasatik abiatuz, *A. Arregi, G. Lopez, M. Amutio, M. Artetxe, J. Alvarez, I. Barbarias* eta *M. Olazar* .....626

Audio albistegietatik informazioa erauzten duen sistema eleaniztuna Komunikazio zubiak sortzen, *N. Barroso, K. López de Ipiña, P. M. Calvo, C. Hernández, A. Ezeiza, U. Susperregi, S. Barroso* eta *O. Barroso*.....632

Sentimenduen analisirako lexikoen sorkuntza, *Iñaki San Vicente* eta *Xabier Saralegi*.....639

Sistema Ziber-Fisiko Aldakorrak: Analisia, Kudeaketa eta Simulazioa, *A. Arrieta, G. Sagardui* eta *L. Etxeberria* .....647

Raman Espektroskopian Oinarrituriko Biosentsorea Zuntz Optikoa Erabiliz, *M. Azkune, G. Aldabaldetreku, G. Durana, I. Bikandi, A. Berganza* eta *J. Zubia*.....656

Hasi, *BertsoBot, A. Astigarraga* eta *I. Rodriguez* .....662

Izen-aipamenak desanbiguatu eta Wikipediara lotzen, *Ander Barrena, Eneko Agirre, Jokin Perez de Viñaspre* eta *Aitor Soroa* .....670

Korreferentzia-ebazpena euskaraz idatzitako testuetan, *Ander Soraluze, Olatz Arregi, Xabier Arregi* eta *Arantza Díaz de Ilarraza*.....677

Epai-prozesuetan peritatze arkitektonikoen kasuistika, *I. Leon*.....686

Kernel hautapen dinamikoa Optimizazio Bayesiarrean, *Ibai Roman, Roberto Santana, Alexander Mendiburu* eta *Jose A. Lozano*.....691

Polimerozko Zuntz Optiko Mikroegituratuen Diseinua eta Fabrikazioa Sentsore Optikoen Garapenerako, *E. Arrospide, G. Durana, G. Aldabaldetreku* eta *J. Zubia* .....697

**Osasuna.....703**

Beta-endorfinaren eragina giza espermatozoideen erreakzio akrosomikoan, *I. Urizar, I. Muñoa, I. Estonba; M. Gianzo, J. Irazusta* eta *N. Subirán*.....704

Interleukin-2 (IL-2) eta IL-15ak T linfozitoen piztutako seinalizazio bidezidorren sakoneko azterketa proteomikoa, *N. Osinalde, V. Sánchez-Quiles, V. Akimov, B. Guerra, B. Blagoev* eta *I. Kratchmarova*.....711

Antioxidatzaileek hipoxia-iskemiak eragindako burmuin-kaltea murrizten dute, epe luzeko ikasketa eta memoria hobetuz, *O. Arteaga, M. Revuelta, L. Urigüen, A. Álvarez* eta *E. Hilario*.....717

Erresilientzia zailtasunei aurre egiteko prozesu bezala: Desoreka bipolarretan emandako zuzeneko esperientzia, *A. Echezarraga* eta *C. Las Hayas* .....725

Osasun-txosten elebidunak posible ote?, *O. Perez de Viñaspre, M. Oronoz* eta *J. Patrick* .....731

Eskemek nerabeen depresio sintomen agerpena iragartzen dute inferentzien bidez, *E. Mateos-Pérez, E. Calvete* eta *B. Hankin*.....740

Lotura hertsien gene adierazpenaren alterazioa eritasun zeliakoan, *A. Jauregi-Miguel, L. Plaza-Izurieta, N. Fernandez-Jimenez, I. Romero-Garmendia* eta *J. R. Bilbao*.....746

Hiperkolesterolemia familiarra: LDLR, APOB eta PCSK9-en mutazioen balioztapen funtzionala diagnostiko zehatz baterako, A. Etxebarria, *A. Benito-Vicente, L. Palacios, H. Ostolaza* eta *C. Martin* .....752

Egoera funtzionala eta dependentzia adineko pertsona instituzionalizatuetan: zeharkako ikerketa, *U. Elordi, F. Ruiz, H. Arrieta, M. Ugartemendia, N. Zinkunegi, N. Mendiluce, J. Calvo, A. Irazusta* eta *M. A.Garrués*.....758

Gaixotasun zeliakoarekin lotutako eskualde genomiko berrien bilaketa jatorri genetikoan oinarritua, *K. Garcia-Etxebarria, L. Plaza-Izurieta* eta *J. R. Bilbao*.....763

Hipoxia-iskemiaren kalteak arratoien entzumen sisteman eta behe kolikuluko neuronetan eta antioxidatzaileen eragin onuragarriak, *M. Revuelta, O. Arteaga, A. Martinez-Ibargüen, E. Hilario* eta *A. Alvarez* .....769

Gaixotasun neurodegeneratiboetarako terapia geniko ez-birala, eman bide ez-inbaditzaileak erabiliz, *I. Villate, J. Zarate, G. Puras, M. Agirre, E. Ojeda* eta *J. L. Pedraz*.....777

Masa-espektrometriaren bidezko giza-malkotako peptidoen analisia eta peptido antimikro-biarren identifikazioa, *Mikel Azkargorta, Javier Soria, Claudia Ojeda, Fanny Guzmán, Arantxa Acera, Ibon Iloro, Iraide Escobes, Tatiana Suárez* eta *Felix Elortza* .....785

Terapia genikoaren erabilera. Lehen motako hiperoxaluria primarioa (PH1) tratatzeko, *N. Zabaleta, D. Salas, J. López, E. Salido* eta *G. González-Aseguinolaza*.....791

Toll-like hartzaileen bidezidorraren adierazpen analisia eritasun zeliakoan, *I. Romero-Garmendia, N. Fernandez-Jimenez, L. Plaza-Izurieta, A. Jauregi-Miguel* eta *J. R. Bilbao*.....797

Euskal Autonomia Erkidegoko zeliakoen elikadura-azturak, *I. Larretxi, J. Miranda, M. A. Bustamante, A. Lasa, E. Simón* eta *I. Txurruka*.....802

miRNAen prozesamendu geneen aldakortasuna genetikoa Osn, *N. Bilbao-Aldaiturriaga, A. Gutiérrez-Camino, I. Martin-Guerrero, M. Pombar-Gomez, E. López-López* eta *A. Garcia-Orad*.....809

Hortz mamiko ama zelulen ezaugarri neuralen azterketa, *J. Luzuriaga, I. Irastorza, P. Gallastegi Garcia, V. Uribe-etxeberria, M. Aurrekoetxea, G. Ibarretxe* eta *F. Unda* .....817

Sistema endokannabinoidearen eragina estres kronikodun sagu eredu batean, *J. Egaña, A. Fernandez, N. Royo, L. Reguero, N. Puente, P. Grandes, I. Elezgarai* eta *R. Sarria* ...825

Kannabidiolaren eragina hipoxia-iskemia eragin zaien arratoi jaioberrien ereduan, *S. Achicallende, M. Ceprián, L. Reguero, N. Puente, I. Buceta, I. Gerrikagoitia, I. Elezgarai, J. Martínez-Orgado* eta *P. Grandes* .....833

**A eranskina. Egileen indizea.....839**

Giza Zientziak

# Euskararen Sorkuntza Automatikoa: lehen urratsak

**Agirrezabal, M.** eta **Gonzalez-Dios, I.** eta **Lopez-Gazpio, I.**

Ixa Taldea. Lengoaia eta sistema informatikoak saila. Informatika fakultatea (UPV/EHU).
314 bulegoa
Manuel Lardizabal, 1
20018 Donostia

**Laburpena**

Lan honetan euskararen sorkuntza automatikoan eman diren lehen urratsak azaltzen ditugu. Urrats horiek azaltzeko, hiru ikerketa-lerrotan egin diren lanak aurkezten ditugu: i) poesiaren sorkuntzan, ii) testuen sinplifikazioan eta iii) galderen sorkuntzan. Atzerriko hizkuntzetan egin den lana azaldu ondoren, ikerketa-lerro horietan hizkuntzaren sorkuntza nola erabiltzen den banan-banan deskribatzen dugu adibideekin batera. Azkenik, etorkizunerako planteatu ditugun erronkak eta soluzio posibleak zerrendatzen ditugu.

**Hitz gakoak:** Hizkuntzaren Sorkuntza Automatikoa, Poesia Sorkuntza, Testuen Sinplifikazioa, Galderen Sorkuntza, Euskara

**Abstract**

*In this paper we present the first steps towards Natural Language Generation in Basque. To explain this steps, we present the works carried out in three NLP research areas: i) Poetry Generation, ii) Text Simplification and iii) Question Generation. After showing what has been done for other languages, we present how we tackle the problem of Natural Language Generation in Basque. Finnaly, we discuss the challenges we face and outline the future work.*

**Keywords:** Natural Language Generation, Poetry Generation, Text Simplification, Question Generation, Basque

## 1 Sarrera eta motibazioa

Hizkuntzaren Prozesamendua[1] (HP), ingelesez *Natural Language Proccesing (NLP)*, informatikaren, adimen-artifizialaren eta hizkuntzalaritzaren diziplinak konbinatzen dituen alorra da. HPan honako alor hauek aurkitzen dira besteak beste: analisi sintaktikoa, hitzen adiera-desanbiguazioa, sentimenduen analisia, korreferentziaren ebazpena, itzulpen automatikoa, hizketaren tratamendua, testuen laburpen automatikoa, eta informazioaren berreskurapena (Jurafsky eta Martin, 2000).

HPren helburu zein erronka nagusia hizkuntza ulertzeko gai izango diren sistema konplexuak eraikitzea da. Aitzitik, zeregin hau hasiera batean pentsa daitekeena baino askoz ere neketsuagoa da, makinek inguratzen gaituen munduaren noziorik ez dutelako. Gizakiok jaio-berritik ikasten ditugun erregela sinpleenak ere ezagutu behar dituzte, hizkuntza interpretatu zein sortzeko gai izango badira; eta, ezagutza hori makinei bereganatzea ez da lan xamurra. HPak eskaintzen dituen ikerketa-lerroen artean Hizkuntzaren Sorkuntzari (HS), ingelesez, *Natural Language Generation (NLG)*, helduko diogu artikulu honetan, azken urteetan pil-pilean dagoen alorra baita (Reiter eta Dale, 2000; Stent eta Bangalore, 2014).

Hizkuntzaren sorkuntza automatikoa HPko ataza bat da. Honen helburua hizkuntza sortzea da, gizakiok ulertzeko modukoa. Sorkuntza egiteko abiapuntuak errepresentazio abstraktuak (*concept-to-text generation*, *data-to-text generation*) edo testu arruntak (*text-to-text generation*) dira eta horien emaitza testu arruntak dira. HS sistemen arkitekturaz at emaitzaren prozesaketa geratzen da; adibidez, bertso-

[1]Prozesamendu automatikoaz arituko gara artikulu honetan, hau da, ordenagailuek edo makinek egiten duten prozesamendu automatikoaz eta ez garunaren prozesamenduaz.

sorkuntza sistema baten kasuan, bertsoa kantatzea edo testu sinplifikatuen eta galderen kasuan, testuaren formatuaren zehaztapena da HStik kanpo geratzen dena. Gure helburua euskara automatikoki sortzea da eta lan horretan Euskal Herriko Unibertsitateko Ixa ikerketa-taldean[2] ari gara.

HSk eskaintzen duen teknologia HPko hainbat aplikazioetan erabiltzen da: laburpenen sorkuntzan, testuen sinplifikazioan, galderen sorkuntzan, eta literatura sorkuntzan, esaterako. Oro har, lan gehienak ingeleserako egin dira, baina azken urteetan gero eta gehiago dira beste hizkuntzentzat egiten diren lanak.

Artikulu honetan HSan euskaraz egin diren lanak jasoko ditugu. Alde batetik, bertsoen sorkuntza automatikoan egiten ari garen lanak (Agirrezabal *et al.*, 2013), testuen sinplifikazio automatikokoak (Aranzabe *et al.*, 2012; Gonzalez-Dios, 2014) eta amaitzeko galderen sorkuntzaren ingurukoak (Lopez-Gazpio, 2013; Aldabe *et al.*, 2013).

Sarrera honen ondoren, 2. atalean poesiaren sorkuntza, testuen sinplifikazioa eta galderen sorkuntza zer diren azalduko dugu eta 3. atalean ikerketa-lerro horietan euskaraz egiten ari garena azalduko dugu. 4. atalean ondorioak jasoko ditugu eta 5. atalean etorkizunerako planteatzen dugun lana adieraziko dugu.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Argi dago hizkuntzaren sorkuntza automatikoak berebiziko garrantzia duela hizkuntzaren prozesamenduan, eta horren adibide dira atal honetan aurkezten ditugun lanak edo baliabideak.

HS sistema baten helburua makinarentzat ulergarria den datu-multzo bat hizkuntza arruntera bihurtzea da. Hauen garapenerako hainbat egitura jarrai daitezke, Reiter eta Dale autoreen (2000) liburuan aipatutakoa, adibidez. Bertan, modu orokorrean azaltzen dute zer izan behar den kontuan HS sistema bat garatzeko eta arkitektura bat proposatzen dute.

HS sistema aipagarri bat *MULTIGEN* sistema da (Barzilay *et al.*, 2001), non laburpen automatikoak sortzen dituzten hainbat dokumentutatik abiatuta. Adibidez, gertakari bera aipatzen duten hainbat albistetan oinarrituta, albiste bakarra sortzen dute. Bestalde, eguraldi iragarpenak edo antzekoak testugisa sortzeko sistemak ere garatu dira (Goldberg *et al.*, 1994; Coch, 1998; Turner *et al.*, 2006). Azken bi sistemek datu-baseetatik erauzitako informazioa hizkuntza arruntean jartzea dute helburu. Hurrengo lerroetan poesiaren sorkuntzan, testuen sinplifikazioan eta galderen sorkuntzan egin diren lan esanguratsuenak aipatuko ditugu.

Poesiaren sorkuntza HPko helburu utopiko bat da. Konputagailuek poesia sortzeko balizko aukera Alan Turing matematikariaren 1950 urteko artikuluan aipatzen da. Azken urteotan, baina, sistema kreatiboek garrantzia hartu dute (Yan *et al.*, 2013; Zhang eta Lapata, 2014; Toivanen *et al.*, 2014; Gervás; Oliveira eta Cardoso, 2015), baita hauetako batzuk biltzen dituen liburuak ere (Besold *et al.*, 2014). Oliveira-k (2012) poesia-sortzaile moldagarri bat aurkeztu du, PoeTryMe izenekoa, poesia portugesez sortzen duena, eta ondoren egindako lan batean poesia-sortzaile hori gaztelaniarako moldatu dute (Oliveira *et al.*, 2014).

Testuen sinplifikazio automatikoa (TS) lehen aldiz 1996an aipatu zen eta, batez ere, 2008tik aurrera eztanda handia izan duen HPko ikerketa-lerroa da (Gonzalez-Dios *et al.*, 2013; Shardlow, 2014; Siddharthan, 2014). Bere helburua da testuen ulermena areagotzea testu horren sintaxia eta lexikoa ezagunagoa eginez, beti ere jatorrizko testuaren edukiari eta esanahiari eutsiz. HPn maiz gertatzen den bezala, hasierako lanak ingeleserako egin ziren arren azken urteetako eztandaren ondorioz TSa japonierara, Brasilgo portugesera, suedierara, arabierara, gaztelaniara, frantsesera, euskarara, italierara eta bulgarierara zabaldu da.

Testu sinplifikatuak onuragarriak dira bai pertsonentzat baita HPko aplikazio aurreratuentzat ere. Pertsonen artean nabarmendu ditzakegu besteak beste atzerriko hizkuntzak ikasten ari direnak, arazo kognitiboak dituztenak, entzumen arazoak dituztenak, dislexikoak, adineko pertsonak. HPko tresnek, aldiz, testu errazak eta esaldi laburrak dituztenak prozesatzean emaitza hobeak lortzen dituzte eta, beraz, testu sinplifikatuak ere egokiak dira itzultzaile automatiko, galdera-erantzun sistema eta bilatzaileentzat, bakar batzuk aipatzearren.

TSko sistemak gizakiek idatzitako erregeletan oinarritutakoak eta estatistikan oinarritutakoak dira.

[2] `http://ixa.eus/Ixa`

Erregeletan oinarritutako sistema batzuk irakurketa errazaren gomendioak jarraitzen dituzte eta besteak hizkuntzalariek idatzitako erregeletan oinarritzen dira. Sistema estatistikoek erregelak corpusetatik ikasten dituzte, ingeleseko Wikipedia eta *simple Wikipedia* erabiliz, esaterako. Beste sistema batzuk testuen sinplifikazioa itzulpen automatikoa bezala ulertzen dute, hizkuntza konplexutik hizkuntza sinplerako itzulpen bezala hain zuzen ere.

HSko teknologia hezkuntzaren edo pedagogiaren alorrean ere oso baliagarria da, esaterako, testuen-ulermena lantzeko aukera ematen duelako. Testu-ulermena bizi garen heinean erabilgarri dugun gaitasuna da, momentuero garatuz doana eta irakurketaz jasotzen dugun ezagutzaren eta informazioaren arduraduna dena. Oro har, testu-ulermena lantzeko eta ebaluatzeko aukera anitzeko galderak eta galdera irekiak erabili ohi dira. Dudarik gabe, metodo bakoitzak abantaila zein desabantaila batzuk dakartza; esaterako, kontzeptuak modu sendoan gureganatzeko aukera anitzeko galderen eraginkortasuna zalantzagarritzat jo da (Davies, 2002; Conole eta Warburton, 2005), ezagutza hautemateko test modukoetan oso erabiliak badira ere. Galdera irekiei dagokienez, hauek erantzutea esfortzu handiagoa eta kontzeptuak argi antolatuak izatea eskatzen duenez, formakuntza garaian ezagutza modu eraginkorragoan finkatzea ahalbidetzen dutela argudiatu da (Karpicke eta Roediger, 2008). HS teknologiaren ikuspuntutik bai aukera anitzeko galderen baita galdera irekien sorkuntza automatikoa, ingelesez *Question Generation (QG)*, erronka handiko ataza da.

Behin hiru ikerketa-lerroak gainbegiratuta, euskara automatikoki sortzeko Ixa Taldean garatu diren oinarrizko baliabideak azalduko ditugu. Esaterako, EDBL datu base lexikalak (Aldezabal *et al.*, 2001) hitzak ematen dizkigu, Euskararen morfologiaren deskribapenari esker (Alegria *et al.*, 1996), hitzen sorkuntza egin dezakegu, hitzaren lema eta ezaugarri morfologikoak emanda. Euskal Wordnet (Pociello, 2008) erabilita, hitzen arteko erlazio semantikoak azter ditzakegu eta bertatik sinonimoak, hiponimoak, meronimoak e.a. lortu. Semantika eredu distribuzionalekin ere landu dugu, horretarako Mikolov *et al.* (2013) lana erabili dugu. E-Roldak (Estarrona, 2014) aditz ezberdinen informazio semantikoa eta bere argumentuen rol semantikoak eskaintzen dizkigu, beharrezkoa "*Autoa atxilotu naiz.*" bezalako esaldien sorkuntza ekiditeko. Egitura sintaktikoak aukeratzeko, corpus azterketa batean oinarritzen gara (Gonzalez-Dios *et al.*, 2015). Testuak analizatzeko Ixa Taldeak garatu duen analisi katea (Aduriz *et al.*, 2004) erabiltzen dugu.

Laburbilduz, HSak zeresan handia dauka HPko aplikazio aurreratuetan. Tekonologia hau erabiltzen duten aplikazioek, gainera, gaurkotasun nabarmena dutela azpimarratu nahi dugu.

## 3 Ikerketaren muina

Euskararen sorkuntza automatikoa hiru ikerketa-lerrotan aplikatu da batez ere: poesiaren sorkuntzan, testuen sinplifikazioan eta galderen sorkuntzan. Atal honetan HSa ikerketa-lerro horietan nola erabiltzen den azalduko dugu.

Edozein testuren sorkuntza burutzeko, modu edo eredu ezberdinak aurkeztu dira. Lehen aitatu bezala, Reiter eta Dale autoreek (2000) proposatutako HSrako arkitekturan oinarrituko gara bertso-sortzailearen diseinurako. Beraz, hura eraikitzeko, modulu ezberdinez osatutako sistema bat diseinatu dugu. Modulu hauetan honako funtzioak burutu behar dira: i) edukiaren zehaztapena (zer esan nahi dugu?), ii) dokumentuaren egituratzea (nola eta zein ordenatan esan nahi dugu?), iii) lexikalizazioa (zein hitz zehatzekin esango dugu?), iv) agregazioa (elkar al ditzakegu antzeko esaldiak? "*Jonek arroza jan du*" eta "*Mirenek arroza jan du*" esaldiak elkar ditzakegu, "*Jonek eta Mirenek arroza jan dute*" lortuz, v) aipamenen sorkuntza (testuan "*Santa Klara*" beharrean "*Donostiako irla*" jar genezake) eta vi) azaleko sorkuntza (aurreko ataletan sortutako egitura abstraktuak esaldi arrunt bilakatzeko prozesua).

Gai bat emanda bertsoa sortzea da gure helburua. Bertsoak sortzerakoan, gai batekin erlazionatutako puntu independenteak sortuko ditugu, eta gero hauek ordenatu egingo ditugu. Une honetan, gai gara puntu bakoitzeko beharrezko informazio minimoa sortzeko.

Puntuak sortzeko, lehenik eta behin, esan beharrekoa erabakitzeak berebiziko garrantzia du, edukiaren zehaztapenak, alegia. Idatzi beharreko hori Egitura Abstraktu Sintaktikoetan (EAS) gordeko dugu. Gure kasuan, EAS bakoitzak puntu bat errepresentatuko du. Bertso sorkuntzarako sinplifikazio bat egingo dugu, puntu bakoitzak aditz bakarra duela suposatuko dugu. Hala gertatzen da bertsoen corpusean

(Xenpelar Dokumentazio Zentroa, 2007) lerro kopuru bikoitia duten bertsoetako puntuen % 44,69tan[3]. Gaiarekin erlazionatutako hitzak lortzeko berriz, semantika distribuzionaleko teknikak erabiliko ditugu[4]. Aditzak lortzeko, izen eta aditzen arteko erlazio estatistikoak kalkulatuko ditugu (adibidez, "lan" izenarekin "deitu" edo "haserretu" bezalako hitzak proposatzen zaizkigu). Horrela, puntu bakoitzeko, izen-aditz bikote bat lortuko dugu.

Hauek lortuta, EAS bakoitzean esaldia osatu ahal izateko informazio minimoa gehituko dugu. Adibidez, "*haserretu*" aditzak bi argumentu izan ditzake, lehenengoa (arg0), kausa, ergatiboan edo soziatiboan eta bigarrena (arg1), jasotzaile/nozitzailea, absolutiboan (gizaki izan behar da arg1 elementua). Honen ondorioz, "*lan*" hitza arg0 posizioan joango da eta arg1 posiziorako hitz bat bilatu beharko dugu, adibidez, "*ni*". Horrela, {aditza, arg0, arg1} eskeman {*haserretu, lan, ni*} balioak jarri genitzake. Hau da puntu bat sortzeko behar dugun informazio minimoa.

Testuen sinplifikazioari erreparatuz, testutik testurako sorkuntza egiten da ikerketa-lerro honetan oro har. Hau da, testu bat hartuta eta sintaxia eta lexikoa moldatuz, testu berri bat sortzen da. Hala ere, sintaxiaren aldaketetan testuaren edukia eta esanahia gal ez dadin, hitz berriak gehitu egiten dira eta jada baliagarriak ez diren hitzak edo morfema funtzionalak (determinatzaileak, izenordainak, menderagailuak, kasu markak...) ezabatu egiten dira. Euskaraz, perpaus adberbialetan menderagailuak eta kasu markak ezabatzen dira eta horiek ematen duten informazioa mantentzeko adberbioak edo izen sintagmak gehitzen dira. Eragiketa honetan aditzen sorkuntza egin behar da, mendeko aditz izatetik aditz nagusi bilakatzen baitira.

Azaldu dezagun behar honen arrazoiak adibide batekin. Demagun, *ikusi dudanean* aditza aurkitzen dugula testuan. Aldiberekotasuna adierazten duen denbora perpaus bat denez, dagokion sinplifikazioko erregelan adierazten zaigu menderagailua eta kasu marka ezabatu behar ditugula aditz laguntzailetik *dudanean* eta *ordu* + inesibo kasu marka (*orduan* adberbiboa) gehitu behar dugula perpaus nagusian. *-(e)n* menderagailua eta *-(e)an* kasu markak ezabatuta, **dud* forma da geratzen dena. Forma hori ez da zuzena, *dut* izan beharko litzateke. Nola lortu hori? Alde batetik, erregela fonotaktikoak erabil genitzake *-d-* hori *-t* bihurtzeko, baina, bestetik, HSko baliabideak erabil ditzakegu aditz laguntzailea sortzeko. Beraz, hitz horren analisian oinarrituko gara, ordenagailu errepresentazio bezala, aditzaren moldaketa egiteko. Horretarako, 1. irudian ikusten den *dudanean* hitzaren analisiari INE (inesiboa) kenduko diogu eta morfologia sortzaileari (Alegria *et al.*, 1996) analisi berria emanda, *dut* aditz laguntzailea sortuko du.

1 Irudia: *dudanean* eta *dut* aditz laguntzaileen analisi morfologikoa

```
"dudanean"  "*edun"  ADL INE A1 NR_HURA NK_NIK
"dut"   "*edun"  ADL A1 NR_HURA NK_NIK
```

TSan egin dugun beste sorkuntza mota bat patroietan oinarritutakoa da. Sorkuntza mota hau arkaikoagoa den arren, datu biografikoak parentensi bidez ematen dituzten testuetan oso baliagarria da. *Biografix* (Gonzalez-Dios *et al.*, 2014) izeneko tresna independiente eleanitza da, datu biografikoak esaldietan ematen dituena. Tresna honek datu biografikoak modu irakurterrezagoan ematea eta paretesiek suposatzen duten etena ezabatzea du helburu. 1. adibidean *Biografix*ek esaldiak nola sinplfikatzen dituen ikus dezakegu.

(1) • **Jatorrizko esaldia:** Ernest Rutherford, Nelsongo lehenengo baroia, (Brightwater, Zeelanda Berria, 1871ko abuztuaren 30a - Cambridge, Ingalaterra, 1937ko urriaren 19a) fisika nuklearraren aita izan zen.
  - **Sinplifikatutako esaldiak:**
  - Ernest Rutherford, Nelsongo lehenengo baroia, fisika nuklearraren aita izan zen.
  - Ernest Rutherford 1871ko abuztuaren 30ean, Brightwateren jaio zen.
  - Brightwater Zeelanda Berrian dago.
  - Ernest Rutherford 1937ko urriaren 19an, Cambridgen hil zen.

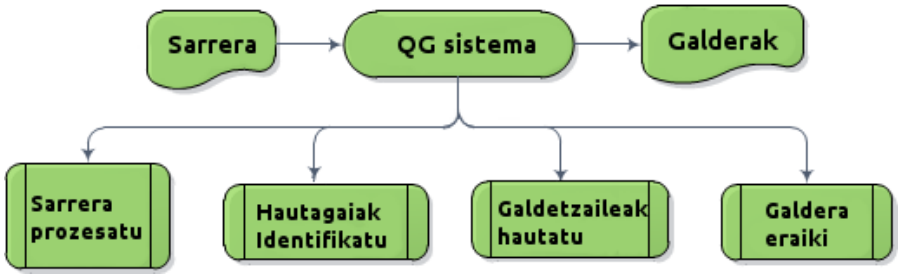
[3]Neurri handiko bertsoetako puntuen % 36,33 zen aditz bakarrekoa.
Neurri txikiko bertsoetako puntuen % 51,56 zen aditz bakarrekoa.

[4]Semantika distribuzionala metodo distribuzionalen bidez, hitzen arteko antzekotasunak neurtu eta kategorizatzea helburu duen ikerkuntza arloa da.

– Cambridge Ingalaterran dago.

Galderen sorkuntza automatikoari dagokionez (Lopez-Gazpio, 2013), gehiengoaren hizkuntzekin alderatuta lehen urrats hutsalak badira ere, euskararako teknologia hau lantzen hasiak gara ikertzaileok. Esaterako, Aldabe *et al.* autoreek 2006 urtean zenbakien inguruan emandako galdera sorkuntza automatikoaren urratsei jarraiki lau urratsetan oinarritutako galdera sorkuntza sistema garatu zuten. Arkitektura honen oinarrizko urratsak ondorengoak dira: i) sarrera fitxategia prozesatzea, ii) galderaren emaitza izango den hautagaia aukeratzea, iii) galdetzaileak (*n*or, zer, non, noiz...) identifikatzea eta iv) galdera eraikitzea. Aipatutako urratsak 2. irudian ikus daitezke grafikoki azalduta.

2 Irudia: Galderak sortzeko prozedura.



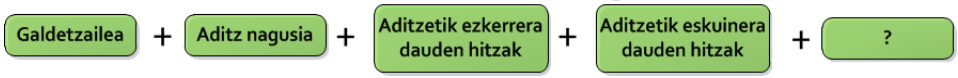

Lehen fasean sarrera testuaren inguruko ezaugarri linguistikoak biltzen dira: izenak, izen lagunak, aditzak, aditzondoak, etab. Oro har, prozesu hau hainbat azpi urratsetan egikaritzen den ataza da, eta azpi urrats hauetan HPko tresnak erabiliz sarrera corpusa (testu multzoa) analizatu eta informazio linguistikoa biltzen da. Behin tresna hauetatik abiatuta, informazio guztia jasotzean, sistema hurrengo atazekin hasteko gai da.

Galderen emaitzak izango diren hautagaiak identifikatzeko irizpidea lehiaketa batean oinarritzen da, lehiaketaren hautagaiak esaldiko izen sintagma guztiak izanik. Hala, esaldi bakoitzeko izen sintagma guztiak sekuentzialki prozesatzen dira hautagairik garrantzitsuenak bilatzeko asmoz. Hautagaien interesa neurtzeko pisutze sistema bat erabiltzen da, eta pisua hautagaiarekin erlazionatuta biltzea lortu den informazioaren araberakoa da. Sistema honen kasuan hainbat informazio iturri erabiltzen dira, alde batetik, izen sintagmen informazio linguistikoa, eta, bestetik, HPko tresnak identifikatzeko gai diren informazio semantiko gehigarria, hala nola: hautagaien biziduntasuna, toki edo leku informazioa, hautagaiak esaldian duen rol semantikoa eta abar.

Hautagaiak identifikatu ostean, prozesuaren hirugarren atalari ekiten dio sistemak. Urrats honen helburua galdetzailearen edo galdera motaren identifikazio zuzena da. Galdetzaileen aukeraketa hautatu diren izen sintagmen informazio linguistikoaren arabera egiten da. Honela, ezaugarri linguistikoaren arabera hizkuntzalariek ezarritako galdetzaileak erabiltzen dira, dagozkien izen sintagmentzako probabilitate handiz zuzenak izateko estimatu direnak.

Azkenik, aplikazioak galderaren sorkuntzari ekiten dio. Fase hau egikaritzeko, algoritmo bat erabiltzen da, esaldiko sintagmak berrantolatzen eta esaldiari galderazko zentzua ematen diona; ahalik eta galdera naturalena lortzeko helburuarekin. Eraldaketa patroi hau 3. irudian ikus daiteke.

3 Irudia: Galdera eraikitzeko patroia.




Prozesu honen egikaritzapena 2. adibidean ikus daiteke. Jatorrizko esaldia emanda, galdera sortzaileak ondorengo galdera sortuko du.

(2) • **Jatorrizko esaldia:** Toxinekiko erresistentzia beste landare batzuetara zabal daiteke.
– **Sortutako galdera:** Nora zabal daiteke toxinekiko erresistentzia?

Egitura konplexuagoa duten esaldietan galdera sortzaileak zailtasunak ditu galdera zentzudunak osatzeko. Testu sinplifikatzaileak aurreprozesu gisa erabilita, kalitate handiagoko galderak lortzen dira. 3.

adibidean, *Biografix* aplikatu aurretik eta ondoren lortzen diren emaitzak ikus ditzakegu.

(3)
- **Jatorrizko esaldia:** Eduardo Hughes Galeano (Montevideo, 1940ko irailaren 3a - ) Uruguaiko kazetari eta idazlea da.
  - **Sortutako galdera:** Nor da Eduardo Hughes Galeano Montevideo 1940ko irailaren 3a?
- **Sinplifikatutakoa:** Eduardo Hughes Galeano Uruguaiko kazetari eta idazlea da. Eduardo Galeano 1940ko irailaren 3an Montevideon jaio zen.
  - **Sortutako galdera:** Nor jaio zen 1940ko irailaren 3an Montevideon?
  - **Sortutako galdera:** Non jaio zen Eduardo Galeano 1940ko irailaren 3an?

Atal honetan ikusi ahal izan dugunez, egun HS euskaraz hiru ikerketa-lerro ezberdinetan aplikatzen da. Hala ere, ikerketa-lerro honetan sustrai berriak errotuko direlakoan gaude.

## 4 Ondorioak

Artikulu honetan euskararen sorkuntza automatikoa nola gauzatzen ari den azaldu dugu. Horretarako, atzerriko hizkuntzetan egin dituzten lanak aipatu ondoren, HS euskaraz hiru ikerketa lerroetan nola aplikatzen den azaldu dugu.

Poesiaren sorkuntzan, gai bati testu batekin nola erantzungo diogun aurkeztu dugu, hainbat moduluz osatutako arkitekturaren hastapenak erakutsita. Modulu arteko komunikaziorako egitura abstraktu sintaktikoak erabiltzen ditugu eta hauekin puntuak sortuko ditugu etorkizun hurbilean.

Testuen sinplifikazioan, aditz nagusiak nola sor daitezkeen azaldu dugu batetik, eta, bestetik, *Biografix* tresna aurkeztu dugu. Aipatu ditugun lan horiek testuak automatikoki sinplifikatzeko idatzi ditugun erregela eta proposamenetako batzuk besterik ez dira. Egitura parentetikoekin egiten dugun bezala, perpaus adberbialetatik, erlatibozko perpausetatik eta aposizioetatik ere esaldi berriak sortzen ditugu, egitura linguistiko konplexuak aztertu ondoren, kasuz kasuko berridazketak eta sorkuntzak egiten baititugu.

Galderen sorkuntzan, testu fitxategi batetik abiatuta euskaraz galderak sortzeko gai den sistema baten hastapena deskribatu dugu; hainbat hizkuntza baliabide erabiliz galderak egiten saiatzen dena. Ebaluazioko emaitzetan ikusi dugu % 40 inguru zuzena dela (Aldabe *et al.*, 2013). Gainera, ehuneko hori igo edo jeisten da, erabili den heuristikoaren arabera. Oro har, galderen sorkuntza ikerketa-lerro zabala da, eta, dagoeneko, azaleko sintaxiaz gain hitzen arteko dependentzietan oinarrituta galderak sortzeko gai diren sistema konplexuagoak ere garatu dira, esaterako, Madrazo Azpiazu autoreak 2013 urtean garatutako galdera sorkuntza sistema.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunerako hainbat erronka eta soluzio posible aurreikusten ditugu HS euskaraz egiten ari garenak. HPko gainontzeko aplikazio aurreratuetan sor daitezkeen arazoei aurre egiteaz gain, aztertu ditugun hiru ikerketa-lerroetan badago zer egin.

Poesia-sorkuntzan, etorkizun hurbilean egin beharreko lana sistemaren inplementazioa bukatzea da. Oraingoz, gai bat emanda puntuetarako informazio minimoa sortzeko gai gara. Informazio horretatik abiatuta esaldi sintaktikoki eta metrikoki zuzenak sortzea da helburua. Helburu honen bidean puntuen metrika lantzeko Agirrezabal *et al.* autoreen 2012 laneko tresnak erabiliko ditugu, puntuen ordenaziorako Lapata (2003) ikerlanean aurkeztutako teknikak eta azkenik, azaleko sorkuntzarako Agirrezabal *et al.* autoreen (2013) laneko proposamena.

Testuen sinplifikazioan dugun erronka nagusia sistemaren ebaluazioa da. Izan ere, hizkuntza sortu duten sistemen ebaluazioa ez dago argi. Batetik, gizakiek ebalua ditzakete, baina ebaluazio hauek garestiak izaten dira (testak egiteko azpiegitura egokiak behar dira, oso ondo pentsatu behar da zeintzuk diren egiten diren galderak edo probak e.a.) eta beste faktore batzuek eragina izan dezakete (nekea, bakoitzaren jakintza...). Bestetik, eskuz sortutako sinplifikazioen kontra ere ebalua daiteke (*Gold Standard* edo urrezko patroi balira bezala), baina sinplifikazio horiek ere sortu behar dira. Ondoren, itzulpen automatikoak edo laburpen automatikoak ebaluatzeko erabiltzen diren metrikak aplikatzen dira, baina ez dago oso garbi oraindik metrika horiek testuen sinplifikaziorako baliagarriak ote diren.

Galderen sorkuntzan argi dago etorkizuneko lana heuristikoen hobekuntzari lotuta bideratu behar dela. Hau da, helburua galderen sorkuntza hobetuko duten HPko tresna berrien analisi eta integrazioan arreta jartzea. Jakina da zenbat eta linguistikoki aberatsagoa den analisia izan, orduan eta galdera hobeak sortuko direla.

Ikus dezakegunez, erronkarik ez da falta euskararen sorkuntza automatikoan. Eta hau hasiera besterik ez da. Nora irits gintezke? Egingo al dute makinek euskaraz?

## Erreferentziak

Aduriz, Itziar, María Jesús Aranzabe, Jose Mari Arriola, Arantza Díaz de Ilarraza, Koldo Gojenola, Maite Oronoz, eta Larraitz Uria. 2004. A cascaded syntactic analyser for Basque. *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing* 124–134.

Agirrezabal, Manex, Iñaki Alegria, Bertol Arrieta, eta Mans Hulden. 2012. Finite-state Technology in a Verse-making Tool. In *10th International Workshop on Finite State Methods and Natural Language Processing*, 35–39.

——, Bertol Arrieta, Aitzol Astigarraga, eta Mans Hulden. 2013. POS-tag Based Poetry Generation with WordNet. In *Proceedings of the 14th European Workshop on Natural Language Generation*, 162–166.

Aldabe, Itziar, Maddalen Lopez de Lacalle, Montse Maritxalar, Edurne Martinez, eta Larraitz Uria. 2006. Arikiturri: an Automatic Question Generator Based on Corpora and NLP Techniques. In *Intelligent Tutoring Systems*, 584–594. Springer.

——, Itziar Gonzalez-Dios, Iñigo Lopez-Gazpio, Ion Madrazo, eta Montserrat Maritxalar Anglada. 2013. Two Approaches to Generate Questions in Basque. *Procesamiento del Lenguaje Natural* 51.101–108.

Aldezabal, Izaskun, Olatz Ansa, Bertol Arrieta, Xabier Artola, Aitzol Ezeiza, G. Hernández, eta Mikel Lersundi. 2001. EDBL: a General Lexical Basis for the Automatic Processing of Basque. In *Proceedings of the IRCS Workshop on linguistic databases*.

Alegria, Iñaki, Xabier Artola, Kepa Sarasola, eta Miriam Urkia. 1996. Automatic Morphological Analysis of Basque. *Literary and Linguistic Computing* 11.193–203.

Aranzabe, María Jesús, Arantza Díaz de Ilarraza, eta Itziar Gonzalez-Dios. 2012. First Approach to Automatic Text Simplification in Basque. In *Proceedings of the Natural Language Processing for Improving Textual Accessibility (NLP4ITA) workshop (LREC 2012)*, ed. by Luz Rello eta Horacio Saggion, 1–8.

Barzilay, Regina, Noemie Elhadad, eta Kathleen R. McKeown. 2001. Sentence Ordering in Multidocument Summarization. In *Proceedings of the first international conference on Human language technology research*, 1–7. Association for Computational Linguistics.

Besold, Tarek Richard, Marco Schorlemmer, eta Alan Smaill. 2014. *Computational Creativity Research: Towards Creative Machines*. Springer.

Coch, Jose. 1998. Multimeteo: Multilingual Production of Weather Forecasts. *ELRA Newsletter* 3.

Conole, Gráinne, eta Bill Warburton. 2005. A Review of Computer-assisted Assessment. *Research in Learning Technology* 13.17–31.

Davies, Phil. 2002. Theres no Confidence in Multiple-Choice Testing,.... In *Proceedings of 6th CAA Conference*, 119–130. Loughborough University.

Estarrona, Ainara, 2014. *EPEC corpusa predikatu-mailan etiketatzeko oinarriak: EPEC-RolSem, BVI eta e-ROLda*. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) tesia.

Gervás, Pablo. Composing Narrative Discourse for Stories of Many Characters: A Case Study over a Chess Game. *Literary and Linguistic Computing* .

Goldberg, Eli, Norbert Driedger, eta Richard I. Kittredge. 1994. Using Natural-language Processing to Produce Weather Forecasts. *IEEE Expert* 9.45–53.

Gonzalez-Dios, Itziar. 2014. Euskarazko testuak errazten: euskal testuen sinplifikazio automatikoa. In *Euskal Hizkuntzalaritzaren egungo zenbait ikerlerro. Hizkuntzalari euskaldunen I. topaketa*, ed. by Itziar Aduriz eta Ruben Urizar, 135–149. Udako Euskal Unibertsitatea.

——, María Jesús Aranzabe, eta Arantza Díaz de Ilarraza. 2013. Testuen sinplifikazio automatikoa: arloaren egungo egoera. *Linguamática* 5.43–63.

——, ——, eta ——. 2014. Making Biographical Data in Wikipedia Readable: A Pattern-based Multilingual Approach. In *Proceedings of the Workshop on Automatic Text Simplification - Methods and Applications in the Multilingual Society (ATS-MA 2014)*, 11–20, Dublin, Ireland. Association for Computational Linguistics and Dublin City University.

——, ——, eta ——. 2015. Perpaus adberbialen agerpena, maiztasuna eta kokapena EPEC-DEP corpusean. Technical report, University of the Basque Country (UPV/EHU) UPV/EHU/LSI/TR 02-2015.

Jurafsky, Dan, eta James H. Martin. 2000. *Speech & Language Processing*. Pearson Education India.

Karpicke, Jeffrey D., eta Henry L. Roediger. 2008. The critical Importance of Retrieval for Learning. *Science* 319.966–968.

Lapata, Mirella. 2003. Probabilistic Text Structuring: Experiments with Sentence Ordering. In *Proceedings of the 41st Annual Meeting on Association for Computational Linguistics-Volume 1*, 545–552. Association for Computational Linguistics.

Lopez-Gazpio, Iñigo, 2013. Seneko: galderak automatikoki sortuz testuak lantzeko aukera ematen duen aplikazioa.

Madrazo Azpiazu, Jon. 2013. Hizkuntzaren prozesamendurako teknikak irakaskuntza arloan: galdera sortzaile automatikoa.

Mikolov, Tomas, Kai Chen, Greg Corrado, eta Jeffrey Dean. 2013. Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv preprint arXiv:1301.3781* .

Oliveira, Hugo Gonçalo. 2012. Poetryme: a versatile platform for poetry generation. In *Proceedings of the ECAI 2012 Workshop on Computational Creativity, Concept Invention, and General Intelligence*.

——, eta Amílcar Cardoso. 2015. Poetry Generation with PoeTryMe. In *Computational Creativity Research: Towards Creative Machines*, 243–266. Springer.

——, Raquel Hervás, Alberto Díaz, eta Pablo Gervás. 2014. Adapting a Generic Platform for Poetry Generation to Produce Spanish Poems. In *5th International Conference on Computational Creativity, ICCC*, 63–71.

Pociello, Eli, 2008. *Euskararen ezagutza-base lexikala: Euskal WordNet*. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) tesia.

Reiter, Ehud, eta Robert Dale. 2000. *Building natural language generation systems*. Cambrigde University Press.

Shardlow, Matthew. 2014. A Survey of Automated Text Simplification. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), Special Issue on Natural Language Processing* 58–70.

Siddharthan, Advaith. 2014. A Survey of Research on Text Simplification. *International Journal of Applied Linguistics* 259–98.

Stent, Amanda, eta Srinivas Bangalore (eds.) 2014. *Natural Language Generation in Interactive Systems*. Cambridge University Press.

Toivanen, Jukka M., Oskar Gross, eta Hannu Toivonen. 2014. The Officer Is Taller Than You, Who Race Yourself! Using Document Specific Word Associations in Poetry Generation. In *Proceedings of 5th International Conference on Computational Creativity, ICCC*.

Turing, Alan M. 1950. Computing Machinery and Intelligence. *Mind* 433–460.

Turner, Ross, Somayajulu Sripada, Ehud Reiter, eta Ian P. Davy. 2006. Generating Spatio-temporal Descriptions in Pollen Forecasts. In *Proceedings of the Eleventh Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Posters & Demonstrations*, 163–166. Association for Computational Linguistics.

Xenpelar Dokumentazio Zentroa, 2007. Bertsolaritzaren datu-basea. http://bdb.bertsozale.eus.

Yan, Rui, Han Jiang, Mirella Lapata, Shou-De Lin, Xueqiang Lv, eta Xiaoming Li. 2013. I, poet: Automatic Chinese Poetry Composition through a Generative Summarization Framework under Constrained Optimization. In *Proceedings of the Twenty-Third international joint conference on Artificial Intelligence*, 2197–2203. AAAI Press.

Zhang, Xingxing, eta Mirella Lapata. 2014. Chinese Poetry Generation with Recurrent Neural Networks. In *Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, 670–680.

## Eskerrak eta oharrak

Manex Agirrezabalen eta Itziar Gonzalez-Diosen lanak garatzen ari diren doktoretza-tesietan oinarrituta daude. Tesia egiteko Manex Agirrezabal Zabalduz bekaren onuraduna da eta bere zuzendariak Bertol Arrieta eta Mans Hulden dira. Itziar Gonzalez-Diosek Eusko Jaurlaritzako Predok beka dauka eta bere zuzendariak Arantza Díaz de Ilarraza eta María Jesús Aranzabe dira. Iñigo Lopez-Gazpioren lana Informatikan Ingeniaritza lortzeko Karrera Bukaerako Proiektuan oinarrituta dago eta bere zuzendaria Montserrat Maritxalar izan zen. Egun, Iñigo doktoretza-tesia egiten ari da, FPU beka baten onuraduna da eta bere zuzendariak Eneko Agirre eta Montserrat Maritxalar dira.

Ikerketa hau Eusko Jaurlaritzak IXA taldea, A motako ikertalde finkatua (IT344-10), emandako diru laguntzari esker egin da. Ez genuke ahaztu nahi Euskal Herriko Bertsozale Elkartea eta bertako Xenpelar Dokumentazio Zentroa. Beraien laguntzarik gabe ez litzateke posible izango bertsoen analisiaren eta sorkuntzaren inguruan egindako lana.

# Euskararako HPSG gramatikaren lehen proposamena

**Jon Alkorta Agirrezabala**

IXA ikerketa-taldea (EHU/UPV). jon.alkorta@ehu.es

**Laburpena**

Sintaxi konputazionala Hizkuntzalaritza Konputazionala ikerlerroko adarretako bat da. Bere helburua sintaxiko ezagutza formalizatzea da. Sintaxi konputazionalean, sintaxia formalizatzeko hainbat formalismo daude, ezaugarri eta helburu ezberdinekin. Artikulu honetan, euskararako HPSG gramatikaren lehen urratsak azalduko ditugu eta bidean izandako arazoak eta bilatutako konponbideak kontatuko ditugu.

**Hitz gakoak:** HPSG gramatika, euskara, hitz-hurrenkera, aditz-sail ezberdinak

**Abstract**

*Computational syntax is a field of Computational Linguistics related to the description of the phenomena involved in the combination of words into sentences, that is, syntactic knowledge. There are various formalisms for its description, most of them centered on the notion of a grammar of a language. In this article, we present the first formalization of a grammar of Basque in the framework of Head-Driven Phrase Structure Grammars (HPSG).*

**Keywords:** HPSG grammar, Basque language, word order, types of verb

## 1 Sarrera eta motibazioa

Sintaxi konputazionala hasieratik izan da alor garrantzitsua Hizkuntzalaritza Konputazionalaren barruan. Sintaxi Konputazionalean, sintaxian bezala, osagai sintagmatikoen euren artean dituzten loturak ikertzen dira. Sintaxi konputazionalak, Hizkuntzalaritza Konputazionaleko beste alorrek moduan, ohikoa den arazo bati egin behar dio aurre: anbioguotasuna eta bere ebazketari. Arazoak arazo, sintaxi konputazionalak aurrera egin du eta analizatzaile sintaktikoak horren adibide dira.

IXA taldean, sintaxi konputazionalaren ikuspegitik euskara landu da eta zenbait tresna eta produktu egin dira. Tresna eta produktu horien atzean beti egon da oinarri teoriko bat. Hala ere, oraindik zenbait oinarri teoriko ez dira landu, HPSG gramatika esaterako, eta horietan ere lehen urratsak egin nahi dira.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Sintaxi konputazionalean hainbat formalismo eredu erabili izan dira gaurdaino. Alde batetik, ezagutza linguistikoan oinarritutako sintaxia dago. Honen barruan, *Testuingururik gabeko gramatikak* (TGG), TGG sinpleak nahiz baterakuntzan oinarritutakoak (*Lexical functional grammar*, *Head-driven phrase structure grammar*, *Generalized phrase structure grammar*), daude. Bestalde, teknika probabilistikoetan oinarritutako sintaxia ere badago.

Euskararako sintaxi konputazionala lehena lantzen Joseba Abaitua izan zen. *Lexical functional grammar* (LFG) (Abaitua, 1988) gramatikan oinarritutako analizatzaile sintaktikoa garatu zuen. Gerora, IXA ikerketa-taldean euskarazko hainbat gramatika eredu garatu dira. *PATR II* (Gojenola, 2000) eta *Euskarako Dependentzia Gramatika Konputazionala* (EDGK) (Aranzabe, 2008) ditugu besteak beste. *PATR II* TGG sinplea da eta EDGK egoera finituko mekanismoetan oinarritzen da. Gainera, teknika probabilistikoetan oinarritutako sintaxian, *Maltixa* izeneko gramatika estatistikoa (Bengoetxea, 2015) aurki dezakegu.

HPSG gramatikak 1990. hamarkadan hasi ziren garatzen beste hizkuntzetan, oinarri teorikoa sortu

eta gutxira. Ingeleserako *LinGO English Resource Grammar* (ERG) eta japonierarako *Jacy Japanese Grammar* (Jacy) dira nabarmentzekoak. Azken honetan aditza azpikategorizatu egiten da *SAT* eta *VAL* atributuen bidez.

Ikerketa honen helburua euskararako HPSG gramatikan lehen urratsak egitea da, gerora pixkanaka gramatika garatzen joan ahal izateko.

## 3 HPSGren deskribapen laburra

*Buruak gidatutako egitura sintagmatikoen gramatika* (ingelesez, *Head-driven phrase structure grammar, HPSG*) (Pollard eta Sag, 1994) gramatika sortzailea da eta sintagma-egituren gramatikan oinarritzen da. Ez dago eraldaketarik eta erregelen hurrenkerarik. Gramatika formalismo honek hainbat teoria sintaktiko eta semantikoen eragina izan du, tartean, LFG gramatika eta *Minimal recursion semantics* (MRS) semantika formalismoena. Gramatikan bi atal bereizten dira: tresna deskribatzaileak (*descriptive devices*) eta gramatika osagaiak (*grammar components*).

### 3.1 Tresna deskribatzaileak

- Ezaugarri-egiturak (*Feature Structures, FS*). Atributu-balio bikoteen zerrenda bat da.
- Motak (*Types*). HPSGk hizkuntza-objektuak mota ezberdinetan sailkatzen ditu.
- Baterakuntza (*Unification*). Baterakuntzan, bi FS edo gehiagoren baturak FS berri bat sortzen du, aurretik adierazi bezala.
  Adibidez, *[AGR.GEN fem]* eta *[ AGR.NUM sing]* ezaugarri-egituren batura zuzena da: *[AGR[GEN fem, NUM sing]]*. Izan ere, generoa eta numeroa batzen dira. Aldiz, *[AGR.GEN fem]* eta *[ AGR.GEN masc]* ezaugarri-egiturak ezin dira batu; bietan atributua generoa delako.
- Egitura partekatua (*Structure sharing*). FS barruko bi atributu ezberdin edo gehiagok balio bera dutela adierazi behar da. Hurrengo kasuan esaterako, komunztadurak eta subjektuak balio bera partekatzen dute eta beraz, egitura ondo eraikita dago.
  (1) [ AGR #agr, SUBJ [ AGR #agr ] ]

### 3.2 Gramatika osagaiak

- Zeinu mota (*the type sign*). Zeinua bi modutakoa izan daiteke.
  - Hitza mota (*word type*). ARG-ST atributu gehigarri bat du: zerrenda bakarrean azpikategorizatutako argumentuak adierazteko.
  - Sintagma mota (*phrase type*). Hierarkia herentzia bat osatzen dute.
- Hatsarreak (*principles*). Lengoaia baten adierazpen egokiak zehazten ditu. Ezaugarri-egitura bidez inplementatuta dago eta AVM[1] erabiliz deskribatzen da.
- *Minimal Recursion Semantics* (MRS). HPSG gramatiketan erabili ohi den gramatika formalismoa da. Gramatika murriztapenetan eta Konposizio Hatsarrean (*Principle of compositionality*) oinarritzen da.

## 4 Hizkuntza gertakarien azterketa

Bi helburu nagusi jarri ditugu: gramatikak euskararen hitz-hurrenkera posible guztiak eta aditz-sail ezberdinak aztertu ahal izatea. "Control"egiturak eta galdegai-mintzagai partizioak lan honetatik at utzi ditugu (Engdahl eta Vallduv, 1995). Gure analisian, hitzak morfemetan zatituko ditugu.

### 4.1 Hitz-hurrenkera

HPSG gramatiken eredu tradizionalean, aditzaren argumentuak zerrenda batean doaz. Zerrendetan bi atal bereizten dira: FIRST eta REST.

[1] AVM edo *Attribute value matrix* sintagma-egitura gramatiketan erabili ohi den ezaugarri-egitura da eta atributu-balio bikotea izaten da.

(2) *Daramakio*

| ARGS | FIRST | ERG |
|---|---|---|
| | REST | FIRST ABS |
| | | REST FIRST DAT |
| | | REST null |

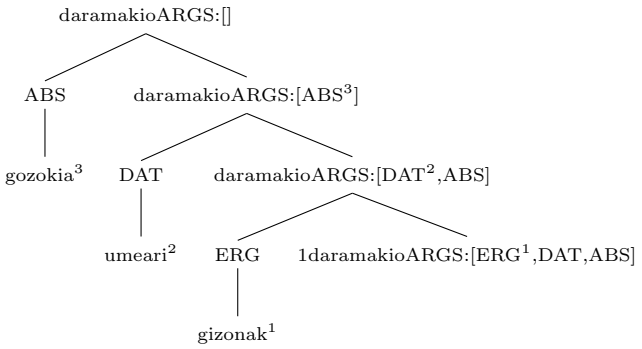
Goiko adibidean, zerrendako lehena ergatiboa da eta ondoren datoz absolutiboa eta datiboa. Osagai horiek erregela sintaktikoen bidez konbinatzen dira:

(3) *gizonak-ERG + dakar*:

| ARGS | FIRST | ABS |
|---|---|---|
| | REST | FIRST DAT |
| | | REST null |

Erregela sintaktiko honen bidez, ARGS zerrendako lehen elementua, ergatiboa, *jan* egiten da. Perpausa erdi-osatuta dago eta guztiz osatzeko absolutiboa eta datiboa falta dira. Erregela honek *umeak ura gizonari eman dio* bezalako perpausak aztertuko lituzke baina ez *umeak eman dio ura gizonari* modukoak eta beste hurrenkera bat duten perpausak.

Esaterako, *daramakio* aditzeko argumentu zerrenda [ERG, DAT, ABS] da. HPSGk erabiltzen duen mekanismoan argumentu zerrendako osagai bakoitza jan egiten da ondoren agertzen den bezala:




Aditzaren lehen osagaia *gizonak* da. *Gizonak* ergatiboa da eta aditzaren argumentuen zerrendan ere ergatiboa lehenengo dago. Beraz, HPSGren mekanismoak osagai hau *jan* egiten du. Ondorioz, argumentu zerrendan datiboa eta absolutiboa geratzen dira. Ondoren, perpausean datibo kasuan dagoen *umea* dago eta mekanismoak zerrendan hurrengo osagaia den datiboa hartzen du. Beraz, aditzaren argumentu zerrendan absolutiboa geratzen da. Azkenik, perpausean absolutibo kasuan dagoen *gozokia* dago eta HPSGren mekanismoak argumentu zerrendako azken osagaia, absolutibo kasua, aurkitu egiten du.

### 4.1.1 Arazoa

Hurrenkera finkoa duten hizkuntzetan, ingelesean eta alemaneran esaterako, HPSGren mekanismo hau egokia da, argumentu zerrenda bakarra egongo delako. Baina hitz-hurrenkera askea duten hizkuntzetan, euskaran esaterako, hurrenkera ezberdin guztiak jarri beharko lirateke eta horrenbestez, sarrera lexiko asko egin beharko lirateke: *[ERG, DAT, ABS]*, *[DAT, ABS, ERG]*... eta hau ez da oso egokia. Gainera, kontuan hartu behar da tartean adjuntuak ager daitezkeela edozein tokitan (*atzo*, *kotxean*...) egoera zailduz.

### 4.1.2 Konponbidea

Konponbideetako bat *Categorial Grammar* (Karttunnen, 1989) izan daiteke. Gramatika honetan, sarrera lexikoek hitzak sintagmetan bihurtzeko konbinaketei buruzko informazioa kodetuta dute. Hitzaren ezaugarrien konbinaketa bere kategoria lexikoan adierazten da. Bi kategoria mota daude: oinarrizkoak (*basic*) eta deribatuak (*derived*), *functor* ere deituak. Izen arruntek eta izen-sintagmak oinarrizko kategoriak dira eta determinatzaileek eta aditz iragangaitzek kategoria deribatuen multzoa osatzen dute.

| Oinarrizko Kategoriak (*Basic Categories*) | Kategoria Deribatuak (*Derived Categories*) |
|---|---|
| CN (izen arrunta) | NP/CN (determinatzailea) |
| NP (izen-sintagma) | S\NP (aditz iragangaitza) |

Kategoria deribatuetako etiketek sintagma-egitura gramatiketako erregela sintaktikoen funtzio bera dute. NP/CN bidez, determinatzailea izen arruntarekin batu eta izen-sintagma eratzen dela adierazten da. Sintagma-egituran erregela bera *NP→ Det CN* bidez adieraziko litzateke.

Kategoria deribatuen kategoria etiketek honako itxura dute: *(result direction argument)*. *Result* eta *argument* kategoria etiketak dira, sinpleak edo konplexuak eta *direction* / edo \izan daiteke, kategoria deribatua argumentuaren aurretik (/) edo ondoren (\) baldin badator.

Aditz iragangaitzaren etiketa, *S\NP*, da. Honen bidez, aurretik datorren izen-sintagmarekin sintagmak perpausa osatzen duela adierazten da. Aditz iragankorrek *(S\NP)/NP* kategoria dute eta adberbioek *(S\NP)\(S\NP)*. Aditz iragankorra izen-sintagmarekin eskuinetik batuko litzateke eta adberbioa aditz iragangaitzari ezkerretik.

Hala ere, ingeleserako eta euskararako *Categorial Grammar* ezberdinak dira. Ingelesean, hitzhurrenkera finkoa da eta *eat* bezalako aditz iragankor batean *eat-(np/s)\np* sarrera dugu, hau da, *np* (objektua) eskuinetik bilatzen du: *the-meat-np = (np/s)*. Hori bilatzen badu, emaitza *(np/s)* izango da. Ondoren, *np/s* kategoriak, *np* (subjektua) bat bilatzen du eskuinetik: *the-man-np + np/s = s*. Ondorioz, bigarren elementua ere jan egiten du eta azken emaitza *s* da. Ingelesean nahitaez subjektuak eskuinetik etorri behar du.

Euskaran, ordea, beti ez da hala gertatzen: *umeak oparia lagunari eman dio, oparia lagunari eman dio umeak, lagunari eman dio oparia umeak...* Horregatik, Karttunenen (1989) irizpidea jarraitzea erabaki dugu. Kategoria nagusia izen-sintagma da eta berak konbinatzerakoan aditz-mota jakin batzuk eskatzen ditu. Ondorioz, esaterako *umea-ABS* hitzaren kategoria *vp/vp* da gramatika kategorialean. Kategoria honek ezkerretik aditz bat datorrela eta hitzarekin konbinatzean beste aditz bat (zehazkiago, aditz-proiekzioa *dator-vp + umea-vp/vp = dator-umea-vp*) sortzen dela adierazten du.

## 4.2 Aditz-sail ezberdinak

Aditza da aditz-sintagmaren burua eta aditz-sintagmak aditzak eskatzen dituen zenbat osagai (argumentu) ere agertzen dira. Aditzak aztertzerakoan, argumentu kopuruari eta euren izaerari, hau da, duten kasuari begiratu behar zaio. Horrela, aditzak iragangaitzak edo iragankorrak (soilak eta datibodunak) dira. Beraz, aditz-sail ezberdinak ditugu.

(4) Anaia gaztea da
Mikelek udare bat jan du
Josuk niri udare bat eman dit.

Adibide honetan, lehena iragangaitza da; aditzak argumenturik eskatzen ez duelako; bigarren iragankor soila da objektu zuzena duelako eta azkena aditz iragankor datiboduna da, objektu zuzenaz gain zehar objektua ere eskatzen duelako.

### 4.2.1 Arazoa

Aditzak izaera ezberdinekoak izatea buruhauste handi bat da baterakuntza oinarritzat duen HPSG gramatikan. Aditzak modu berean tratatzea zailtzen du, izan ere, aditzaren arabera argumentu kopurua ezberdina da. Gainera, elipsiak egoera gehiago zailtzen du. Gerta liteke, argumentu bat perpausean gauzatzea nahiz eta argumentu hori ezkutuan dagoen.

(5) Mikelek Ø jan du
Josuk Ø Ø eman dit.

Adibide hauek goikoak dira, baina nahiz eta argumentua gauzatzen den argumentua ez dago begibistan. Lehen perpausean, absolutibo kasuko argumentua ez da ageri eta bigarrenean, absolutibo eta datibo kasukoak.

### 4.2.2 Konponbidea

Aditz-sail ezberdinen arazoa saihesteko bi atributu sortzea erabaki dugu. Bat *SUBCAT* atributua da eta bestea *SAT* atributua, azken hau japonieraren HPSG gramatikatik hartutako ideia (Siegel eta Bender, 2002). Atributu honen bidez, aditzaren argumentu komunztadura asetuta dagoen edo ez adierazten da.

Euskararako garatu dugun HPSG gramatikan, *SUBCAT* balioa eta *SAT* atributua erabiliko ditugu. SUBCAT balioak aditzak eskatzen dituen argumentuak biltzen ditu eta *SAT* atributuak argumentu horiek asetzen diren edo ez adierazten du.

Esaterako, pentsa dezagun *daramakio-ERG-ABS-DAT* aditza dugula. Goran aipatu bezala, kotxea hitzarekin konbinatzen badugu berriro (kotxea) daramakio aditza izango dugu baina balentzian (*VAL*),

hau da, *SAT* atributuen zerrendan aldaketa bat gertatuko da: *ABS* den elementua sartu da.

Kotxea eta daramakio hitzak konbinatu baino lehen, *daramakio* aditzak honako balioak ditu:

(6) *daramakio* =[SUBCAT [SUBJ ERG, OBJ ABS, IOBJ DAT]
VAL [SUBJ unsat, OBJ unsat, IOBJ unsat]]

Azpikategorizazioan (*SUBCAT*), subjektuarekin kasua ergatiboa dela, objektuarena absolutiboa eta zehar objektuarena datiboa dela adierazten da. Bestalde, balentzian (*VAL*) subjektu, objektu eta zehar objektu atributuek balio asegabeak (*unsat(urated)*) dituztela adierazten da.

Baina *kotxea* eta *daramakio* konbinatzean, balentziako balioetan aldaketa gertatzen da, *kotxea* objektua baita:

(7) *daramakio* =[SUBCAT [SUBJ ERG, OBJ ABS, IOBJ DAT]
VAL [SUBJ unsat, OBJ sat, IOBJ unsat]]

Bi hitzak konbinatzean, *VAL.OBJ* asetu (*sat(urated)*) egiten da, kotxea objektua delako. Beraz, atributu honen bidez, aditz-mota ezberdinak erraz adieraz daitezke:

(8) NOR: VAL [SUBJ unsat, OBJ sat, IOBJ sat]
NOR-NORI: VAL [SUBJ unsat, OBJ sat, IOBJ unsat]
NOR-NORK: VAL [SUBJ unsat, OBJ unsat, IOBJ sat]
NOR-NORI-NORK: VAL [SUBJ unsat, OBJ unsat, IOBJ unsat]

NOR aditzetan, subjektua bakarrik asetu daiteke; NOR-NORI aditzetan subjektua eta zehar objektua; NOR-NORK aditzetan subjektua eta objektua eta azkenik, NOR-NORI-NORK aditzetan subjektua, objektua eta zehar objektua.

# 5 HPSG gramatika garatzen

## 5.1 HPSG gramatika garatzeko ingurunea

HPSG gramatikak lantzeko inguruneak hiru taldetan banatzen dira. Alde batetik, murriztapenean oinarritutako sistemak daude. Beste batzuk, berriz, erlazioetan oinarritutako sistemak dira eta hauen barruan, sintagma-egituretan oinarritzen den azpitaldea ere badago. Azkenik, bi sistemak konbinatzen dituztenak daude.

Guk bi sistemak konbinatzen dituen *LKB berria* (Copestake, 2002), *Linguistic Knowledge Builder*ren ondorengoa, erabiliko dugu gramatika garatzeko. Jarraian, helburutzat jarri ditugunak betearazteko sortu ditugun erregeletako batzuk aztertuko ditugu.

## 5.2 Hitz-hurrenkera

Ondorengo irudietan, hitz-hurrenkeraren arazoa konpontzeko erabili ditugun bi erregelak ageri dira.

(9)
```
backward-application := phrase-verb &
[CAT #cat,
 SUBCAT #subcat,
 VAL #valnew,
 NORA #direction,
 ARGS <phrase-verb & [CAT #cat,
                      SUBCAT #subcat,
                      VAL #val,
                      NORA #direction],
       phrase-nom & [CAT [RESULT [CAT #cat,
                                  SUBCAT #subcat,
                                  VAL #valnew,
                                  NORA #direction],
                          DIRECTION #direction & backward,
                          ACTIVE phrase-verb &
                                 [CAT #cat,
                                  SUBCAT #subcat,
                                  VAL #val,
                                  NORA #direction]]>].
```

```
forward-application := phrase-verb &
[CAT #cat,
SUBCAT #subcat,
VAL #valnew,
NORA #direction,
ARGS <phrase-nom & [CAT [RESULT [CAT #cat,
                                 SUBCAT #subcat,
                                 VAL #valnew,
                                 NORA #direction],
                         DIRECTION forward,
                         ACTIVE phrase-verb &
                                [CAT #cat,
                                 SUBCAT #subcat,
                                 VAL #val,
                                 NORA #direction]]],
      phrase-verb & [CAT #cat,
                     SUBCAT #subcat,
                     VAL #val,
                     NORA #direction & backward]>].
```

Ezkerreko erregela sintaktikoak lehenik aditz-sintagma eta ondoren, izen-sintagma hurrenkera duten perpausak aztertzen ditu. Argumentu zerrendan (*ARGS*), lehenik eta behin aditz-sintagma (*phrase-verb*) dugu; kategoria (*CAT*), azpikategoria (*SUBCAT*), balentzia (*VAL*) eta norabidea (*NORA*) balioekin. Ondoren, izen-sintagma (*phrase-nom*) dago.

Izen-sintagma honen barruan dagoen aditz-sintagma (*phrase-verb*) aktibatu (*ACTIVE*) egiten da eta atzeranzko norabidea (*DIRECTION #direction & backward*) hartzen du; izen-sintagmarekin batzeko. Biak batzearen ondorioz (*RESULT*), beste aditz-sintagma bat (*phrase-verb*) sortzen da eta kategoria (*CAT*), azpikategoria (*SUBCAT*), balentzia (*VAL*) eta norabidea (*NORA*) balioak heredatzen ditu. Aipatzekoa da, baterakuntzaz sortu den aditz-sintagma honek balentzia berria (*#valnew*) duela.

Eskuineko erregela sintaktikoak berriz, alderantzizko hurrenkera aztertzen du, hau da, lehenengo izen-sintagma eta ondoren aditz-sintagma dutenak. Argumentu zerrendan, lehenengo izen-sintagma (*phrase-nom*) dugu eta ondoren, aditz-sintagma (*phrase-verb*). Aditz-sintagmak kategoria (*CAT*), azpikategoria (*SUBCAT*), balentzia (*VAL*) eta norabidea (*NORA*) balioak biltzen ditu.

Izen-sintagman, aditz-sintagma aktibatzen (*ACTIVE*) da. Aditz-sintagma honek kategoria (*CAT*), azpikategoria (*SUBCAT*), balentzia (*VAL*) eta norabidea (*NORA*) balioak ditu. Aditz-sintagma honek aurreranzko norabidea (*DIRECTION forward*) hartzen du eta izen-sintagmarekin egiten du topo. Bien arteko baterakuntzaren ondorioz, beste aditz-sintagma bat sortzen da kategoria (*CAT*), azpikategoria (*SUBCAT*), balentzia (*VAL*) eta norabidea (*NORA*) balioak heredatzen dituena. Aurreko erregela sintaktikoa bezala, hemen balentziak balio berria (*#valnew*) hartzen du, sortzen den aditz-sintagma berria delako.

### 5.3 Aditz-sail ezberdinak

Gramatikak aditz-sail ezberdinetako perpausak azter ditzan hainbat erregela mota sortu behar izan ditugu.

(10) word-verb := word & nuclear-arguments & [CAT simple-cat].

Motak definitzerakoan, aditza gure gramatikan hitz mota bakarra da. Aditz izaerako hitzez (*word*) eta kategoria sinple batez (*CAT simple-cat*) osatuta dago.

(11) phrase-verb := phrase & nuclear-arguments.

Aditz-sintagma (*phrase-verb*), berriz, sintagma batek (*phrase*) eta argumentu nuklear batek (*nuclear-arguments*) osatzen dute.

Balentzia (*VAL*) eta azpikategoria (*SUBCAT*) hierarkiak ere sortu ditugu.

(12)
```
subcat := *top* &
  [SUBJ case,
   OBJ case,
   IOBJ case].

val := *top* &
  [SUBJVAL saturation,
   OBJVAL saturation,
   IOBJVAL saturation].
```

Azpikategorizazioa hierarkia (*subcat*) hiru kasuk (subjektua [*SUBJ*], objektua [*OBJ*]eta zehar objektua [*IOBJ*]) osatzen dute. Balentzia hierarkia (*val*), berriz, hiru balentziek (subjektua [*SUBJVAL*], objektua [*OBJVAL*] eta zehar objektua [*IOBJVAL*]) osatzen dute.

Balentzia hauek asetu egin daitezke edo ez (*saturation*), aditzaren ezaugarrien arabera. Azpikategoriak aditzak eskatzen dituen osagaien gauzapen sintaktikoak irudikatzen ditu eta balentziak osagai horien gauzapen sintaktikoak asetzen diren edo ez zehazten du.

(13)
```
case := *top*.
  erg := case.
  abs := case.
  dat := case.

saturation := *top*.
  sat := saturation.
  unsat := saturation.
```

Adibide honetan, euskarak dituen kasuak hierarkia eta saturazioa hierarkia daude. Kasua hierarkia bat (*top*) da eta bere barnean hiru kasu daude: ergatiboa (*erg*), absolutiboa (*abs*) eta datiboa (*dat*). Balentziak asetu egin daitezke aditzaren izaeraren arabera. Asetasuna (*saturation*) hierarkia bat (*top*)

da. Bi adar ditu: asetzea (*sat*) edo asegabetasuna (*unsat*). Lexikoan, aditz-sail ezberdinak osatu ditugu; bai aditz trinkoak bai perifrastikoak. Jarraian, aditz perifrastikoen adibide batzuk azalduko ditugu.

(14)
```
dio := word &
[ ORTH dio,
  CAT [RESULT phrase-verb &
          [CAT vp,
           DIRECTION backward,
           ACTIVE word-verb &
                  [CAT adi,
                   SUBCAT #subcat,
                   VAL #val],
           SUBCAT #subcat,
           VAL #val]]].
```

```
etorri := word-verb &
[ ORTH etorri,
  CAT adi,
  SUBCAT [SUBJ abs],
  VAL [SUBJVAL unsat,
       OBJVAL sat,
       IOBJVAL sat]
].
```

*Dio* aditz laguntzailean, kategorian, hiru elementu daude: emaitza (*RESULT*), norabidea (*DIRECTION*) eta aktiboa (*ACTIVE*). Azken honetan, gorago deskribatutako aditz nagusia dago, *word-verb* hitz motakoa. Aditz nagusi honek atzerantz egiten du eta aditz laguntzailearekin bateratzen da. Ondorioz, aditz-sintagma kategoriako osagai bat sortzen da.

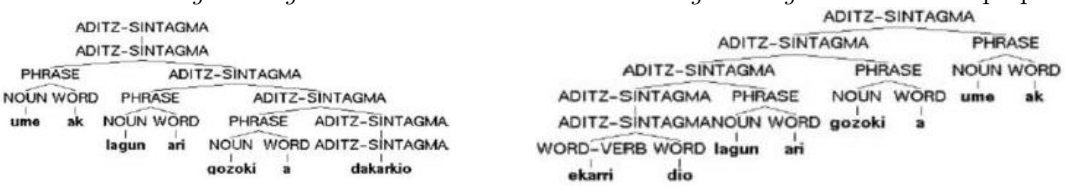
*Etorri* aditzean, bere kategoria aditz nagusia dela (*adi*) jarri dugu. Azpikategorian, subjektua absolutiboan duela jarri dugu. Aditzak argumentu bakarra eskatzen duenez azpikategorian absolutiboa besterik ez dago. Bestalde, balentzian zehar objektuaren eta objektuaren balentziak asetuta (*sat*) ditu baina subjektuarena ez (*unsat*).

## 6 HPSG gramatikaren adibideak

Atal honetan, LKB tresnak idatzi ditugun perpausak aztertu ondoren sortu dituen zuhaitzak erakutsiko ditugu.

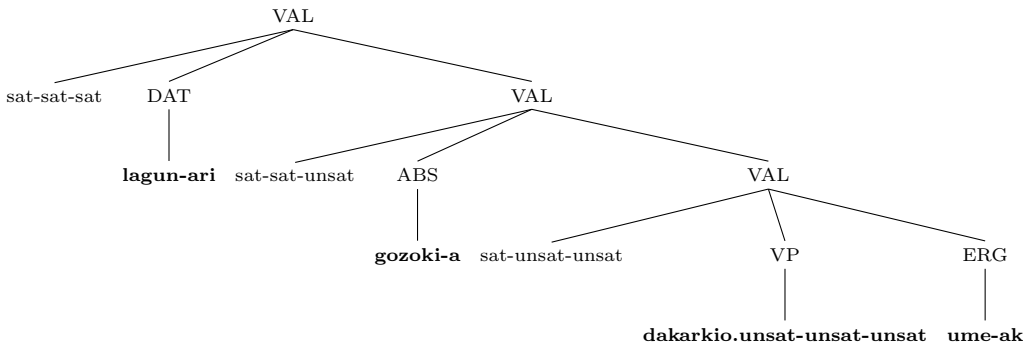
### 6.1 Hitz-hurrenkera

1 Irudia: *Ume-ak lagun-ari gozoki-a dakarkio* eta *Ekarri dio lagun-ari gozoki-a ume-ak* perpausak




Goiko bi irudiak alderatzen baditugu, euskararako HPSG gramatikak hitz-hurrenkera ezberdineko perpausak aztertzeko gaitasuna duela ikus daiteke. Ezkerreko adibibidea NORK-NORI-NOR hurrenkerakoa da eta eskuinekoa, berriz, NORI-NOR-NORK. Gainera, ezkerrekoan aditza lehena da eta eskuinekoa, azkena.

### 6.2 Aditz-sail ezberdinak



Adibide honetan, berriz, HPSG gramatikako aditz-sail ezberdinak LKB tresnan nola irudikatzen diren ikusten da. Lehenik, *ume-ak* eta aditza bateratu egiten dira eta balentzietan, *SUBCAT* atributua asetu egiten da. Gero, *Ume-ak dakarkio* eta *gozoki-a* bateratu egiten dira eta *OBJSAT* atributua asetzen da. Azkenik, *Ume-ak dakarkio gozoki-a* eta *lagun-ari* bateratu egiten dira, *IOBJSAT* atributua asetuz.

## 7 Ondorioak eta etorkizunerako norabidea

Helburua euskararako HPSG gramatikaren lehen urratsak egitea izan da, hitz-hurrenkera askea eta aditz-sail ezberdinak landuz.

Gramatika baten hasiera izanik, lan asko dago egiteko. Gehiago sakondu eta fenomeno linguistiko zehatzagoak aztertu behar dira. Semantika (*Minimal Recursion Semantic*) eta adjektiboak teorikoki aztertu eta inplementatu egin behar dira. Beharrezkoa da inplementatu aurretik fenomenoari buruzko azterketa zehatz bat egitea. Gainera, ezezko perpausak eta izenlagunak inplementatzea ere komeni da.

## Erreferentziak

Abaitua, Joseba, 1988. *Complex predicates in Basque: from lexical forms to functional structures*. Manchesterreko Unibertsitatean burututako tesia.

Aranzabe, Maxux, 2008. *Dependentzia-ereduan oinarritutako baliabide sintaktikoak: zuhaitz-bankua eta gramatika konputazionala*. Euskal Filologia Saila. UPV/EHU tesia.

Bengoetxea, Kepa, 2015. *Estaldura zabaleko euskararako analizatzaile sintaktiko estatistikoa*. Informatika Fakultatea. UPV/EHU tesia.

Copestake, A. 2002. *Implementing Typed Feature-Structure Grammars*. CSLI.

Engdahl, E., eta E. Vallduv. 1995. Information packaging in hpsg. *IATL 2: Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Israeli Association for Theoretical Linguistics and the Workshop on the SyntaxSemantics Interface* 22–50.

Gojenola, Koldo, 2000. *Euskararen sintaxi konputazionalerantz. Oinarrizko baliabideak eta beren aplikazioa aditzen azpikategorizazio-informazioaren erauzketan eta erroreen tratamenduan*. Informatika Fakultatea, UPV-EHU tesia.

Karttunnen, L. 1989. Radical lexicalism. *University of Chicago Press* 43–65.

Pollard, C., eta I. Sag. 1994. Head-driven phrase structure grammar. *The University of Chicago Press* .

Siegel, M., eta E. Bender. 2002. Efficient deep processing of japanese. Proceedings of the 19th International Conference on Computational Linguistics, 43–65.

## 8 Eskerrak eta oharrak

Lan hau *Hizkuntza Azterketa eta Prozesamendua* masterreko amaierako lanetik eratorria dago. Master horretako amaierako lanean tutore izan dudan Koldo Gojenola irakasleari eskerrak eman nahi dizkiot izandako zalantzen aurrean erakutsi duen prestutasunagatik.

# *Konbitzul*: euskarazko eta gaztelaniazko izen+aditz konbinazioen datu-basea

**Uxoa Iñurrieta***

IXA taldea, Euskal Herriko Unibertsitatea
usoa.inurrieta@ehu.eus

**Laburpena**

*Konbitzul* datu-basea azterketa linguistiko baten emaitza da, eta euskarazko eta gaztelaniazko izen+aditz konbinazioak biltzen ditu, euren ordainekin eta beste hainbat datu linguistikorekin batera. Lan honek, batetik, azterketa linguistikoaren berri ematen du, eta, bestetik, datu-basean bilaketak egiteko sortu dugun interfaze publikoaren ezaugarriak azaltzen ditu.

**Hitz gakoak:** Hizkuntzaren Prozesamendua, euskarazko hitz-konbinazioak, gaztelaniazko hitz-konbinazioak, fraseologia, itzulpengintza

**Abstract**

*Konbitzul is a database of Basque and Spanish noun+verb combinations. It is now available for public use, and it allows users to search for the appropriate translation of a given combination, along with other linguistic data. This paper describes the in-depth linguistic analysis we undertook to achieve this, and presents the database and the public interface.*

**Keywords:** Natural Language Processing, word combinations in Basque, word combinations in Spanish, phraseology, translation

## 1 Sarrera eta motibazioa

Euskara ondo ezagutzen duen edonork gehiegi pentsatu gabe erabiltzen ditu *hitz egin* edo *falta izan* bezalako egiturak, aditz soilak balira bezala, berez izen batez eta aditz batez osatuta daudela ohartu gabe. *Min hartu* eta *min eman*en gisako lokuzioak ere ez zaizkio batere arrotzak egiten, eta normalean ez du *min sentitu* edo *min sortu* bezalakorik esaten, horiek ere ideia berbera adierazteko balio lezaketen arren. Era berean, norbait *adarra jotzen* ari zaiola entzutean, euskaldunak berehala ulertzen du txantxetan ari zaizkiola, eta ez zaio burura etortzen ez *adar*rik eta ez *jotze*rik.

Konbinazio horiek guztiak, ordea, nahiko bereziak dira, ez baitituzte hizkuntzaren ohiko arauak betetzen, osaeragatik, esaldian duten portaeragatik, edo esanahia ez delako gardena. Gainera, horrelako egiturak beste hizkuntzetara eramatea ere ez da lan erraza, hitzez hitzeko itzulpenak ez baitira egokiak izaten. Har ditzagun, adibidez, aurreko paragrafoan aipatutakoak:

(1) *Hitz egin* eta *falta izan*en ordainak aditz soilak dira gaztelaniaz: *hablar* eta *faltar/carecer* (eta ez **hacer palabra* eta **ser/tener falta/carencia*).

(2) Euskaraz *min hartu* eta *min eman* bi aditz desberdinekin osatzen badira ere, gaztelaniaz aditz berbera erabiltzen da bietarako, eta ez da euskarazkoen baliokidea: *hacer(se) daño* (eta ez **coger/dar daño*).

(3) *Adarra jotzea*, gehien-gehienetan, ez da *tocar el cuerno* gaztelaniaz, baizik eta *tomar el pelo*.

Hitz-konbinazioak, beraz, egitura konplexuak dira, eta zailtasun handiak ematen dituzte, batez ere ikuspuntu elebidunetik. IXA ikerketa-taldean, euskarazko eta gaztelaniazko izen+aditz konbinazioen

* Uxoa Iñurrietaren doktoretza-tesiaren zuzendariak Itziar Aduriz eta Kepa Sarasola dira, eta Arantza Díaz de Ilarrazak eta Gorka Labakak ere lan honetan parte hartu dute.

itzulpena aztertzen ari gara, eta datu-base bat sortu dugu gure azterketa linguistikotik lortutako emaitzekin. *Konbitzul*[1] bilatzaile publikoaren bidez, edozein erabiltzailek du aukera datu-base horretan bildutako konbinazioak, konbinazioen ordainak, eta horiei guztiei buruzko informazio linguistikoa eskuratzeko.

Gure ikerketa-lanaren helburu nagusia hitz-konbinazioak aztertu eta haien prozesamendu konputazionalerako oinarri linguistikoak jartzea da, hizkuntza-aplikazio aurreratuetan arazo handiak sortzen baitituzte. Horixe gertatzen da, adibidez, itzulpen automatikoan; izan ere, horrelako egiturak ondo itzultzea zaila bada hiztunontzat, are gehiago ordenagailu batentzat, hitzei ohiko ordainak ematen baitizkie defektuz eta, hortaz, tratamendu berezirik egin ezean, itzulpen literal traketsak sortzen baititu. Hona, esaterako, Matxin[2] itzultzaile automatikoaren bi emaitza:

(4) Gaztelaniazko itzulgaia: *La pareja contrajo matrimonio.*
Euskarazko itzulpen automatikoa: *Bikotea *ezkontza uzkurtu zen.*
Itzulpen zuzena: *Bikotea ezkondu egin zen.*

(5) Gaztelaniazko itzulgaia: *El plazo de inscripción ha vencido.*
Euskarazko itzulpen automatikoa: *Inskripzioko *epea garaitu du.*
Itzulpen zuzena: *Izen emateko epea amaitu da.*

Lan honetan, gaia bere testuinguruan kokatu ostean (2. atala), gure azterketa linguistikoa zertan datzan eta orain arte zer ondorio nagusi atera ditugun azalduko dugu (3.1. atala), bai eta *Konbitzul* datu-baseak zer ezaugarri dituen ere (3.2. atala).

## 2 Hitz-konbinazioen prozesamendu konputazionala: arloaren egoera

Hitz-konbinazioak hizkuntza baten fraseologiaren parte direla esan ohi da. Ematen diren definizioetan erabateko adostasunik ez dagoen arren, egile gehienak bat datoz konbinazioen ezaugarri nagusiak aipatzean (Sanz Villar, 2011; Baldwin eta Kim): hitz batez baino gehiagoz osatutako unitateak dira, esaldian portaera sintaktiko berezia izaten dute sarri, eta hitz-segida osoaren esanahiak ez du zertan osagaien esanahien batura izan. Izan ere, askotan, osagai guztiak ezagututa ere, ez da erraza konbinazio batek zer esan nahi duen ulertzea. Horrez gain, testuinguruak ere eragina izan dezake konbinazio batzuen erabileran, testu-alor batetik bestera duten agerpen-maiztasuna aldakorra izaten baita. Hortaz, hitz-segida bat hitz-konbinaziotzat hartzen da, baldin eta konbinazioko osagaien informazioa ez bada nahikoa konbinazio osoaren ezaugarri sintaktiko, distribuzional edo semantikoak jakiteko (Silberztein, 1990).

Ikerketa linguistiko gehienetan, konbinazioen berezitasunak aztertu eta ezaugarri morfosintaktiko eta semantikoen araberako multzoak egiten dira. Rafel (2004) eta Zabala (2004) lanetan, adibidez, aditz-egitura konplexuetako osagaiak aztertzen dira, eta garrantzi berezia ematen zaie esanahi "osorik" gabeko aditzei, hots, aditz arinei. Rodríguez eta García Murgak (2003) ere *egin* astuna (*ohea egin*) eta arina (*solas egin*) bereizten dituzte, bigarrenarekin osatutako egiturak idiomatikoak direla proposatzeko. Gainera, lan horretan bertan aipatzen denez, predikatu mota horrek "sintaxilarien arreta deitu izan du, eta bereziki ergatibitatearekin erlazionaturiko eztabaida asko sorrarazi ditu"; horren adierazgarri dira, esaterako, Levin (1983) eta Berro (2010).

Sailkapenei dagokienez, berriz, irizpide bat baino gehiago erabili izan da konbinazioak multzokatzeko. Batzuek idiomatikotasuna hartu izan dute ardatz (Howarth, 1998); beste batzuek finkapen sintaktikoari eman diote garrantzia (Corpas Pastor, 2001); eta beste batzuek, berriz, konposizionaltasunaren arabera mailakatu dituzte hitz-konbinazioak (Sag *et al.*, 2002).

Bestalde, esparru aplikatuagoetarako eginiko lanen artean, indar berezia hartu dute azkenaldian Hizkuntzaren Prozesamendura bideratutakoek (Seretan, 2013; Alonso Ramos, 1995). Asko eta asko hitz-konbinazioak testu-corpusetan automatikoki identifikatzeko egiten dira, gerora konbinazio horiek erauzi eta, adibidez, hiztegigintzan erabili ahal izateko. Beste esperimentu batzuetan, ostera, hitz-konbinazioen inguruko informazioa askotariko hizkuntza-aplikazioetan txertatzen saiatu izan dira, itzultzaile automatikoetan kasu (Wehrli *et al.*, 2009).

[1] `www.ixa2.si.ehu.es/konbitzul`
[2] `www.opentrad.com`

Azken urteotan, euskaraz ere argitaratu da hitz-konbinazioen tratamendu konputazionalaz diharduen lanik, eta, horien artean, aipagarriak dira bi doktoretza-tesi: Urizarrena (2012) batetik, eta Gurrutxagarena (2014) bestetik. Lehenak euskarazko lokuzioen azterketa linguistiko xehea egin eta haien tratamendu konputazionalerako oinarriak jartzen ditu. Bigarrenean, berriz, euskarazko izen+aditz konbinazioak automatikoki erauzteko eta sailkatzeko sistema bat aurkezten da.

Ildo elebidunetik, ordea, Sanz Villarrenaz (2011) gain ez da ia lanik egin gurean hitz-konbinazioen inguruan, eta are gutxiago prozesamendu konputazionalari dagokionez. Beraz, hutsune hori betetzera dator ikerketa-lan hau, beti ere ildo elebakarretik egindakoa abiapuntutzat hartuta.

## 3 Azterketa linguistikoa eta datu-basearen sorrera

Sarreran esan bezala, *Konbitzul* datu-basea azterketa linguistiko baten emaitza da. Datozen azpiataletan azalduko dugu zer aztertu dugun zehazki (3.1), bai eta datu-baseak eta interfazeak zer ezaugarri dituzten ere (3.2).

### 3.1 Izen+aditz konbinazio-itzulpenen azterketa linguistikoa

Gure ikerketa-lana corpus paraleloetan oinarritzeko asmoa izan dugu hasieratik, testu errealetan erabiltzen diren konbinazioak erauzteko iturririk egokiena direlakoan. Hala ere, beste ezertan hasi aurretik, interesgarria iruditu zaigu hiztegi elebidunetan zer-nolako konbinazioak jasotzen diren aztertzea ere, eta horixe izan da gure lehen pausoa. Elhuyarren euskara-gaztelania eta gaztelania-euskara hiztegiak izan ditugu aztergai gure lehen lanean (3.1.1), eta, behin hori amaituta, corpusen gaineko azterketarekin hasi gara (3.1.2).

#### 3.1.1 Hiztegien gaineko azterketa

Elhuyarren hiztegi elebidunetan, hitz bakarreko sarrera arruntez gain, hitz anitzeko hainbat konbinazio eta esapide ere jasotzen dira. Guk, multzo horretatik, izenez eta aditzez osatutakoak hartu ditugu gure azterketaren oinarritzat: euskarazko 2.954 konbinazio (dagozkien 6.392 ordainekin batera), eta gaztelaniazko 2.650 (dagozkien 6.587 baliokideekin).

Euskarazko konbinazio guztiak izen batez eta aditz batez osatuak dira, nahiz eta izenek askotariko kasu- eta postposizio-markak izan: *lan egin, suak hartu, berriketan aritu, burutik egon, hitzekoa izan...* Gaztelaniazkoetan, berriz, aditzaz eta izenaz gain, tartean preposizio eta determinatzaileak ere onartu ditugu, *meter baza* edo *tener afecto* bezalakoez gain honelako egiturak ere landu ahal izateko: *ser una pena, saber de memoria, dejar a un lado.* Azterketa eskuz egin dugu osorik, eta hainbat ataletan banatu dugu (zehaztasun gehiago eta emaitza guztiak Iñurrieta *et al.* (2014) lanean daude jasota).

Lehenik eta behin, hizkuntza bateko eta besteko konbinazioei begiratu diegu: osaera morfologikoari, eta aditz eta izen motei. Atera ditugun ondorioen artean, aipagarria da euskarazko izenen hiru laurdenek baino gehiagok absolutibo-marka daramatela (*denbora galdu, dei egin*) eta bestelako markak askoz ere gutxiago erabiltzen direla (*jokoan jarri, deabruak hartu, amuari lotu, leporaino egon*). Gaztelaniazko konbinazioen artean, berriz, ez dago halako alderik, nahiz eta gehien errepikatzen den egitura aditza+determinatzailea+izena izan (*dar un toque*). Bestalde, nabarmentzekoa da bai hizkuntza batean bai bestean gehien errepikatzen diren aditzak oso arruntak direla eta, gainera, asko baliokideak direla euren artean: *egin - hacer, izan - ser/estar/tener, eman - dar, hartu - tomar...*

Bigarrenik, ordainak aztertzeari ekin diogu. Euskarazko konbinazioen gaztelaniazko baliokideei begiratuta, atentzioa ematen du aditz soilen kopuruak, askoz ere altuagoa baita izenez eta aditzez osatutako konbinazioena baino, ia bikoitza. Hain zuzen ere, % 58,07 dira *cosechar* edo *trabajar* bezalakoak (*uzta bildu* eta *lan egin*en ordainak), eta % 30,85 bakarrik *hacer el paripé* edo *dejar a un lado*ren gisakoak (*itxura egin* eta *bazterrean utzi*renak). Gaztelaniatik euskararako zentzuan, ostera, ordainen ia erdiak (% 48,54) dira izen+aditz motakoak (*abrir los ojos - begiak ireki, cobrar auge - gorantz hasi*), eta aditz soilak (*dar a luz - erditu*) ez dira laurdenera ere heltzen (%23,53).

Hirugarrenik, beste konbinazio baten bidez itzultzen diren konbinazioak pixka bat xeheago aztertu nahi izan ditugu, eta atera dugu ondorio interesgarririk hemen ere. Hasteko, ikusi dugu badagoela nolabaiteko lotura bat gaztelaniazko preposizioen eta euskarazko kasu- eta postposizio-marken artean; izan ere, gaztelaniazko preposiziodun konbinazioen ordainetan, absolutiboa baino ohikoagoak dira bestelako

markak, eta kontrako zentzuan ere gauza bera. Hau da: gaztelaniatik euskarara, askoz ere ohikoagoak dira *comer con apetito - gogoz jan* bezalako baliokidetzak *pasarse de la raya - gehiegikeriak egin* bezalakoak baino, eta euskaratik gaztelaniara ere sarriago errepikatzen dira *harira etorri - venir al caso* eta gisakoak, *txiripaz gertatu - sonar la flauta* eta antzekoen aldean.

Bestalde, mugatasuna eta numeroa ez dira oso sarri gordetzen hizkuntza batetik bestera, euskaratik gaztelaniara izenak mugagabean daudenean izan ezik. Multzo horretan, konbinazioen ordain gehienak ere mugagabeak dira (% 80,72): *aurpegiz ezagutu - conocer de vista, tiro egin - abrir fuego.*

Bukatzeko, hizkuntza bateko eta besteko konbinazioen izenak izenekin eta aditzak aditzekin baliokide ote diren ere aztertu nahi izan dugu, eta, espero genuen bezala, ikusi dugu oso gutxitan gertatzen dela bai izena eta bai aditza ordaintzat jasota egotea hiztegian: *bakean utzi - dejar en paz* (*bake - paz* eta *utzi - dejar*). Gehienetan, osagaietako bat edo biak aldatu egiten dira hizkuntza batetik bestera: *zarata egin - armar bulla* (*zarata - bulla* bai, baina ez *egin - armar*).

Laburbilduz, azterketa honetatik guztitik sarreran baieztatzen genuena ondoriozta daiteke, alegia, konbinazioen itzulpena ez dela lan erraza, hitzez hitzeko itzulpenek, gehienetan, ez baitute balio xede-hizkuntzan testu txukun eta natural bat sortzeko.

### 3.1.2 Corpus paraleloen gaineko azterketa

Hiztegietatik lor daiteke hitz-konbinazioek hizkuntza batetik bestera duten aldakortasunaren inguruko ikuspegi orokor bat, baina konbinazio horien erabilera erreala aztertu nahi bada, testu-corpusetara jo beharra dago. Beraz, gure bigarren azterketan, lehen-lehenik, hiztegitik erauzitako konbinazioak corpus paralelo batekin alderatu nahi izan ditugu. Erabili dugun corpusak gaztelaniaz eta euskaraz parekatutako 491.853 esaldi biltzen ditu, askotariko iturrietatik jasoak.

Lehenago landuta genituen gaztelaniazko 2.650 konbinazioetatik, 200 aurkitu ditugu corpusean. Elhuyar hiztegian, 200 konbinazio horiek 385 ordain baino ez dituzte, eta corpusean, berriz, 1.641 modutara itzulita agertu dira; hortaz, corpusetik ateratako informazioak gure datu-basea ordain berriz aberasteko balio izan digu. Horrez gain, hiztegiko konbinazioen beste aldaera batzuk ere hauteman ahal izateko, izenen eta aditzen lemak baino ez ditugu bilatu. Esaterako, gure datu-basean *alzar la voz* genuen, baina ez *alzar una voz, alzar su voz...* Izenaren eta aditzaren lema bakarrik bilatuta, aldaera gehiago ere lortu ahal izan ditugu, eta, hala, hiztegietan jasotako 200 konbinazio horiez gain, beste 698 forma berri ere bildu ditugu.

Konbinazio guztiak agerpen-kopuruaren arabera ordenatu, eta 132 hautatu ditugu –bost agerpenetik gorakoak– euren ezaugarri linguistikoak aztertzeko. Oraingo honetan, itzulpen automatikorako erabilgarria izan litekeen informazioa bildu nahi izan dugu, eta, hortaz, gaztelaniazko konbinazioen aldakortasuna izan da gure aztergai nagusia. Izan ere, gaztelaniatik euskararako itzultzaile automatiko batentzat, oso garrantzitsua da sorburu-hizkuntzako konbinazioak testuetan nola erabiltzen diren jakitea, detekzio-prozesua ahalik eta ondoen egiteko. Honako ezaugarri hauei begiratu diegu:

- Badarama preposiziorik? Zein?
- Izenak har dezake determinatzailerik? Derrigorrezkoa da?
- Izen-sintagma mugatua ala mugagabea da? Bietara joan daiteke?
- Izen-sintagma singularra ala plurala da? Bietara joan daiteke?
- Izen-sintagmak har dezake modifikatzailerik? (adjektiborik, sintagma preposizionalik...)
- Joan daiteke ezer izen-sintagmaren eta aditzaren artean? (adberbiorik, beste sintagmaren bat...)
- Osagaien ordena alda daiteke?

Datu horiek kontuan hartuta, konbinazioak konposizionaltasunaren arabera multzokatu ditugu, Sag *et al.* (2002) lanean proposatzen den sailkapenean oinarrituta: finkoak (% 3,37), erdi-finkoak (% 70,79) eta libreak (% 25,84). Izan ere, multzo batean edo bestean egon, tratamendua ere era batekoa edo bestekoa izatea komeni da, detekzio-prozesuak ahalik eta emaitzarik onenak eman ditzan.

**Konbinazio finkoak** (*dar paso (a algo)* eta antzekoak) beti elkarrekin agertzen dira, ezin da tartean elementurik sartu, eta ordena eta forma berean egoten dira beti. Hortaz, multzo horretako konbinazioak hautemateko, nahikoa da hitz-segida finkoak bilatzea (aditzaren flexioa gorabehera).

**Konbinazio erdi-finkoek**, ordea, arazo gehiago ematen dituzte. Izan ere, oso sarri, elementuren bat agertzen da izen-sintagmaren eta aditzaren artean (6. adibidea), eta baliteke osagaien ordena ere aldakorra izatea (7. adibidea), esaldia pasiboan dagoenean edo galdera bat denean, adibidez. Askotan, gainera, konbinazioaren beraren forma ere aldatu egiten da (8. adibidea). Hori dela eta, konputazionalki tratatzeko zailenak multzo honetako konbinazioak dira.

(6) *Se cubrieron las plazas.*
*Se cubrieron en seguida las plazas.*

(7) *Se ha fijado un plazo.*
*El plazo ha sido fijado.*

(8) *Hay que dar más pasos.*
*Hay que dar un paso más.*
*Hay que dar el siguiente paso.*

Azkenik, *comer con apetito* bezalakoak **konbinazio libretzat** hartu ditugu, gure ustez hitz-segida ohikoak baitira, berezitasun morfologiko, sintaktiko edo semantikorik gabeak. Hortaz, teorian, ez dute tratamendu berezirik behar, hitz bakoitzari dagokion ordaina emanda itzulpen onargarriak lortu beharko bailirateke.

## 3.2 *Konbitzul* datu-basea eta interfazea

Azterketa linguistikoetan lortu dugun informazioa publiko egiteko, datu-base bat sortu eta interneten eskuragarri jarri dugu, euskaraz eta ingelesez, bilatzaile-itxurako interfaze baten bidez: *Konbitzul*.

Bilatu nahi den testua idazteko hutsuneaz gain, hiru aukera-leiho daude bilaketa-irizpideak zehazteko: batetik, hizkuntza-norantza (euskaratik gaztelaniara ala gaztelaniatik euskarara); bestetik, idazten den testuaren forma (konbinazio osoa, aditza edo izena); eta hirugarrenik, bilatu nahi den konbinazioaren egitura. *Asmatu* aditza bilatuta, adibidez, 1. irudiko emaitzak agertzen dira: hiru konbinazio eta hiru ordain.




1 Figure: Interfazearen itxura

Ordain bakoitzak [+] zeinu txiki bat dauka aldamenean. Gainean klik eginda, gure azterketetan analizatutako ezaugarri guztiak biltzen dituen koadrotxo bat agertzen da.

Adibidez, 2. irudian, *arnasa hartu* konbinazioa eta sei ordain ageri dira. *Tomar aire*ren koadrotxoa irekita dagoenez, datuok ikus daitezke: euskarazko izenak absolutibo-marka du; gaztelaniazko ordaina aditz batez eta izen batez osatuta dago; euskarazko izenaren mugatasuna zalantzazkoa da, eta gaztelaniazkoa mugagabea; izenak ez dira baliokideak Elhuyar hiztegiaren arabera, baina aditzak bai; konbinazio-parea Elhuyar gaztelania-euskara hiztegitik erauzi da.




2 Figure: Informazio linguistikoa *Konbitzul*en

## 4 Ondorioak eta etorkizuneko lanak

*Konbitzul* datu-basea azterketa linguistiko baten emaitza da, eta euskarazko eta gaztelaniazko 5.604 izen+aditz konbinaziori eta horien 12.979 ordaini buruzko informazioa biltzen du. Gure azterketak bi oinarri izan ditu orain arte: batetik, Elhuyar hiztegi elebidunetako hitz-konbinazioak landu ditugu, eta, bestetik, konbinazio horiek corpus paralelo batean bilatu ditugu, testu errealetan zenbat eta nola erabiltzen diren ikusteko.

Hiztegi elebidunen azterketan lortu ditugun emaitzek argi uzten dute izen+aditz konbinazioen itzulpena zeinen konplexua den eta, ondorioz, zenbateraino den beharrezkoa hizkuntza-aplikazio aurreratuetan tratamendu egoki bat ematea, itzulpen automatikoan adibidez. Hori dela eta, hurrengo azterketa itzultzaile automatiko baten emaitzak hobetzera bideratu dugu, gaztelaniazko konbinazioak ondo detektatzeko beharrezko diren ezaugarriei garrantzi berezia emanda eta behar duten tratamenduaren arabera multzokatuta.

Lortu dugun informazio linguistikoa itzultzaile automatikoetan integratzea izango da gure ondorengo pausoa, itzulpenen kalitatea zenbateraino hobetzen den jakiteko. Horrez gain, informazio sintaktiko-semantikoa erabilgarria izan ote litekeen ere aztertu nahi dugu, orain arteko lanarekin alderatu eta sistema hobetzeko metodorik baliagarriena zein den ikusteko.

Lan honetatik eratorritako emaitza guztiak eskuragarri daude sarean, eta edozein erabiltzailek du aukera aztertu ditugun hitz-konbinazioen gainean bilaketak egiteko. Izan ere, hitz-konbinazioak hain fenomeno linguistiko konplexua izanik, sortu dugun baliabidea erabilgarria izango delakoan gaude, Hizkuntzaren Prozesamenduan dabiltzanentzat ez ezik, baita bestelako hainbat erabiltzailerentzat ere, hizkuntzalariak, itzultzaileak eta euskara-ikasleak tarteko.

## Eskerrak

Doktoretza aurreko ikerketa-lan hau Ekonomia eta Lehiakortasun Ministerioko diru-laguntza bati esker egin ahal izan dugu (BES-2013-066372), SKATeR (TIN2012-38584-C06-02) eta QTLeap (FP7-ICT-2013.4.1-610516) proiektuen barruan. Elhuyarren laguntza ere ezinbestekoa izan da, haiek eman baitigute lanaren abiapuntutzat erabili dugun materiala. Era berean, eskerrak eman nahi dizkiegu Ruben Urizarri eta Mikel Artetxeri ere, gurekin jardun baitute proiektu honetan, lehenak aholkulari-lanetan, eta bigarrenak bilaketak egiteko interfazea prestatzen.

## Erreferentziak

Alonso Ramos, Margarita. 1995. Hacia una definición del concepto de colocación: de JR Firth a IA Mel'cuk.

Baldwin, Timothy, eta Su Nam Kim. Multiword expressions. *Handbook of Natural Language Processing, second edition* .

Berro, Ane. 2010. Unergative Predicates in Basque Varieties: Consequences for the Ergative Case Asignment. Master tesia. UPV-EHU.

Corpas Pastor, Gloria. 2001. La traducción de unidades fraseológicas: técnicas y estrategias. *La lingüística aplicada a finales del siglo XX. Ensayos y propuestas, Alcalá, Universidad de Alcalá* 2.779–787.

Gurrutxaga, Antton. 2014. Idiomatikotasunaren karakterizazio automatikoa: izena+aditza konbinazioak. Doktoretza tesia. UPV-EHU.

Howarth, Peter. 1998. Phraseology and second language proficiency. *Applied linguistics* 19.24–44.

Iñurrieta, Uxoa, Itziar Aduriz, Arantza Díaz de Ilarraza, Gorka Labaka, eta Kepa Sarasola. 2014. Izen+aditz konbinazioen azterketa elebiduna, hizkuntza-aplikazio aurreratuei begira. *Linguamática* 6.45–55.

Levin, Beth. 1983. On the Nature of Ergativity. Doktoretza tesia. MIT.

Rafel, Joan. 2004. Los predicados complejos en español. In *Las fronteras de la composición en lenguas románicas y en vasco*, 445–534. Servicio de Publicaciones.

Rodríguez, Sonia, eta Fernando García Murga. 2003. IZEN+EGIN predikatuak euskaraz. *Euskal Gramatikari eta literaturari buruzko Jardunaldiak XXI. mendearen atarian (I-II)* 1.417–436.

Sag, Ivan A, Timothy Baldwin, Francis Bond, Ann Copestake, eta Dan Flickinger. 2002. Multiword expressions: A pain in the neck for NLP. In *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*, 1–15. Springer.

Sanz Villar, Zuriñe. 2011. Alemanetik euskarara itzulitako unitate fraseologikoen azterketarako jarraibideak. *Senez: itzulpen aldizkaria* 41.125–139.

Seretan, Violeta. 2013. On Collocations and Their Interaction with Parsing and Translation. In *Informatics*, volume 1, 11–31. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Silberztein, Max. 1990. Le dictionnaire électronique des mots composés. *Langue française* 71–83.

Urizar, Ruben. 2012. Euskal lokuzioen tratamendu konputazionala. Doktoretza tesia. UPV-EHU.

Wehrli, Eric, Violeta Seretan, Luka Nerima, eta Lorenza Russo. 2009. Collocations in a rule-based MT system: A case study evaluation of their translation adequacy. In *Proceedings of the 13th Annual Meeting of the European Association for Machine Translation*, 128–135.

Zabala, Igone. 2004. Los predicados complejos en vasco. In *Las fronteras de la composición en lenguas románicas y en vasco*, 445–534. Deustuko Unibertsitatea.

# [õ] sudurkarituaren igoera ekialdeko euskalkietan

Egurtzegi, A.
*Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)*
*ander.egurtzegi@ehu.es*

***Laburpena***

Lan honetan euskarazko /o/ erdiko atzeko bokalaren igoera aztertzen da. Bilakabide hau fonetikoki sudurkarituriko [õ]-ren igoera bezala deskriba daitekeela proposatuko da. Hots-eredu hau batez ere zubereran eta erronkarieren garatu zen, nahiz eta ekialdeko beste euskalkietan ere aurki daitekeen. Hots aldaketa hau sudurkaritasunaren berezko anbiguotasun fonetikoaren bitartez azaltzea proposatuko da, ambigutasun hau F1-en eremuan "formante sudurkariak" gehitzeak eragiten duela. Laburbilduz, lan honek deskribapen fonologikoak erraz azaltzen ez duen baina fonetikoki arazorik gabe azal daitekeen hots-eredu bat aurkezten du, fonetikaren garrantzia ikerketa historiko eta fonologikoan azpimarratzen delarik.

Hitz gakoak: bokal igoera, bokalen sudurkaritasuna, euskara, hots aldaketa, fonologia, fonetika.

***Abstract***

*In this paper I analyze the raising of the mid back vowel /o/ in Basque. I will propose that this process is more accurately described as raising of phonetically nasalized [õ]. This sound pattern is primarily found in Zuberoan and Roncalese, although it is present, to a lesser degree, in other eastern Basque dialects. This sound change is accounted for by means of the phonetic ambiguity in vowel height inherent to nasalization. This ambiguity is caused by the addition of "nasal formants" to the F1 space. In short, this paper analyzes a sound pattern that cannot be easily accounted for by means of phonological description but is straightforwardly explained in phonetic terms, emphasizing the importance of phonetics in historical and phonological research.*

*Keywords: Vowel Raising, Vowel Nasalization, Basque, Sound Change, Phonology, Phonetics*

## 1. Sarrera

Euskalki moderno guztiek 5 bokal "kardinalak" /a, e, i, o, u/ dituzte, hauei zubereran seigarren bokal kualitate kontrastibo bat —/y/ goiko bokal biribildu aitzinatua, alegia— gehitu behar zaiela. Bokal hau beste euskalkietako /u/-ri dagokio sistematikoki eta segmentu horretatik erator daiteke konparazio dialektalaren bidez. Halere, /u/-tik ezberdin daiteke, testuinguru fonologiko zenbaitek aitzineratzea eragotzi zutelako (cf. Egurtzegi 2014, 2015) eta zubereraren barnean /u/ berriak sortu zirelako zenbait /o/-ren igoeraren ondorioz.

Esan bezala, /o/ orokorraren zenbait adibide /u/ bihurtu ziren zubereraz. Bokal igoera hau ekialdeko gainontzeko euskalkietan ezaguna da, bertan oso esporadikoa izan arren. Nahiz eta zuberera eta erronkarieran igoera prozesu hau oso emankorra izan zen, ez zen sistematikoa izan bertan ere. Hedapen lexikoaren (Labov 1994: 542) ondorioz, prozesuak salbuespenak ditu, bai igoera jasan ez duten item lexikoetan eta baita hizkera zenbaitetan baino igo ez diren hitzetan (cf. *konpasionea*, *gizun* vs. *gizon*, etab).

Nahiz eta hots aldaketa hau bibliografian ezaguna den (cf. Mitxelena 1977 [2011]: 43; Martínez-Areta 2013: 62; Zuazo 2008: 44-45, etab.), aurreko autoreek ez dituzte bilakabide honen testuinguru fonologikoak zehaztu.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Mitxelenari jarraikiz,[1] aurreko autoreek zuberera modernoak /o/-ren ordezko /u/ erakusten duen testuinguru fonologikoak /n/ aurretik eta "zehazteko zailak diren beste zenbait testuinguruetan" kokatu izan dituzte (cf. Egurtzegi 2013: 132; Martínez-Areta 2013: 62; Zuazo

1 "Las condiciones del cierre de *o en u [...] no pueden precisarse tanto como las de *u > ü" (Mitxelena 1977 [2011]: 43).

2008: 44-45, etab.). Prozesu hau baldintzatu zuen testuinguru fonetikoa, beraz, ez da bibliografian orain arte nahi genukeen punturaino zehaztua izan.

Lan honen helburu nagusia zubereraren /o/-ren igoerari eta bilakabide honen testuinguruei dagozkien deskribapenak berrikusi eta sendotzea da. Horretarako, aurreko bibliografia berrikustearekin batera, autore eta garai ezberdinetako testu zuberotarretan dagozkigun hots-ereduen adibideak identifikatu eta analizatu dira. Honakoa modu aleatorioan hautatutako *Orotariko Euskal Hiztegiaren* (Euskaltzaindia 1987-2005) 500 orrialde baino gehiago ikuskatu ostean eraman da aurrera. Ikerketa horren ondorioz sortutako korpusetik hartutako hitz zerrenda 3.1 atalean aurkezten da.

Analisi berri bat aurkeztearekin batera, lan honek deskripziotik haratago joatea du helburu, azalpenerako ahalegin bat aurkeztuaz. 3.2 atalean, landutako bokal igoera prozesuaren eragilea bilatzeko proposamen bat garatuko da, sorburu hau fonetikoki beha daitezkeen fenomenoetan oinarrituko delarik.

## 3. [õ]-ren igoera euskaraz eta munduko beste hainbat hizkuntzan

Lan honetan proposaturiko analisi berriaren arabera, /o/-ren igoera esporadikoak fonetikoki sudurkaritua den edozein /o/ erasan dezake. Hau da, o > u igoerak kontsonante sudurkari baten inguruan egotearen ondorioz fonetikoki sudurkariturik dauden /o/-ak eragiten ditu, [õ] > [ũ] aldaketa sinple bat proposatzeko aukera ematen digularik.

Nahiz eta bilakabide hau ekialdeko euskalki guztietan aurki daitekeen, ikerketa honetan zubereraren adibideak erabili dira, dagokigun prozesua euskalki horretan besteetan baino emankorrago izan zelako.

### 3.1 /o/-ren igoeraren testuinguruak zubereraz

Atal honetan kontsonante sudurkari ezberdinen alboan gertatutako igoerak zerrendatzen dira. Esan bezala, zubereraz [õ] > [ũ] igoera gertatu zela proposatuko da lan honetan. Honek esan nahi du /o/-ren igoera bokal hau edozein kontsonante sudurkarirekin kontaktuan egonda gerta zitekeela (edozein sudurkarirekin kontaktuan egoteak fonetikoki sudurkaritu baitezake edozein bokal euskaraz) eta baita bokala bera kontrastiboki sudurkaritua zenean ere (/õ/, cf. Egurtzegi 2014). Bi testuinguru talde hauek oinarritzat hartuta (i.e. kontsonante sudurkariaren presentzia dagoen edo bokala bera sudurkaria den), lotutako bi bokal igoera prozesu deskribatuko ditugu.

#### 3.1.1 /o/-ren igoera kontsonante sudurkari batekin kontaktuan

Igoeraren testuinguru fonologikoak, beraz, kontsonante sudurkari guztiekiko kontaktua hartzen du barne, kontsonante hauek bai bokalaren aurretik bai ostean izan daitezkeela. Bilakabide hau, zubereraz indar gehien izan duen arren, iparraldeko beste euskalkietan ere aurki daiteke.

(1) [n]ren inguruan:

a) _n.: *hun*, *gizun*.

b) _.n: *hunen*, *hunat*, *bunet*, *unesta*, *persuna*, *estunatü*.

c) .n_: *nurk*, *nurbait*, *nula*, *nuble*.

(2) [m]ren inguruan:

a) _m.: *zunbait* , *trunpa*.

b) _.m: *erresuma*.

c) .m_: *amurio*, *amure*, *musde*, *muda*, *mulde*, *muldatü*, *mutz*.

(3) [ɲ]ren inguruan:

a) _ ɲ.: *su*(*i*)*ñ*, *zu*(*i*)*ñ*, *hu*(*i*)*ñ*, *amuin*.

b) _.ɲ _: *uñu*.

c) .ɲ_: *-ño* > *-ñu*: *libürüñu*, *gaxoñu*.

(4) Sudurkariaren alofono ezberdinen aurrean:

a) _n̪.: *arrunt*, *kuntre*, *khuntatü*, *kunte*, *huntü*, *khuntü*, *kuntent*, *huntaz*, *ezkuntü*, *hundar*.

b) _n̻.: *untsa*, *kuntserbatü*, *munstra*.

c) _n̺.: *untzi*, *untza*.

d) _n̠.: *espunja*.

e) _ŋ.: *hunki*, *hunkallü*.

(5) [ñ̃]ren inguruan:

a) _.ñ̃_: *uñ̃ure*, *uñ̃uiñ*.

b) .ñ̃_: *iñ̃ur*, *iñ̃un*, *iñ̃ula*, *iñ̃uiz*, *anñ̃ua*.

Azken adibide taldeak igoera trabari sudurkariei lotzen ez zaiela erakusten du, sudurkaritasunari berari baizik, edozein [õ] igo daitekeelarik. (5) adibide taldeak /ñ̃/ laringal sudurkarituarekin (cf. Egurtzegi 2014) kontaktuan dauden bokalak batzen baititu.

### 3.1.2 /õ/-ren igoera sistematikoa zubereran

Azkenik, /'õ/-ren igoera sistematikoaren adibideak ere ematen dira. Igoera hau bokal azentudunean baino ez zen gertatu, bokal fonologikoki sudurkaritu guztiak azentudunak baitira zubereraz, kasu gehienetan hitzaren amaieran daudelarik (Egurtzegi 2014). (6) adibide taldeak fonologikoki sudurkarituak diren bokalen igoerak erakusten ditu. (6)-ko adibideek interes berezia dute, /õ/ eta /ũ/ fonemak /ũ/-ren alde neutralizatzea ekarri duen hots aldaketa erregular bat erakusten baitute (cf. Egurtzegi 2014). /õ/ kontrastiboki sudurkarituak garatu zituzten euskal hitzetaz gain, /õ/ > /ũ/ gaskoieratik hartutako hitzetan ere sistematikoa izan zen. Bilakabide hau zubereraz baino ez zen gertatu.

(6) Hitz amaierako /õ/ azentudunen igoera erregularra:

*ardũ*, *salũ*, *arratũ*, *leñ̃ũ*, *arrazũ*.

Aurkeztu berri diren [õ] > [ũ] bokal igoeraren adibideek ez dute /u/ > /y/ aitzineratzea (cf. Egurtzegi 2014, 2015) jasan. Honek pentsarazten du /u/ > /y/ igoera prozesua gertatu zenean hitz hauetako bokalak oraindik erdiko bokalak zirela (hau da, /o/ ziren eta ez /u/). Ondorioz, bokal igoera bilakabide hau /u/-ren aitzineratzearen ostekoa (edo, gehienez, garaikidea) dela esan genezake. Espero genezakeen bezala, testuinguru sudurkarian kokaturiko *u etimologikoa beste edozein /u/-ren modu berean aitzineratu zen, cf. *lagün*, *egün*, *zordün*, *nüzü*, *mündü*, *müga*, *lüma*, etab.

### 3.2 Bokalen sudurkaritasuna eta bokalen altuera

Bai bokal sudurkarituen igoera eta baita jaitsiera ere hots-eredu tipologikoki ezagunak dira. Beste hizkuntza askoren artean hurrengoetan aurki daitezke: frantses eta portuges erromantzeetan, irlandes eta bretoi zeltiarretan, bengali, maithili eta hindi indo-arioetan, eta beste zenbait hizkuntza indoeuroparretan armeniera eta holandesa kasu. Hizkuntza indoeuroparretatik kanpo, swahili bantu hizkuntzan, ewe bezalako beste Niger-Congo hizkuntzetan, havigannada (havyaka kannada) dravidikoan, mixtekiar eta zapotekiar oto-mangeetan, shiriana eta asháninka arawaka hizkuntzetan, seneca irokesean, Ginea Berriko fore eta gadsup hizkuntzetan, kiowa-apatxe athabaskarrean, inuit eskimo-aleutean eta Ipar Amerikako yuchi eta haida isolatuetan gertatzen dira bokal sudurkarituen igoera zein jaitsierak (Beddor et al. 1986: 198-199, ikusi Beddor 1982 hizkuntza bakoitzaren erreferentzietarako). Beddor-ek (1982) bokal oral eta nasalen arteko altuera ezberdintasunak erakusten dituzten 75

hizkuntza zerrendatzen ditu. Bhat (1975), Foley (1975), Ruhlen (1978) eta Schourup-en (1973) ere antzeko ikerketak aurki daitezke.

Zehatzago, holandesean (germaniarra), batak-ean (malayo-polinesiarra), eta khoekhoe edo nama khoe hizkuntzan testuinguruak sudurkarituriko /o/ eta /ɔ/ atzeko bokal ertainak igo ziren edozein kontsonante sudurkariren inguruan zeudenean (Beddor et al. 1986: 199). Bilakabide hau gorago ekialdeko euskalkientzako deskribatu dudan berbera da.

Bokal altu sudurkarituak jaitsi eta bokal baxu sudurkarituak igotzen diren bitartean, azterketa tipologikoak bi hots-eredu erakusten ditu erdiko bokal sudurkarituentzat (Beddor et al. 1986: 199, cf. Beddor 1982 and Maddieson 1984), sudurkaritasunaren jatorria beste segmentu bat den edo ez emaitzan eragina izan dezakeela. Erdiko bokalak jaitsi ohi dira inguruan segmentu sudurkaririk ez dagoenean, baina segmentu sudurkariekin kontaktuan daudenean igo egiten dira.

Oharpen honen ondorio izan daiteke (1-5)ko /o/ sudurkarituaren igoera orokorra eta (6)ko hitz amaierako /õ/ azentudunaren igoera sistematikoa bilakabide ezberdinak direla, erlazionaturik dauden arren. Honakoa prozesuen distribuzio dialektalari lot dakioke, /o/-ren igoera orokorra ekialdean hedatua dagoen bitartean /õ/-ren igoera zubereraz baino ez baita gertatzen (cf. Egurtzegi 2013: 126-127).

Badago azterketa tipologikoetatik atera daitekeen erdiko bokal sudurkarituei dagokien aipatu beharreko beste asimetria bat: aitzineko erdiko bokalak jaitsi ohi dira erdiko atzeko bokalak igo ohi diren bitartean. Ekialdeko euskalkien kasuan ere, /o/ erdiko atzeko bokala igotzen da, aitzineko /e/ bere horretan geratzen delarik.

Munduko hizkuntza askotan aurki daitekeen bilakabidea izanda, hots-eredu honentzako azalpen fonetikoki natural bat dagoela pentsa daiteke. Bibliografian murrizketa artikulatorio, akustiko eta hautematezkoak aipatzen dira bilakabide honentzako (ikus Beddor et al. 1986 ikuspuntu bakoitzaren inguruko bibliografiarentzako).

Akustikoki, altuera anbiguitatea ahokatze sudurkariari egotzi ohi zaio. Bi traktuen ahokatzeak polo-zero bikote bat gehitzen dio espektru bokalikoaren frekuentzia baxuenei (cf. Fant 1960). Polo sudurkariak (formante sudurkaria) eta zero sudurkariak batak bestea ezeztatzen dute, baina egiterakoan lehenengo formantea (F1) aldatzen dute. Aldaketa hau handitu egiten da produkzioan izandako ahokatze mailarekin batera, honekin formante sudurkaria gailentzen baita. Beddor et al.-ek (1986) F1-en frekuentziaren aldaketa hau bokal ezberdinetan irudikatzen duten grafikoak ematen dituzte. Formante sudurkariaren frekuentzia F1-ena baino baxuagoa da beheko bokaletan eta F1 baino altuagoa goiko bokaletan, honakoa azterketa tipologikotik ateratako deskribapen orokorrei egokitzen zaiela: bai goiko eta baita beheko bokal sudurkarituak erdikotzat hautematen dira (Wright 1980, cf. Beddor et al. 1986: 202).

Aipatu diren erdiko bokalen asimetriei dagokienez, Beddor-ek (1982) hizkuntza ezberdinetako bokal sudurkari eta ahokarien astuntasun zentroak neurtu zituen, [õ]-ren astuntasun zentroa [o]-rena baino baxuagoan dela eta [ẽ]-ren astuntasun zentroa [e]-rena baino altuagoa dela ikusi zuelarik. Honakoa /o/ sudurkarituaren igotzeko joera eta /e/ sudurkarituaren jaisteko joerarekin bat dator (cf. Beddor et al. 1986).

Bokal sudurkarituen altuera anbiguitatea erakusten duten hautemate esperimentuak egon dira. Krakow et al.-ek (1988) ingelesa ama hizkuntzatzat zuten entzuleek bokal sudurkarituak haien ordain ahokarien altuera ezberdinekin hautematen zituztela erakutsi zuten, bokalak /n/-ren aurrean zeudenean izan ezik, kokapen horretan sudurkaritasuna testuinguru fonologikoari egozten zietelako, pentsatzekoa denez. Esperimentu honek entzuleek, sudurkaritasunaren iturria aurkitzeko ezintasunaren aurrean, bokalen sudurkaritasuna bokal ahokarien altuera ezberdintasun bezala interpreta dezaketela erakusten du, bokal sudurkari fonemikorik ez duten hizkuntzetan batez ere. Hautemate anbiguitate honek sudurkaritze kontrastiboaren sorreran garrantzia izan dezake:

> One account of phonemicisation of vowel nasalisation with concomitant nasal consonant loss is that the perceptual salience of vowel nasality increased as the perceptual salience of the conditioning nasal consonant decreased (see Kawasaki 1986). However, at the transition stage,

> distinctive vowel nasalisation is not fully integrated into the language. If listeners do not expect non-contextual nasal vowels but also do not perceive the now weakened nasal consonant, then they might attribute the acoustic effects of vowel nasalisation to either (a) nasal coupling, (b) change in tongue configuration, or (c) both nasal coupling and change in tongue configuration. Under these conditions, we would expect /VN/ or /NV/ to result historically in (a) /Ṽ/ with nasalisation but no height change, (b) /V'/ with height change but no nasalisation, or (c) /Ṽ'/ with height change and nasalisation. (Beddor et al. 1986: 211).

Nahiz eta autoreek azkenengo aukera tipologikoki ez ohikoagotzat aurkezten duten, frantsesaren kasua aipatzen dute, zeinetan beheko bokal sudurkarituak testuinguruak sudurkarituriko erdiko bokaletatik garatzen diren. Beddor et al.-ek (1986: 211) jaitsiera eta sudurkaritze kontrastiboaren arteko kronologia erlatiboan kontsentsurik ez dagoela aipatzen dute (cf. Entenman 1977; Haden eta Bell 1964; Martinet 1965; Pope 1934), bi aldaketak batera gertatu zirela iradokiz.

Zubereran gertatutako hitz amaierako /'õ#/ sudurkaritu azentudunaren garapena antzerakoa dela proposatzen dugu. Nahiz eta lotuta egon daitezkeen, /'õ#/ > /'ũ#/ igoera eta [õ] > [ũ] orokorragoa prozesu ezberdinak dira. Literatura fonetikoak testuinguruak sudurkarituriko bokalen igoera eta testuingururik gabeko bokal sudurkariena bereizten ditu (cf. Beddor et al. 1986), eta bi igoera prozesuek isoglosa ezberdinak erakusten dituzte ekialdeko euskalkietan: [õ]-ren igoera iparralde zabalean aurki daitekeen bitartean, /õ/-ren igoera zubereraz baino ez zen gertatu (cf. Mitxelena 1977 [2011]: 38, 43-45; Egurtzegi 2014). Krakow et al.-en (1988) hautemate esperimentuak sudurkaritasun kontrastiborik ez duten hizkuntzetan testuinguru ahokarietan dauden bokal sudurkarituen anbiguotasuna handia dela iradokitzen du, eta honakoa zubereraren sudurkaritasun fonemikoa /'õ#/ > /'ũ#/ igoerarekin batera garatzearekin bat dator. /'õ#/ > /'ũ#/ igoeraren izaera sistematikoa testuinguru honen berrinterpretazio ez-etimologikorako joera handiagoaren ondorio izan daiteke (Krakow et al. 1988).

Erdiko atzeko bokalen igoerak bi prozesu ezberdinetan bereizi ditugu: [õ] > [ũ] igoera orokorragoa, ekialdeko euskalki askotan aurki daitekeena, eta /'õ#/ > /'ũ#/ hitz amaierako (fonemikoki) sudurkarituriko erdiko atzeko bokalaren igoera. Bokal sudurkarituen igoera F1-en eremuan gehitzen diren bi formante sudurkarien gehiketak sorturiko anbiguotasunaren ondorioa dela aldeztu da, honek bokalen altueran aldaketak ekar ditzakeelako (Beddor et al. 1986), batez ere bokalen sudurkaritasun kontrastiborik ez duten hizkuntzetan. Hots-eredu honen orokortzeetan ikus daitekeen hots aldaketaren norabidea bokalen astuntasun zentroen neurketekin bat dator (Beddor 1982). /'õ#/ > /'ũ#/ aldaketaren izaera sistematikoa hots-eredu honetan testuinguru sudurkaririk ez egotearen ondorio izan daiteke, honek bokalen sudurkaritasun kontrastiborik ez duten hizkuntzetan entzuleak sudurkaritasunaren ondoriozko bariazio fonetikoa ahoari balegokio bezala berranalizatzea errazten baitu (Krakow et al. 1988).

## 4. Ondorioak

Lan honetan ekialdeko euskalkietako atzeko erdiko bokal sudurkarituaren igoera landu da. [õ]-ren igoerak bi azpi-prozesu ezberdinetan bereizi dira: ekialdeko zenbait euskalkitara zabaldutako [õ] > [ũ] eta zubereraz baino gertatu ez zen hitz amaierako /'õ#/ > /'ũ#/.

Bokal sudurkarituen igoera F1-en eremuan gehitzen diren bi formante sudurkarien gehiketak sorturiko anbiguotasunaren ondorioa dela aldeztu da, anbiguotasun honek entzulearen berrinterpretazioaren ostean bokalen altueran aldaketak ekar ditzakeelako (Beddor et al. 1986). Aldaketa hauek batez ere euskararen kasuan bezala bokaletan sudurkaritasun oposaketa indartsurik ez duten hizkuntzetan gertatzen dira. Hots-eredu honen orokortzeetan ikus daitekeen hots aldaketaren norabidea bokalen astuntasun zentroen neurketekin bat dator (Beddor 1982).

/'õ#/ > /'ũ#/ aldaketaren izaera sistematikoa hots-eredu honetan testuinguru sudurkari kontsonantikorik ez egotearen ondorio izan daiteke, honek entzulearen sudurkaritasunaren ondoriozko bariazio fonetikoa ahoari balegokio bezala berranalizatzea errazten baitu bokalen sudurkaritasun kontrastiboaren presentzia handirik ez duten hizkuntzetan (Krakow et al. 1988).

Zubereraren sudurkaritasunaren domeinu mugatuak, aurretik gertatutako aitzineratzeak (Egurtzegi 2014, 2015) /u/-ren eremuan utzitako lekuarekin batera, [õ] bokal sudurkarituaren igoera erraztu du.

Honenbestez, aurreko lanetan guztiz azaldu gabe geratu zen bilakabide fonologiko bat ikerketa fonetikoaren bidez hobeto uler daitekeela erakutsi nahi izan dugu.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honek (eta aurreko zenbaitek, cf. Egurtzegi 2014) ikerketa fonetikoak hizkuntza baten garapen historikoa aztertzerakoan izan dezakeen garrantzia erakutsi nahi izan dute. Ikuspegi fonetiko batek ez du soilik fonologia klasikoak eskainitako azalpenak fintzeko balio, arazo zaharrak konpondu zein bide berriak irekitzeko erabili daitekeen baliabidea izan daiteke ere. Ikerketa honetan erabilitako ikuspegia euskararen historian arazoak sortu izan dituzten beste hainbat gaiei ere aplika dakioke.

## 6. Erreferentziak

Beddor, P.S. (1982). *Phonological and phonetic effects of nasalization on vowel height*. Doktorego tesia, University of Minnesota, Indiana University Linguistics Club-ak berrargitaratua.

——————— , R.A. Krakow eta L.M. Goldstein (1986). "Perceptual constraints and phonological change", *Phonology*, 3, 197-217.

Bhat, D.N.S. (1975). "Two Studies on Nasalization", in C.A. Ferguson, L.M. Hyman eta J.J. Ohala (arg.), *Nasálfest: Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization*, Standford University Press, Standford, 27-48.

Egurtzegi, A. (2013). "Phonetics and Phonology", in M. Martínez-Areta (arg.), *Basque and Proto-Basque. Language-Internal and Typological Approaches to Linguistic Reconstruction* [*Mikroglottika* 5], Peter Lang, Frankfurt am Main, 119-172.

——————— , (2014). *Towards a phonetically grounded diachronic phonology of Basque*. Doktorego tesia, Euskal Herriko Unibertsitatea.

——————— , (2015). "Zubereraren /y/: bere sorrera eta hedapenaren inguruan", in R. Gómez eta M.J. Ezeizabarrena (arg.), *Eridenen du zerzaz kontenta. Sailkideen omenaldia Henrike Knörr irakasleari (1947-2008)*, UPV/EHUren Argitalpen Zerbitzua, Bilbo.

Entenman, G. (1977). *The development of nasal vowels*. Doktorego tesia, University of Texas at Austin.

Euskaltzaindia (1987-2005). *Orotariko Euskal Hiztegia* (16 liburuki), Euskaltzaindia, Bilbo [http://www.euskaltzaindia.net/oeh].

Fant, G. (1960). *Acoustic theory of speech production*, Mouton, The Hague.

Foley, J. (1975). "Nasalization as Universal Phonological Process", in C.A. Ferguson, L.M. Hyman eta J.J. Ohala (arg.), *Nasálfest: Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization*, Standford University Press, Standford, 197-212.

Haden, E.F. eta E.A. Bell, Jr. (1964). "Nasal vowel phonemes in French", *Lingua*, 13, 62-69.

Kawasaki, H. (1986). "Phonetic explanation for phonological universals: the case of distinctive vowel nasalization", in J.J. Ohala (arg.), *Experimental phonology*, Academic Press, New York, 81-103.

Krakow, R.A., P.S. Beddor, L.M. Goldstein eta C.A. Fowler (1988). "Coarticulatory influences on the perceived height of nasal vowels", *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 1146-1158.

Labov, W. (1994). *Principles of Linguistic Change Vol. 1: Internal Factors*, Blackwell, Oxford.

Maddieson, I. (1984). *Patterns of Sounds*, Cambridge University Press, New York.

Martinet, A. (1965). "Les voyelles nasales du français", *Linguistique*, 2, 117-122.

Martínez-Areta, M. (2013). "Basque Dialects", in M. Martínez-Areta (arg.), *Basque and Proto-Basque. Language-Internal and Typological Approaches to Linguistic Reconstruction* [*Mikroglottika* 5], Peter Lang, Frankfurt am Main, 31-87.

Mitxelena, K. (1977 [2011]). *Fonética histórica vasca* (*Luis Michelena. Obras Completas* VI, *ASJUren Gehigarriak*, 59), Donostia-San Sebastián, Gipuzkoako Foru Aldundia.

Pope, M.K. (1934). *From Latin to Modern French*, Manchester University Press, Manchester.

Ruhlen, M. (1978). "Nasal Vowels", in J.H. Greenberg, C.A. Ferguson eta E.A. Moravcsik (arg.), *Universals of Human Language, Vol. 2: Phonology*, Standford University Press, Standford, 203-242.

Schourup, L. (1973). "A Cross-Language Study of Vowel Nasalization", *Ohio State Working Papers in Linguistics*, 15, 190-221.

Wright, J. (1980). "The Behavior of Nasalized Vowels in the Perceptual Vowel Space", *Report of the Phonology Laboratory (University of California Berkeley)*, 5, 127-163.

Zuazo, K. (2008). *Euskalkiak. Euskararen dialektoak*, Elkar, Donostia-San Sebastián.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau Egurtzegi (2014)-tik eratortzen da. Lan honek Eusko Jaurlaritzako ikertzaileen prestakuntza programaren (2010-385), "Historia de la Lengua Vasca y Lingüística Histórico-Comparada" (IT698-13) eta Ministeritzako "Monumenta Linguae Vasconum (IV): Textos Arcaicos Vascos y Euskera Antiguo" (FFI2012-37696) ikerketa egitasmoen eta UPV/EHU-ko UFI 11/14-aren diru-lagunatza jaso du. Juliette Blevins, Joseba Lakarra eta José Ignacio Hualderi eskerrak ematen dizkiet aurreko bertsio bati egindako iruzkinengatik, eta baita ebaluatzaile anonimo bati ere. Geratu diren akatsak nireak dira, noski.

# Euskarazko denbora-egituren tratamendu automatikorako azterketa

**Altuna, B.**

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). begona.altuna@ehu.eus

**Laburpena**

Hizkuntzaren prozesamenduan (HP) balio handikoa da denbora-informazioa, horrek kokatzen baititu testuko gertaerak kronologian edo horien iraupena adierazten baitu. Erauzitako informazio hori gertaerak noiz jazo diren jakiteko baliatu ahal izango da, baita gertaerak denboran zehar ordenatu edo etorkizunean zer gertatuko den aurrikusteko. Horiek lortzeko, ordea, denbora-egiturak eta euren ezaugarriak identifikatu eta tresna informatikoentzat atzigarri egin behar dira eta zeregin horietarako hizkuntza-baliabideak eta konputazio-baliabideak sortu behar dira.

**Hitz gakoak:** Denbora-informazioa, hizkuntzaren prozesamendua, corpusa, markaketa-lengoaia

**Abstract**

*Temporal information is very valuable on natural language processing (NLP), since it positions the events in the text on a timeline or shows their duration. That information will be employed to know when events have happened, as well as to order events in a timeline or forecast future events. So as to achieve those goals, temporal structures and their features have to be identified and available for automatic tools, and for these tasks linguistic and computational resources have to be developed.*

**Keywords:** Temporal information, natural language processing, corpus, mark-up language

## 1 Sarrera

Azken urteetan denbora-informazioaren analisia ikerketa ildo nabarmena bilakatu da hizkuntzaren prozesamenduaren (HP) esparruan; esaterako, TempEval lehiaketen ((Verhagen *et al.* 2007, 2010) eta (UzZaman *et al.*, 2012)) helburua informazio hori prozesatzeko sistemak sortzea izan da, denbora-egiturak edo erlazioak erauzteko sistemak, adibidez. Denbora-informazioa erauzteko, testuko gertaerak identifikatu behar dira, hala nola denborako uneak eta tarteak adierazten dituzten egiturak eta horiek erlazionatuko dituzten erlazio-egiturak. Testuko denbora-informazioa prozesatzeak, besteak beste, gertaerak denboraren arabera antolatzea ahalbidetuko du, baita denborazko galderei erantzutea ere informazio-erauzketa sistemetan. Denbora-informazio prozesatu hori baliatuko duten tresna informatikoek aukera eskainiko diote erabiltzaileari, adibidez, bilaketa aurreratuagoak galdera zuzenen bidez egiteko, enpresa bati buruzko iritziak noizkoak diren automatikoki identifikatzeko edo historia klinikoetan kausa-ondorio erlazioak bilatzeko.

Hiztun-komunitate bakoitzak era batera kontzeptualizatzen du denbora eta hala islatzen da erabiltzen dituen egituretan. Adibidez, euskaldunok *goizaldea* eguneko ataltzat hartzen dugu, baina frantsesek *gauetik* (nuit) *goizera* (matin) egiten dute jauzia zuzenean. Horregatik, hizkuntza bakoitzean denbora-egituren analisia egin behar da. Ingelesez (Pustejovsky *et al.*, 2003a), frantsesez (Bittar, 2010), italieraz (Caselli *et al.*, 2011), errumanieraz (Forăscu eta Tufiş, 2012), etab. lan eskerga egin da denbora-informazioaren prozesamenduan eta, euskarazko denbora-egituren analisian dihardugu egun, erdaretan bezala, denbora-informazioa prozesatu eta baliatu ahal izateko.

*Euskarazko denbora-egituren azterketa eta corpusaren osaketa* tesi-lana ildo horretan kokatzen da. IXA

ikerketa-taldearen[1] baitan egiten ari garen ikerketa da. Lanak helburu izango ditu euskarazko denbora-egituren analisia, denbora-informazioa batuko duen corpus baten sorrera eta denbora-informazio hori prozesatuko duten tresnen garapena. Horretarako, nazioarteko NewsReader[2] proiektuan egin dugun lana euskararako oinarritzat hartuko da eta bai IXA ikerketa-taldean bai Italiako Fondazione Bruno Kesslerren[3] existitzen diren tresnak euskarazko denbora-informazioa prozesatzeko egokituko dira edo berriak sortuko dira.

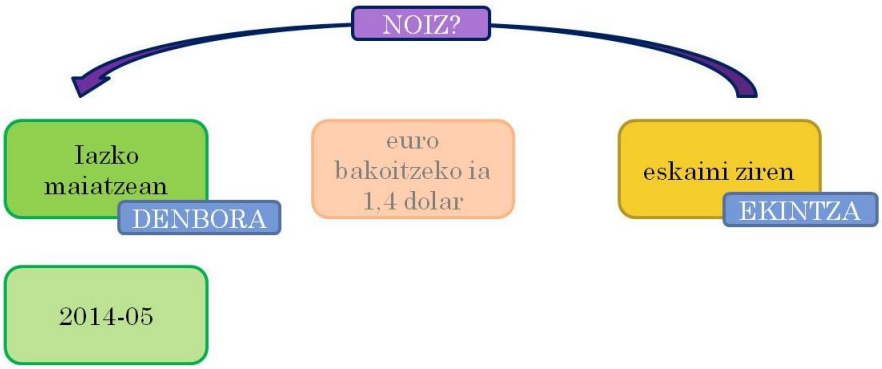
Esan bezala, hizkuntza bakoitzak bere denbora-egitura propioak ditu eta horiek hizkuntzaren arabera aztertu behar dira. Jarraian, (1) adibideko testu-zatian ageri diren euskarazko denbora-egitura batzuk nabarmendu eta horien deskribapena egiteko baliatu ditugu:

(1) Euroarekin eta Japoniako yenarekin **alderatuz**, hurrenez hurren, % 13 eta % 15 **igo da** billete berdearen **kotizazioa** *urtearen joanean*. *Iazko maiatzean* euro bakoitzeko ia 1,4 dolar **eskaini ziren**, eta *orain* 1,2 dolarren azpitik **mugitzen hasi da**. *Azken bederatzi urteotako* baliorik txikiena. (*Berria*, 2015-01-07)

Goiko (1) adibidean beltzez nabarmendu dira gertaerak, "gertatzen diren ekintzak eta egoerak". Horiek nagusiki aditzen (*alderatuz*, *igo da*, *eskaini ziren*, *mugitzen* eta *hasi da*) bidez adierazten dira, baina izenez (*kotizazioa*), adjektiboz edo adberbioz ere adieraz daitezke. Beren aldetik, kurtsibaz agertzen diren denbora-adierazpenak "denborako une edo tarte bat adierazten duten esamoldeak"dira eta izen sintagma (*urtearen joanean*, *iazko maiatzean* eta *azken bederatzi urtetako*) edo adberbio (*orain*) bidez gauzatzen dira batik bat. Aurreko denbora-egitura horiek detektatzeaz gain, egitura horien artean gauzatzen diren erlazioak ere esplizitu egin behar dira. 1. irudian ikus daitekeen moduan, "noiz?"galdetzailearen bidez adierazi da erlazio hori.

1 Irudia: Denbora-egiturak eta erlazioak

Iazko maiatzean euro bakoitzeko ia 1,4 dolar eskaini ziren.




Kronologiako unea, gertaera eta horien arteko erlazioa identifikatzeko prozesu hori automatikoki egin ahal izateko, hizkuntzaren prozesamendua egin behar da. Denbora-informazioaren analisi eta prozesamendua egiteko hainbat baliabide nagusi garatu behar dira: denbora-informazioa etiketatzeko markaketa-lengoaia (Pustejovsky *et al.*, 2003a) eta horren arabera etiketatzeko gidalerroak (TimeML Working Group, 2010) eta ikasketa automatikoko algoritmo eta corpus etiketatuak (Pustejovsky *et al.*, 2006). Jarraian ikusiko dira esparru bakoitzean egin diren aurrerapenak.

## 1.1 Markaketa-lengoaiak eta gidalerroak

Denbora-informazioaren prozesamenduan egindako lehenengo saiakerak MUC (Message Understanding Conferences) konferentzietan (Grishman eta Sundheim, 1996) egin ziren eta horien helburua denbora-adierazpenak identifikatzea zen. Gero `TIMEX2` markaketa-lengoaia (Ferro *et al.*, 2003) heldu zen, SGML-

[1]http://ixa.si.ehu.es/Ixa
[2]http://www.newsreader-project.eu/
[3]http://http://www.fbk.eu/

ren[4] bidez denbora-adierazpenak eta denborazko erlazio-esamoldeak markatzeko. Gertaerak etiketatzen lehena Setzer (2001) izan zen eta bere lana gaur egun estandar bihurtu den XMLn[5] oinarritutako TimeML (Pustejovsky *et al.*, 2003a) markaketa-lengoaiaren aitzindaria da. Egun TimeMLk du erabilerarik orokortuena eta hainbat hizkuntzatara moldatu da: frantsesa Bittar (2010), koreera Im *et al.* (2009), italiera Caselli *et al.* (2011), besteak beste.

TimeMLk etiketa sorta bat definituta du denbora-egiturak eta horien arteko erlazioak markatzeko:

- Denbora-egiturak:
  - `EVENT`. Gertaerak (ekintzak eta egoerak) etiketatzeko.
  - `TIMEX3`. Denbora-adierazpenak, denborako une edo iraupenak adierazten dituzten esamoldeak, etiketatzeko.
  - `SIGNAL`. Denborazko erlazio-hitz edo esamoldeak etiketatzeko.
- Erlazioak:
  - `TLINK`. Gertaera eta denbora-adierazpenen arteko erlazioak markatzeko.
  - `SLINK`. Gertaera nagusiaren eta bere mendekoaren arteko erlazioa markatzeko.
  - `ALINK`. Aspektuzko erlazioak markatzeko.

Etiketa horiek, halaber, denbora-egitura edo erlazioaren ezaugarriak nabarmenduko dituzten atributuak hartzen dituzte; esaterako, egituraren mota eta balio kronologikoa adierazten dutenak.

Eskuzko etiketatzerako, arestian aipatutako etiketa eta atributuen deskribapen eta azalpen linguistikoa ematen duten etiketatze-gidalerroak sortu dira. TimeMLren ingelesezko gidalerroen bertsiorik berriena 2010ekoa da eta ingeleseko denbora-egitura eta erlazioak markatzeko jarraibideak agertzen dira bertan, baita etiketatze-adibideak eta salbuespenak ere.

### 1.2 Corpusak

Denborazko markaketa-lengoaiak baliatuz corpusak etiketatu dira, TimeBank 1.1 (Pustejovsky *et al.*, 2003b) eta 1.2 (Pustejovsky *et al.*, 2006) corpusak edo WikiWars (Mazur eta Dale, 2010), nagusienak aipatzearren. Corpus horiek ikasketa automatikorako eta *gold standard* izateko sortu dira. Lehenak albisteak batzen ditu eta TimeML jarraituz etiketatu da. Bigarrenak, ordea, testu historiko luzeak batzen ditu, horietan denbora-adierazpen eta erlazioak albiste laburretakoak baino konplexuagoak baitira. WikiWarsen denbora-adierazpenak baino ez dira etiketatu `TIMEX2` markaketa-lengoaia baliatuz.

### 1.3 Tresna automatikoak

Denbora-informazioaren prozesamendurako tresna automatikoen baitan bi multzo egin behar dira; alde batetik, denbora-egiturak eta euren ezaugarriak identifikatzen eta etiketatzen dituzten tresnak eta, bestetik, denbora-informazio hori testuaren ulermenerako baliatzen duten tresnak.

Lehenengo multzoan, esaterako, etiketatzeko tresna automatikoak (Verhagen *et al.*, 2005), denbora-informazioa erauzteko tresnak (Strötgen eta Gertz, 2010), denbora normalizatzeko tresnak (Llorens *et al.*, 2012) edota gertaerak detektatzeko tresnak (Yaghoobzadeh *et al.*, 2012) aurki daitezke. Bestalde, bigarren multzoan, gertaerak iragartzeko tresnak (Radinsky eta Horvitz, 2013), etorkizuna antzemateko tresnak (Kawai *et al.*, 2010) eta denbora-lerroak sortzeko tresnak (Bauer *et al.*, 2014) daude besteak beste.

## 2 Ikerketaren helburuak

Gure tesi-lanaren helburu nagusia denbora-informazioaren tratamendu automatikoa egitea da, euskararen prozesamenduan urrats bat aurrera egiteko. Gure helburu nagusia lortzeko ondoko helburu zehatz hauek definitu ditugu:

[4] Standard Generalized Markup Language
[5] Extensible Mark-up Language

- Euskarazko denbora-egituren azterketa eta sailkapena
- Euskarazko denbora-egiturak markatzeko etiketatze-eskemaren deskribaketa
- Denbora-egiturak etiketatuta izango dituen corpusaren osaketa
- Euskarazko denbora-egiturak markatzeko tresnen egokitzapena
- Garatutako tresna automatikoen ebaluazioa

Helburu horiek lortzeko, ondoko atalean azalduko diren esperimentuak egin eta baliabideak garatu ditugu edo horiek sortzeko bidean ari gara.

Ingeles eta Europako beste hizkuntza batzuekin alderatuta, euskara baliabide gutxiko hizkuntza da, baina euskarazko testuen prozesamenduan aurrera eginez, IXA ikerketa-taldean baliabide sorta hori etengabe aberasten ari gara. Euskara hizkuntza eranskaria izanik, inguruko hizkuntzetan hartu diren prozesamendu-erabakiak horrentzat egokiak diren aztertu ahal izango dugu eta, koreerarekin batera (Im *et al.*, 2009), adibidez, baliabide gutxiago duten beste hizkuntza eranskari batzuentzat ere eredu izaten saiatuko gara.

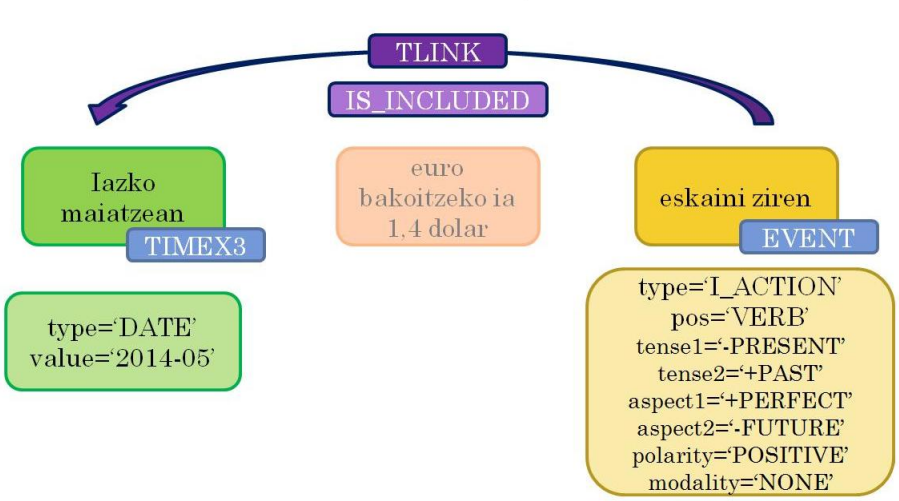
## 3 Ikerketaren muinak

Euskarazko denbora-informazioaren prozesamendua egiteko baliabideak sortzen ari gara. Lehenik eta behin, euskarazko denbora-egituren informazioa kodetzen duen markaketa-lengoaia osatzen ari gara. Markaketa-lengoaia hori baliatuta albiste ekonomikoz osatutako corpus bat eskuz etiketatzen ari gara, *gold standard*a sortzeko, etorkizunean tresna automatikoak ebaluatu ahal izateko. Jarraian datozen azpiataletan azalduko da egindako lana.

### 3.1 EusTimeML eta gidalerroak

Sarreran aipatu bezala, denbora-informazioa esplizitu egiteko markaketa-lengoaia bat baliatu behar da. Markaketa-lengoaia horretan denbora-egitura bakoitzari identifikatzen duen etiketa bat ematen zaio eta denbora-egituraren ezaugarriak atributu bidez adierazten dira. Euskarako TimeML markaketa-lengoaia jarraitu da, beste hainbat hizkuntzatan (ingelesa, italiera, frantsesa, koreera, errumaniera, etab.) egin den bezala. Halaber, NewsReader proiektuko etiketatze-gidalerroak (Tonelli *et al.*, 2014) eredutzat hartu dira. Euskararako atributu eta balio batzuk egokitu behar izan ditugu, denbora-egituren ezaugarriak ez baitira berdinak hizkuntza guztietan. Hala, EusTimeML eratzen ari gara eta horretan oinarrituta etiketatze-gidalerroak (Altuna *et al.*, 2014b) idatzi ditugu (Altuna *et al.*, 2014b).

2 Irudia: Denbora-egitura eta erlazioen analisia



2. irudian ikus daiteke sarrerako (1) adibideko gertaera bat eta denbora adierazpen bat nola etiketatu diren. Denbora-adierazpenek `<TIMEX3>` etiketa hartzen dute eta gertaerek `<EVENT>`. Etiketekin batera, horien atributu esanguratsuenak adierazi dira; denbora-adierazpenaren kasuan, mota (`type`) eta balioa (`value`) eta gertaeraren kasuan mota (`type`), kategoria (`pos`), *tempus*a (`tense1` eta `tense2`) eta aspektua (`aspect1` eta `aspect2`), polaritatea (`polarity`) eta modalitatea (`modality`). Gertaera eta denbora-adierazpenaren arteko denbora-erlazioak `<TLINK>` etiketa hartu du eta gertaera denborako une horretan jazo dela ikus dezakegu.

### 3.2 Esperimentazioa

Esperimentazioa hainbat fasetan gauzatu da. Lehen fasean denbora-adierazpenak eta denborazko erlazio-esamoldeak etiketatu dira. Hiru anotatzailek ekonomiaren inguruko 4 albiste, 56 esaldi orotara, baliatu dituzte denbora-adierazpenak eta erlazio-esamoldeak etiketatzeko. Lan hori baliatuta, gidalerroen argitasuna neurtu eta kasuistikaren deskribapen zabala eginda zegoen ebaluatu da (Altuna *et al.*, 2014a). Bigarren fasean gertaerak etiketatu dira eta hirugarren fasean, egituren arteko erlazioak etiketatzen ari gara. Fase bakoitzak eskuzko anotaziorako erabakiak hartzeko, gidalerroen egokitasuna ebaluatzeko eta *gold standard* corpusa sortzeko balio du. Esperimentazioan CELCT Annotation Tool[6] (CAT) (Bartalesi Lenzi *et al.*, 2012) etiketatzeko tresna erabili da. Tresna hori NewsReader proiektuan erabili dugu eta oso egokia da denbora-informazioaren anotaziorako.

Ondoko 1. eta 2. tauletan ikus daiteke etiketatzaileen arteko adostasuna esperimentazioaren lehen fasean, denbora-adierazpen zein erlazio-esamoldeetarako. Denbora-adierazpenetan % 96tik gorako adostasuna lortu da (1. taula), ataza ondo definitu delako seinale; erlazio-esamoldeetan (2. taula), ordea, emaitza apalagoak lortu dira, gidalerroen zehaztasun eza dela kausa, eta ondorioz, gidalerroak birdefinitu behar izan dira.

1 Taula: Denbora-adierazpenen (`TIMEX3`) etiketatzaileen arteko adostasuna

| **Etiketatzaile bikoteak** | **Micro-average (Markable)** | **Micro-average (Token)** | **Macro-average (Markable)** | **Macro-average (Token)** |
|---|---|---|---|---|
| A – B | 0.96 | 0.976 | 0.969 | 0.977 |
| A – C | 0.943 | 0.965 | 0.923 | 0.965 |
| B – C | 0.902 | 0.94 | 0.892 | 0.942 |
| Guztira | 0.935 | 0.96 | 0.928 | 0.961 |

2 Taula: Denbora erlazio-hitzen (`SIGNAL`) etiketatzaileen arteko adostasuna

| **Etiketatzaile bikoteak** | **Micro-average (Markable)** | **Micro-average (Token)** | **Macro-average (Markable)** | **Macro-average (Token)** |
|---|---|---|---|---|
| A – B | 0.75 | 0.75 | 0.79 | 0.79 |
| A – C | 0.556 | 0.556 | 0.479 | 0.479 |
| B – C | 0.444 | 0.444 | 0.393 | 0.393 |
| Guztira | 0.583 | 0.583 | 0.554 | 0.554 |

### 3.3 EusTime Corpusa

EusTimeML baliatuta denbora-informazioa batzeko EusTime izeneko corpusa sortzen ari gara. Corpusak egun ekonomiaren esparruko 17 albiste ditu eta esperimentaziorako erabili da. Albiste guztiak gai berari buruzkoak dira, testu barruko zein testu kanpoko informazioaren kudeaketa eta, nagusiki, gertaeren ordena zehaztea baita etorkizuneko helburuetako bat. Egun, ez dugu corpus homogeneorik eskaintzerik, anotazio fase bakoitzean dokumentu sorta bat baino ez baita erabili.

[6] `http://celct.fbk.eu:8080/CAT_WEB_APP/checkUsers`

## 4 Ondorioak

Euskarazko denbora-egituren azterketan euskarak berezkoak dituen egiturak eta ezaugarriak identifikatu ditugu ekonomia corpusean. Etiketatze-esperimentuan ikusi izan denez, ingelesezko TimeML eredua egokia da euskarazko denbora-informazioa adierazteko. Hala ere, egitura horiek adierazi ahal izateko euskararako etiketatze-irizpide berriak sortu behar izan ditugu, izan atributu edo balio berriak.

Egituren etiketen luzeran ere erabakiak hartu behar izan ditugu. Euskara hizkuntza eranskaria da eta TimeMLk token mailako etiketatzea proposatzen du. Ondorioz, ahalik eta informazio gehien nola adierazi adostu behar izan dugu. NewsReader proiektuan gaztelaniarako hartutako irizpide bat euskararako oso erabilgarri gertatu da, proiektu horretan token bati hainbat motatako etiketak esleitzea erabaki baita eta hori egin baita euskarazko etiketatzean ere. Hala, euskarazko denborazko menderagailudun aditz batek bi etiketa hatuko ditu (2) adibidean ikus daitekeenez:

(2) Menditik `<SIGNAL><EVENT>` zatozenean `<\EVENT><\SIGNAL>` eros ezazu, mesedez, ogia.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Euskarazko denbora-egituren azterketa eta deskribaketa egin ondoren, hurrengo pausoa denbora-informazioaren prozesamenduan murgiltzea da, denbora-egiturak erazagutzen, lehenik eta behin; gero, euren arteko erlazioak automatikoki sortzen eta, azkenik, gertaerak denboran kokatzen eta ordenatzen. Horretarako, eskuragarri dauden baliabide eta tresnak gure ikerketan nola erabili aztertuko dugu, zuzenean aplikatu edo beharrezko moldaketak egiteko, eta bai IXA taldean euskararako egindako tresnak, bai beste hizkuntzetarako sortutakoak izango ditugu kontuan.

Euskaraz badira hainbat mailatan etiketatutako corpusak; Euskararen Prozesamendurako Erreferentzia Corpusa (EPEC) (Aduriz *et al.*, 2006), berbarako, morfologia, sintaxi eta semantika mailetan etiketatua dago, eta horretan denbora-informazioa gehitzea izango da hurrengo urratsa. Denboraren arabera etiketatutako corpus handia sortzea da azken helburua, bere baitan izango duen informazioa tresna automatikoak trebatzeko erabili ahal izango baita.

Euskara hizkuntza eranskaria izanik, euskararako hartutako anotazio-erabakiak, prozesamendu erregelak eta abar beste hizkuntza eranskari batzuentzat baliabide erabilgarriak eskaintzea ere bilatzen jarraituko dugu gure lana nazioartean aurkeztuz.

## Erreferentziak


Aduriz, Itziar, María Jesús Aranzabe, Jose Mari Arriola, Aitziber Atutxa, Arantza Díaz de Ilarraza, Nerea Ezeiza, Koldo Gojenola, Maite Oronoz, Aitor Soroa, eta Ruben Urizar. 2006. Methodology and steps towards the construction of EPEC, a corpus of written Basque tagged at morphological and syntactic levels for the automatic processing. In *Corpus Linguistics Around the World*, ed. by Andrew Wilson, Paul Rayson, eta Dawn Archer, 1–15. Amsterdam (Netherland): Rodopi.

Altuna, Begoña, María Jesús Aranzabe, eta Arantza Díaz de Ilarraza. 2014a. Euskarazko denbora-egiturak. Azterketa eta etiketatze-esperimentua. *Linguamática* 6.13–24. `http://linguamatica.com/index.php/linguamatica/article/view/v6n2-1`.

——, María Jesús Aranzabe, eta Arantza Díaz de Ilarraza. 2014b. Euskarazko denbora-egiturak etiketatzeko gidalerroak. Technical report, Lengoaia eta Sistema Informatikoak Saila, UPV/EHU. UPV / EHU LSI / TR 01-2014. `http://ixa.si.ehu.es/Ixa/Argitalpenak/Barne_txostenak/1414871293/publikoak/Denbora-egiturak%20etikeatzeko%20gidalerroak`.

Bartalesi Lenzi, Valentina, Giovanni Moretti, eta Rachele Sprugnoli. 2012. CAT: the CELCT Annotation Tool. In *Proceedings of the Eight International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'12)*, ed. by Nicoletta Calzolari (Conference Chair), Khalid Choukri, Thierry Declerck, Mehmet Uur Doan, Bente Maegaard, Joseph Mariani, Jan Odijk, eta Stelios Piperidis, 333–338, Istanbul, Turkey. European Language Resources Association (ELRA).

Bauer, Sandro, Stephen Clark, eta Thore Graepel. 2014. Learning to identify historical figures for timeline creation from wikipedia articles. In *Proceedings of HistoInformatics2014 - the 2nd International Workshop on Computational History*, Barcelona, Spain.

Bittar, André, 2010. *Building a TimeBank for French: a Reference Corpus Annotated According to the ISO-TimeML Standard*. Paris: Universit Paris Diderot tesia. http://www.linguist.jussieu.fr/~abittar/docs/Bittar-PhD.pdf.

Caselli, Tomasso, Valentina Bartalesi Lenzi, Rachele Sprugnoli, Emanuele Pianta, eta Irina Prodanof. 2011. Annotating Events, Temporal Expressions and Relations in Italian: the It-TimeML Experience for the Ita-TimeBank. In *Proceedings of the 5th Linguistic Annotation Workshop*, 143–151, Association for Computational Linguistics, Portland, Oregon, USA.

Ferro, Lisa, Laurie Gerber, Inderjeet Mani, Beth Sundheim, eta George Wilson. 2003. TIDES 2003 Standard for the Annotation of Temporal Expressions. Technical report, MITRE, McLean, USA. http://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/ferro_tides.pdf.

Forăscu, Corina, eta Dan Tufiş. 2012. Romanian TimeBank: An Annotated Parallel Corpus for Temporal Information. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC-2012)*, ed. by Nicoletta Calzolari, Khalid Choukri, Thierry Declerck, Mehmet Ugur Dogan, Bente Maegaard, Joseph Mariani, Jan Odijk, eta Stelios Piperidis (Eds.), 3762–3766, Istanbul, Turkey.

Grishman, Ralph, eta Beth Sundheim. 1996. Message Understanding Conference-6: A Brief History. In *Proceedings of the 16th International Conference on Computational Linguistics (COLING)*, 466–471, Center for Sprogteknologi, Copenhagen, Denmark.

Im, Seohyun, Hyunjo You, Hayun Jang, Seungho Nam, eta Hyopil Shin. 2009. KTimeML: Specification of Temporal and Event Expressions in Korean Text. In *Proceedings of the 7th workshop on Asian Language Resources in conjunction with ACL-IJCNLP 2009*, 115–122, Suntec City, Singapore. Association for Computational Linguistics.

Kawai, Hideki, Adam Jatowt, Katsumi Tanaka, Kazuo Kunieda, eta Keiji Yamada. 2010. Chronoseeker: Search engine for future and past events. In *Proceedings of the 4th International Conference on Uniquitous Information Management and Communication*, ICUIMC '10, 25:1–25:10, New York, NY, USA. ACM. http://doi.acm.org/10.1145/2108616.2108647.

Llorens, Hector, Leon Derczynski, Robert J Gaizauskas, eta Estela Saquete. 2012. TIMEN: An Open Temporal Expression Normalisation Resource. In *Proceedings of the Eight International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'12)*, ed. by Nicoletta Calzolari (Conference Chair), Khalid Choukri, Thierry Declerck, Mehmet Uur Doan, Bente Maegaard, Joseph Mariani, Jan Odijk, eta Stelios Piperidis, 3044–3051, Istanbul, Turkey. European Language Resources Association (ELRA).

Mazur, Paweł, eta Robert Dale. 2010. WikiWars: A New Corpus for Research on Temporal Expressions. In *Proceedings of the 2010 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, EMNLP '10, 913–922, Stroudsburg, PA, USA. Association for Computational Linguistics. http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1870658.1870747.

Pustejovsky, James, José M Castaño, Robert Ingria, Roser Saurí, Robert J Gaizauskas, Andrea Setzer, Graham Katz, eta Dragomir R Radev. 2003a. TimeML: Robust Specification of Event and Temporal Expressions in Text. *New directions in question answering* 3.28–34.

——, Patrick Hanks, Roser Saurí, Andrew See, Robert Gaizauskas, Andrea Setzer, Dragomir Radev, Beth Sundheim, David Day, Lisa Ferro, eta Marcia Lazo. 2003b. The TimeBank Corpus. In *Proceedings of Corpus Linguistics 2003*, ed. by Dawn Archer, Paul Rayson, Andrew Wilson, eta Tony McEnery, 647–656, Lancaster, UK. UCREL, Lancaster University.

——, Marc Verhagen, Roser Saurí, Jessica Littman, Robert Gaizauskas, Graham Katz, Inderjeet Mani, Robert Knippen, eta Andrea Setzer. 2006. TimeBank 1.2. Technical report, Linguistic Data Consortium. https://catalog.ldc.upenn.edu/LDC2006T08.

Radinsky, Kira, eta Eric Horvitz. 2013. Mining the web to predict future events. In *Proceedings of the sixth ACM international conference on Web search and data mining*, 255–264. ACM.

Setzer, Andrea, 2001. *Temporal Information in Newswire Articles: An Annotation Scheme and Corpus Study*. Sheffield, UK: University of Sheffield tesia. ftp://ftp.dcs.shef.ac.uk/home/robertg/theses/setzer_thesis.pdf.

Strötgen, Jannik, eta Michael Gertz. 2010. HeidelTime: High Quality Rule-based Extraction and Normalization of Temporal Expressions. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Semantic Evaluation*, SemEval '10, 321–324, Stroudsburg, PA, USA. Association for Computational Linguistics. http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1859664.1859735.

TimeML Working Group. 2010. TimeML Annotation Guidelines version 1.3. Manuscript. Technical report, Brandeis University.

Tonelli, Sara, Rachele Sprugnoli, eta Manuela Speranza. 2014. NewsReader Guidelines for Annotation at Document Level. version 4.1. Technical report, Fondazione Bruno Kessler. http://www.newsreader-project.eu/files/2013/01/NWR-2014-2.pdf.

UzZaman, Naushad, Hector Llorens, James F. Allen, Leon Derczynski, Marc Verhagen, eta James Pustejovsky. 2012. TempEval-3: Evaluating Events, Time Expressions, and Temporal Relations. *CoRR* abs/1206.5333. http://arxiv.org/abs/1206.5333.

Verhagen, Marc, Robert Gaizauskas, Frank Schilder, Mark Hepple, Graham Katz, eta James Pustejovsky. 2007. SemEval-2007 Task 15: TempEval Temporal Relation Identification. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Semantic Evaluations (SemEval-2007)*, 75–80, Prague.

——, Inderjeet Mani, Roser Sauri, Robert Knippen, Seok Bae Jang, Jessica Littman, Anna Rumshisky, John Phillips, eta James Pustejovsky. 2005. Automating Temporal Annotation with TARSQI. In *Proceedings of the ACL 2005 on Interactive Poster and Demonstration Sessions*, ACLdemo '05, 81–84. http://dx.doi.org/10.3115/1225753.1225774.

——, Roser Sauri, Tommaso Caselli, eta James Pustejovsky. 2010. SemEval-2010 Task 13: TempEval-2. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Semantic Evaluation*, 57–62. Association for Computational Linguistics.

Yaghoobzadeh, Yadollah, Gholamreza Ghassem-Sani, Seyed Abolghassem Mirroshandel, eta Mahbaneh Eshaghzadeh. 2012. ISO-TimeML Event Extraction in Persian Text. In *Proceedings of COLING 2012*, 2931–2944, Mumbai, India. The COLING 2012 Organizing Committee. http://www.aclweb.org/anthology/C12-1179.

## Eskerrak eta oharrak

Lan hau eusko Jaurlaritzako PRE_2014_2_242 bekari esker egin da Arantza Díaz de Ilarraza eta María Jesús Aranzaberen zuzendaritzapean.

# *Ama-hizkuntza gaztelania duten euskara-ikastun helduen euskal txistukarien oharmena eta ekoizpena*

Segura, M.
*maita641@gmail.com*

***Laburpena***

Lan honetan L1 gaztelania duten eta euskara ikasten ari diren pertsona helduen euskal txistukarien oharmen eta ekoizpen prozesuak aztertu dira. Euskarak sei txistukari ditu, gaztelania estandarrak bi txistukari dituen bitartean. Horregatik, lehenik eta behin, ikastun hauek euskal txistukariak nola hautematen dituzten aztertu da: txistukari hauetako bi −/s̻/ y /tʃ/− beren L1aren sistema fonologikoaren parte ere badira, baina beste lauak −/ʂ/, /ʃ/, /ʦ̻/ y /ʦ/− ez dira beren L1ean existitzen. Bestalde, txistukari hauen ekoizpena ere aztertu da ikastun berdinen kasuan eta emaitzak akustikoki aztertu dira. Azkenik, oharmen-analisian eta analisi-akustikoan lortutako emaitzen arteko konparaketa egin da bi prozesuen artean paralelotasunik dagoen, edo aitzitik, prozesu batek bestearen garapenean eraginik ez duen egiaztatzeko.
Gako-hitzak: txistukariak, oharmena, ekoizpena, oharmen-analisia eta analisi-akustikoa, paralelotasuna

***Abstract***

*The focal point of this study is the perception and production of Basque sibilants by adult learners of Basque whose L1 is Spanish. The Basque language has six sibilants as opposed to Spanish which only has two sibilants in its phonological system. For that reason, first, an analysis of the way in which the learners perceive the six sibilants was carried out: the learners know two of these sibilants −/s̻/ y /tʃ/− as they exist in their L1, but the other four −/ʂ/, /ʃ/, /ʦ̻/ y /ʦ/− do not exist in their L1. Secondly, another analysis was done about the production of these sibilants by the same learners and the results were analyzed acoustically. Finally, a comparison was done between the results of the perceptual and acoustic analyses to check whether there is a parallelism between both processes, or on the contrary, one process has no effect on the development of the other.*
*Keywords: sibilants, perception, production, perceptual and acoustic analyses, parallelism*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Hainbat dira bigarren hizkuntza baten soinuen jabetze-prozesu konplexuan eragina izan dezaketen faktoreak: ama-hizkuntza (L1), adina, jarrera, gaitasuna, motibazioa − batez ere ikastun helduan kasuan− eta inputaren kalitatea eta honekiko esposizio maila. Jabetze-prozesu hau arrazoi desberdinengatik eta esparru desberdinetan gertatu daiteke: esparru pertsonalean, profesionalean edota hezkuntza edo gizarte-esparruetan. Lan honetan hezkuntza-esparruan soilik jarriko dugu arreta, lan honen partaideak euskaltegi bateko ikasleak edo ikasle ohiak direlako, eta beraz, esparru horretan lortu dutelako beren bigarren/hirugarren hizkuntzaren (euskararen)[1] ezaguera, nahiz eta haietako batzuek beste esparru batzuetan ere erabili ohi duten hizkuntza hau.

### 1.1. Euskarazko eta gaztelaniazko sistema fonologikoen soinu txistukarien arteko desberdintasunak

Euskarak dituen sei fonema txistukariak bitan bereiz daitezke artikulazio-moduari dagokionean: hiru kontsonante frikari eta beste hiru kontsonante afrikatu. Bi artikulazio-modu hauen artikulazio-puntu kontrastatzaileak ondorengoak dira: hobikari-apikaria, hobikari-lepokaria eta sabaikaria. Hurrengo taulak euskal txistukarien deskribapena eskaintzen du, txistukari bakoitzaren transkripzio

[1] Lan honetan euskarari erreferentzia egiten zaion bakoitzean, "L2" erabiliko da, nahiz eta parte-hartzaile gutxi batzuentzat euskara beren hirugarren hizkuntza den.

fonetikoa eta irudikapen grafikoa baita euskarazko hitzen adibide bana ere erakutsiz. Deskribapen honetarako, Hualdek *A Grammar of Basque* (2003) lanean erabilitako idazkera jarraituko dugu, non Nazioarteko Alfabeto Fonetikotik (NAF) egokitutako ikurrak erabili zituen, aurreko autore batzuek ez bezala:

**1. taula. Euskal txistukarien deskribapena**

| Artikulazio-deskribapena | Transkripzio fonetikoa | Irudikapen grafikoa |
|---|---|---|
| Frikari, hobikari-lepokari, ahoskabea | /s̪/ | <z> "hazi" |
| Frikari, hobikari- apikari, ahoskabea | /s̻/ | <s> "hasi" |
| Frikari, sabaikari, ahoskabea | /ʃ/ | <x> "xume" |
| Afrikatu, hobikari-lepokari, ahoskabea | /ts̪/ | <tz> "atzo" |
| Afrikatu, hobikari- apikari, ahoskabea | /ts̻/ | <ts> "atso" |
| Afrikatu, sabaikari, ahoskabea | /tʃ/ | <tx> "tximista" |

Gaztelaniak, bestalde, bi txistukari besterik ez ditu: fonema frikari hobikari-apikari ahoskabea /s/ (<s> "casa")[2]eta fonema afrikatu sabaikari ahoskabea /tʃ/ (<ch> "chocolate"). /s̻/ eta /tʃ/ fonemek gaztelaniaz artikulazio fonetiko desberdinik aurkezten ez dutela onartzen badugu, euskara-ikastunek aurki ditzaketen zailtasunak /s̪/, /ʃ/, /ts̪/ eta /ts̻/ fonemetan oinarrituko dira.

Edozein hizkuntzaren soinuak jabetzeko beharrezkoa da oharmen eta ekoizpen prozesuak garatzea, bi prozesu hauek ezinbestekoak baitira komunikazio-ekintza bat gauzatzeko, eta hau da, era berean, hizkuntza bat ikasten denean lortu nahi den helburua. Bi prozesu hauek oso garrantzitsuak dira lan honetarako, bertan txistukarien jabetzea aztertuko baita bi ikuspuntu hauetatik, hau da, euskara ikasten duten helduek beren L1ean existitzen ez diren soinu hauek (eta baita existitzen direnak ere) nola hautematen eta ekoizten dituzten ikertuko da. Helburuetako bat aztertutako euskara-ikastunen oharmen eta ekoizpen gaitasunen artean paralelotasun edo korrelaziorik dagoen ikustea da. Asko dira oharmena eta ekoizpenaren arteko erlazio estua frogatu duten teoria eta ereduak. Adibide argienak *Perceptual Assimilation Model* (Oharmen Asimilazio Eredua) (PAM: Best 1995; Best et al. 2007, 2001, 2010) eta *Speech Learning Model* (Hizketa Ikaste Eredua) (SLM: Flege 1987, 1995; Flege et al. 2000, 2002) izeneko eredu psikolinguistikoak dira. Bi eredu hauek hizketaren oharmenean jartzen dute arreta eta hauen iritziz "*L2 perceptual processing is conceived of as a process of mapping L2 sounds onto L1 speech categories*"[3]. (Celata, 2009: 64).

### 1.2. Hizketa oharmen ereduak

Oharmen Asimilazio Ereduaren (PAM) xedea L2 hizkuntza baten ikastunen oharmena azaltzea da eta entzule hauek beren L1aren sistema fonologikoaz duten ezaguerak, batez ere entzule helduen kasuan, beren sistemari ez dagokion beste sistema baten oharmenean eragin handia duela eta L1 eta L2ren soinuen artean asimilazio bat dagoela iradokitzen du.

PAMek (Best, 1995) hiru asimilazio mota desberdin iradokitzen ditu L2ren soinuen oharmena L1en sistema fonologikoaren bitartez gertatzen denean:

> "(1) L1en fonema baten adibide Kategorizatu bat bezala; (2) L1en fonemen artean dagoen kontsonante edo bokal Ez-Kategorizatu bat bezala; edo (3) soinu Ez-asimilagarri bat (hizketari ez dagokiona) bezala, L1en fonemen antzekotasun hautemangarririk ez duena". (Best et al, 2001: 777 [nire itzulpena (MS)])

Hiru oharmen asimilazio mota hauez gain, PAMek beste asimilazio mota batzuk ere proposatzen ditu L2ren kontrasteen oharmena azaltzeko:

> "L2ren bi fono L1en bi fonema desberdinen antzekoak izan daitezke fonetikoki eta nor bere aldetik asimilatu dakizkioke; honi Bi kategoriko asimilazioa deritzo (Two Category assimilation (TC)). Bestalde, bi fonoak L1en fonema bakarrari asimilatu dakizkioke; honi Kategoria bakarreko asimilazioa

[2] Gaztelaniazko transkripzio fonetikoetan ez zaio txistukariari diakritikorik gehitzen, fonema hobikari-apikari eta hobikari-lepokarien artean ez dagoelako kontrasterik euskaraz dagoen bezala.

[3] "L2ren oharmen-prozesaketa L1en hizketa kategorietan oinarrituz egindako L2ren soinuen eskematizazio prozesua bezala ulertzen da". (Celata: "The impact of allophonic variation...", p. 97)

> deritzo (Single Category assimilation (SC)). Edo biak L1en fonema bakarrari asimilatu dakizkioke, baina bietako bat bestea baina onargarriagoa izan daiteke; honi Kategori kalitateko desberdintasuna deritzo (Category Goodness difference (CG)). Txandaka, L2ren fono bat Ez-kategorizatua izan daiteke, goian azaldu den bezala, beste fonoa Kategorizatua izan daiteken bitartean, modu honetan Ez-kategorizatu-Kategorizatu pare bat osatuz (Uncategorized-Categorized pair (UC)). Edo L2ren bi fonoak hizketa-segmentu Ez-kategorizatuak izan daitezke (Uncategorized speech segments (UU)). Azkenik, bi fonoen artikulazio-ezaugarriak L1en edozein fonemetatik nahiko aldendu daitezke, eta beraz, hizketari ez dagozkion soinu Ez-asimilagarriak bezala hauteman daitezke (Non-Assimilable (NA))." (Best et al, 2001: 777 [nire itzulpena MS]

L2ren oharmena azaltzen duen beste ereduetako bat Hizketa Ikaste Eredua da (Flege 1995; Flege eta al, 2002). Eredu hau ikastunen eskutik L2en ekoizpena/oharmena azaltzeko diseinatua izan zen eta, beste gauzen artean, L2 baten sistema fonikoa menperatzeko gaitasunak bizitza osoan zehar mantentzen direla defendatzen du. Hala ere, prozesu honetan eragina duten aldagai garrantzitsuak daude: ikastunen adina (*age of learning −AOL−*), inputaren kalitatea edo L1 eta L2ren soinuen arteko pertzepzio-distantzia. Azken aldagaiari dagokionean, hau da, L1 eta L2ren soinuen arteko pertzepzio-distantzia, era berean PAM eta SLM ereduen oinarria dena, Flegek SLM ereduan (1995) L2 baten soinuen jabetzea azaltzeko defendatutako hipotesia ondorengoa izan zen:

> "(H3): L2ren soinu baten eta L1en soinurik hurbilenaren artean hautemandako desberdintasun fonetikoa zenbat eta handiagoa izan, orduan eta errazagoa izango da bi soinu hauen arteko desberdintasun fonetikoak bereiztea eta azkenik kategoria fonetiko bat ezartzea." (Flege, 1995: 239, Flege et al, 2000: 2713 [itzulpena MS]

Dena den, adina bezalako beste aspektu batzuk ere eragin ikaragarria dute L2ren soinuen jabetze-prozesuan, Flegek bere hipotesietako batean azaldu zuen moduan:

> "(H4): L1 eta L2ren soinuen arteko desberdintasun fonetikoak, eta L1ean kontrastatzaileak ez diren soinuen artekoak bereizteko probabilitatea gutxitzen doa ikaste-adina hazten doan heinean (Age of Learning (AOL))". (Flege, 1995: 239 [itzulpena MS])

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lan honen helburu nagusia euskara-ikastun helduen −euskaltegi bat bezalako testuinguru formal batean ikasi dutenen edo gaur egun ikasten ari direnen − euskal txistukarien oharmena sakonki aztertzea da. Horretarako, lehenago aipatutako oharmen ereduak hartuko dira kontuan, eta oharmena aztertu ondoren, txistukari hauen ekoizpena aztertuko da ikastun berdinen eskutik eta lan hasieran proposatutako galdera, oharmen eta ekoizpen prozesuen arteko erlazio motari buruzkoa, erantzuteko saiakera egingo da.

Lehenik eta behin, euskal txistukarien azterketa sakon bat egingo da, non gaztelaniaz existitzen diren bi txistukariak, /s̪/ (/s/ gaztelaniazko transkripzio fonetikoan) eta /tʃ/, eta baita ikastunen L1ean existitzen ez diren gainerako txistukariak ere, /ʂ/, /ʃ/, /tʂ/ eta /tʂ̪/, aztertuko diren, ikastunek sei euskal txistukariak nola hautematen (eta ekoizten) dituzten azaldu ahal izateko. Hala ere, lan honen helburu nagusia ez da azterketa sakon hau egitea, baizik eta euskara-ikastunek euskararen hiru fonema txistukari frikariak eta hiru afrikatuak nola kategorizatzen dituzten azaltzea, sei horietatik beren ama-hizkuntzan bi besterik ez dituztela kontuan izanda (frikari bat eta afrikatu bat). Horretarako, PAM eta SLM ereduen iragarpenak L1ean existitzen ez diren fonemen kategorizazioa azaltzeko behar bezain sendoak diren egiaztatuko da.

PAMen proposamenak kontuan izanda, euskara-ikastunek beren L1aren sistema fonologikoan existitzen ez diren fonemak nola asimilatzen dituzten azaltzen saiatuko gara. Hortaz gain, Flegek SLM ereduan proposatutako hipotesiak (H3 eta H4) ere egiaztatzen saiatuko gara.

Bestalde, parte-hartzaileen ekoizpenak aztertuko dira, beren emaitzak parte-hartzaile euskaldunekin egindako aurreko lanetan (Hualde 2010; Noriega 2011) lortutako emaitzekin alderatuz, lan honetan parte hartu duten euskara-ikastunen ekoizpenak zuzenak diren (edo euskaldunen ekoizpenetatik hurbil dauden) egiaztatzeko.

Azkenik, oharmen eta ekoizpen testen emaitzak aztertu eta ondorioak atera ondoren, bi prozesu hauen arteko erlazioa zein den jakiteko aukera izango dugu.

## 3. Ikerketaren muina, emaitzak eta ondorioak

### 3.1. Ikerketaren muina: parte-hartzaileak eta metodologia

Lan honetan parte hartu zuten euskara-ikastunak hamar izan ziren guztira, 28 eta 59 urte bitarteko bederatzi emakume eta gizon bat. Parte-hartzaile guztiek ama-hizkuntza berbera zuten, gaztelania, eta

euskara 80%aren bigarren hizkuntza zen eta 20%aren hirugarrena, eta guztien euskara maila B1-C1 artean zegoen (MCER[4]). Lan honetan lortutako emaitzen azterketa egiteko, parte-hartzaileak hiru taldetan banatu ziren, beren euskara-mailaren arabera (B1, B2 edo C1).

Goian aipatutako helburuak lortzeko, euskal sei txistukarien oharmen-analisia eta analisi-akustikoa egin da, eta horretarako, kasu bakoitzean corpus bana eraiki da, oharmen corpusa eta ekoizpen corpusa.

Oharmen-analisia gauzatzeko corpusa bi oharmen testez osatuta zegoen: diskriminazio testa (ABX) eta identifikazio testa. Bi test hauek *A Tool for Experiments of Perception* (TP bezala laburtuta; Rodrigues dos Santos, Rauber, Rato, Kluge, De Figueiredo, 2013) tresnarekin sortu ziren. Bi testetan erabilitako estimuluak emakume euskaldun batek grabatuak izan ziren, zehazki gipuzkeraren aldaera bateko −non txistukari bakoitzak fonema independente bat osatzen duen− hiztuna da. Oharmen testetan erabilitako estimuluak asmatutako hitzak ziren (*nonsense words*), izan ere benetako hitzak erabiliz gero, hitz horiek ezagutzen zituzten parte-hartzaileek erreferentzi ortografiko bat edukiko zuten beren buruan eta honek eragina izan zezaken beren erantzunetan.

*Identifikazio testean*, parte-hartzaileek estimulu bakar bat −txistukari bat zuena−entzun zuten txanda bakoitzean eta beren eginbeharra kasu bakoitzean zein txistukari entzun zuten adieraztea zen. Horretarako, ortografikoki irudikatutako 12 aukera zituzten pantailan (12 kontsonante, hauen artean 6 txistukariak ziren eta beste 6 kontsonanteak distraitzeko erabili ziren: /m/, /n/, /g/, /k/ /d/, /t/) test osoan zehar eta kasu bakoitzean entzuten zuten estimulu bakoitzak zein txistukari zuen erabaki behar zuten, guztira 90 estimulu osatu arte. Bukaeran egindako analisirako soilik txistukariak zituzten estimuluak izan ziren kontuan, hau da, 90 estimulu horietatik 54 bakarrik aztertu ziren, gainontzeko 36 estimuluak distraitzeko besterik ez zirelako erabili. Jarraian identifikazio testa osatzen zuten estimuluetako batzuk aurkeztuko dira:

(1) *apoz* /apoʂ/ *apus* /apuʂ̲/ *xipu* /ʃipu/
*utzi* /utʂi/ *otse* /otʂ̲e/ *txepa* /tʃepa/

*Diskriminazio testean*, parte-hartzaileek hiru estimulu −horietako bakoitzak txistukari bat zuen− entzun zituzten txanda bakoitzean, lehenengo biak (A eta B) desberdinak ziren eta hirugarrena (X) aurreko bi estimuluetako baten berdina zen (A edo B). Hiru estimuluak entzun ondoren, parte-hartzaileek hirugarren estimulua (X) lehenengoaren (A) edo bigarrenaren (B) berdina zen erabaki behar zuten. Horretarako, bi aukera zituzten (bi lauki: batean 1 zenbakia zuten eta bestean 2 zenbakia) eta hauetako bat aukeratu behar zuten txanda bakoitzean. Hau da, entzundako hirugarren estimulua (X) lehenengoaren berdina zela uste bazuten, 1 jartzen zuen laukia aukeratu behar zuten, eta bigarrenaren berdina zela uste bazuten, berriz, 2 jartzen zuen laukia aukeratu behar zuten. Guztira, 72 estimulu hirukote entzun behar zituzten, baina berriz ere, 72 estimulu hauetatik 54 estimulu hirukote besterik ez ziren aztertu, beste 18 hirukoteak distraitzeko erabili zirelako. Identifikazio testean egin dugun bezala, jarraian diskriminazio testean erabilitako estimulu hirukote batzuen adibide batzuk aurkeztuko dira:

(2) *zapa* /ʂapa/ (A) - *sapa* /ʂ̲apa/ (B) - *zapa* /ʂapa/ (X)
*txapa* /tʃapa/ (A) - *tsapa* /tʂ̲apa/ (B) - *txapa* /tʃapa/ (X)
*axa* /aʃa/ (A) - *asa* /aʂ̲a/ (B) - *axa* /aʃa/ (X)
*atza* /atʂa/ (A) - *atxa* /atʃa/ (B) - *atxa* /atʃa/ (X)
*apaz* /apaʂ/ (A) - *apax* /apaʃ/ (B) - *apax* /apaʃ/ (X)
*apatz* /apatʂ/ (A) - *apats* /apatʂ̲/ (B) - *apatz* /apatʂ/ (X)

Bi oharmen testetan jasotako erantzunak aztertzeko, batetik asmatze-portzentajeak kalkulatu ziren, eta bestetik, erantzun bakoitzaren erreakzio-denborak (segundotan). Bi datu hauek TP programak zuzenean sortzen duen Excel fitxategi batetik atera ziren. Ondoren, Excel fitxategietatik jasotako informazioa SPSS[5] programara eraman zen datuak estatistikoki aztertzeko. Lehenengo, portzentajeen maiztasun-distribuzioa kalkulatu zen, eta ondoren, erreakzio-denboren joera zentraleko neurriak (batez bestekoa) eta distribuzioa (desbideratze estandarra, maximoa, minimoa).

[4] Azaroaren 9ko 297/2010 Dekretuaz geroztik, Helduen Alfabetatze eta Berreuskalduntzerako Erakundearen (HABE) egitasmo zaharreko 1, 2, 3 eta 4 mailak Hizkuntzetarako Erreferentzia Marko Komun Europarraren (HEMK) B1, B2, C1 eta C2 mailekin parekatzen dira.

[5] IBM SPSS Statistics (2010). 19 bertsioa.

Analisi-akustikoa gauzatzeko, bestalde, ekoizpen test bat diseinatu zen, oharmenerako egin zen bezala. Ekoizpen-testean guztira 72 hitz (65 hitz gaztelaniaz eta 7 euskaraz) aurkeztu zitzaizkien parte-hartzaileei eta haien zeregina gaztelaniazko hitzak euskarara (ahoz) itzultzea eta euskarazkoak irakurtzea zen. Berriz ere, 72 hitz hauetatik 48 hitzek soinu txistukariak zituzten, eta hauek izan ziren bukaeran aztertu ziren bakarrak, eta beste 24 hitzak parte-hartzaileak nahasteko bakarrik erabili ziren. Euskaraz aurkeztu zitzaizkien hitzak euskaraz aurkeztearen arrazoia, /ʃ/ fonema frikari sabaikariak euskal sistema fonologikoan duen presentzia urriari dagokio. Hau da, beste txistukariekin alderatuz, euskaraz /ʃ/ fonema duten adibide gutxiago daudenez, parte-hartzaileek adibide gutxi horiek itzultzeko garaian arazo gehiago izan zitzaketen, beraz zuzenean /ʃ/ fonema zuten hitzak euskaraz ematea erabaki zen.

Jarraian, ekoizpen-testuan agertu ziren hitzetako batzuk aurkeztuko dira, parte-hartzaileek eman beharreko erantzunekin:

(3) ***caballo*** > eusk. *zaldia* ***fuego*** > eusk. *su* ***jabón*** > eusk. *xaboi*
***corazón*** > eusk. *bihotza* ***febrero*** > eusk. *otsail* ***pájaro*** > eusk. *txori*

Parte-hartzaileen ekoizpenak TASCAM (DR-07MKII) modeloko grabagailu batekin grabatu ziren. Ondoren, grabazio hauek Praat[6] izeneko programara pasa ziren bertan hauen analisi-akustikoa egiteko. Ekoizpen-testean jasotako emaitzetatik hainbat parametro akustiko aztertu ziren: bigarren formantea (F2), grabitate-zentrua, desbideratze-estandarra eta skewness. Lehenengo, txistukari bakoitzarentzat parametro bakoitzaren balioa kalkulatu zen. Eta ondoren, SPSS programarekin, txistukari bakoitzaren bataz besteko balioak kalkulatu ziren talde bakoitzarentzat eta bariantzazko analisi estatistikoaren (ANOVA) bitartez konparatu ziren. Parametro akustiko hauek txistukarien azterketan duten garrantzia ulertzeko garrantzitsua da hauei buruzko azalpen batzuk ematea, ondoren emaitzak ulertu ahal izateko.

*Bigarren formantea* txistukariak ekoizteko unean aho-barrunbeak duen tamainarekin lotuta dago eta parametro honen balioak aldatzen joaten dira soinu bakoitza ekoizten den puntuaren arabera. Horiek horrela, aho-barrunbeko aurreko puntuetan ekoizten diren txistukariak (/s̪/ eta /ts̪/), F2ren balio baxuagoak aurkezten dituzte atzeragoko puntuetan ekoizten diren txistukariak baino (/s̻/, /ts̻/, /ʃ/ eta /tʃ/). Parametro hau oso interesgarria da, lan honetan parte hartu zuten euskara-ikastunek euskal txistukariak, bereziki beren L1ean existitzen ez direnak, ondo ekoiztu zituzten egiaztatzeko aukera emango baitigu, artikulaguneari eta soinu hauek ekoizteko garaian mihia dagoen (aurreragoko edo atzeragoko) puntuari dagokionez.

*Grabitate-zentruak* espektrograma bateko soinu baten erdiko frekuentziari egiten dio erreferentzia eta lan askotan frogatu den bezala (Hualde 2010, Noriega 2011, Cicres 2011, Jancewicz 2012), parametro esanguratsu bat da euskal txistukarien karakterizazio akustikoan. Grabitate-zentruaren balioak F2ren balioen aurkako moduan funtzionatzen dute. Hau da, parametro honetan, aurreko txistukariek (/s̪/ eta /ts̪/) balio altuagoak aurkezten dituzte eta atzeragoko txistukariek (/s̻/, /ts̻/, /ʃ/ eta /tʃ/), berriz, balio baxuagoak.

*Desbideratze-estandarrak* grabitate-zentrua eta espektroan ageri diren frekuentzien arteko distantziari egiten dio erreferentzia (Cicres 2011). Zenbat eta distantzia handiagoa, orduan eta altuagoa izango da desbideratze-estandarraren balioa. Gorago aipatutako lanean, Hualdek (2010) antzeko emaitzak aurkitu zituen grabitate-zentrua eta desbideratze-estandarraren artean, hau da, desbideratze-estandarrean balio altuak eman zituzten txistukariak grabitate-zentruan balio altuak eman zituzten txistukariekin bat zetozen, eta alderantziz, desbideratze-estandarrean balio baxuak eman zituzten txistukariek grabitate-zentruan ere balio baxuak eman zituzten.

*Skewness* neurriak "grabitate-zentruaren bi aldeetako energiaren banaketari [frekuentziekin erlazionatutako neurria denez, energiaren banaketa hau ardatz bertikalari dagokionez neurtzen da] egiten dio erreferentzia, eta hau horrela, 0 asimetria duen espektro batek energia grabitate-zentroaren bi aldeetan modu simetrikoan banatzen dela adierazten du (Cicres 2011:40)." Gainera, Cicresek azaldu zuen balio positiboek energia kontzentrazio handiagoa erakusten dutela frekuentzia baxuetan, eta balio negatiboek, berriz, frekuentzia altuagoetan. Honekin lotuta, Hualdek (2010) askoz ere balio altuagoak aurkitu zituen /s̻/ eta /ʃ/ frikarientzat, /s̪/ frikariarentzat baino, eta kasu honetan, frikariekin gertatutako berdina gertatu zen txistukari afrikatuekin ere. Honek esan nahi du txistukari hobikari-lepokariek energia kontzentrazioa txistukari hobikari-apikariek eta sabaikariek baino frekuentzia altuagoetan aurkezten dutela.

[6] Praat (Boersma eta Weenink, 2012). 5.3.29 bertsioa.

### 3.2. Emaitzak

#### Oharmen-testak

*Identifikazio testean* lortutako emaitzek desberdintasunak islatzen dituzte sei txistukarien asmatze-portzentajeen artean: 80.87% /s̪/ txistukariaren kasuan, 64.2% /ʦ̪/ren kasuan, 59.25% /ʃ/ren kasuan, 51.24% /s̪/ren kasuan, 40.13% /ʧ/ren kasuan eta 32.72% /ʦ̪/ren kasuan. C1 taldeak asmatze-portzentaje altuena lortu zuen, eta honi B2 eta B1 taldeek jarraitu zioten, hurrenez hurren, eta C1 eta B2 taldeen asmatze-portzentajeak nahiko hurbilekoak izan ziren, B1 taldearekin alderatuz.

Identifikazio-testean jasotako erreakzio-denborak aztertu ondoren, parte-hartzaileei denbora gutxien suposatu zien txistukaria /ʃ/ izan zela ikusi zen eta denbora gehien suposatu ziena, berriz, /ʦ̪/. Sei txistukarien ordena beren identifikazioan jasotako erreakzio-denboren arabera honakoa da (gutxienekotik gehienekora): /ʃ/, /s̪/, /ʦ̪/, /ʧ/, /s̪/ eta /ʦ̪/. Sei txistukari hauen batez besteko erreakzio-denbora txikiagoa izan zen C1 eta B2 taldeen kasuan, B1 taldearen kasuan baino. Analisi estatistikoari (ANOVA) dagokionez, desberdintasun esanguratsuak aurkitu ziren hiru taldeen erreakzio-denboren artean /s̪/, /ʃ/ eta /ʦ̪/ txistukarien kasuan.

Bestalde, *diskriminazio-testean* jasotako erantzunak, asmatze-portzentajeei dagokionez, oso onak izan ziren (70%tik gorakoak) txistukarien kontraste guztientzat: parte-hartzaileek portzentaje onena (92.53%) /s̪/-/ʃ/ kontrastean lortu zuten, eta honi /s̪/-/s̪/ (90.74%), /ʦ̪/-/ʦ̪/ (86.42%), /ʃ/-/s̪/ (82.09%), /ʦ̪/-/ʧ/ (76.54%) eta /ʧ/-/ʦ̪/ (71.6%) kontrasteek jarraitu zioten. Identifikazio-testean gertatu zen bezala, diskriminazio-testean ere C1 (89.81%) eta B2 (88.57%) taldeek B1 taldeak (74.06%) baina asmatze-portzentaje handiagoa lortu zuten.

Erreakzio-denborei dagokionez, parte-hartzaileek azkarren diskriminatu zuten kontrastea /s̪/-/ʃ/ izan zen, eta honi, /ʃ/-/s̪/, /s̪/-/s̪/, /ʦ̪/-/ʦ̪/, /ʧ/-/ʦ̪/ eta /ʦ̪/-/ʧ/ kontrasteek jarraitu zioten, hurrenez hurren. Identifikazio-testean bezala, diskriminazio-testean ere C1 eta B2 taldeek erreakzio-denbora txikiagoa lortu zuten B1 taldeak baino. Hiru taldeen arteko desberdintasun txiki hau ez zen esanguratsua izan azterketa estatistikoak erakutsi zuenaren arabera. Hala ere, bariantzazko analisiak (ANOVA) erreakzio-denboren artean desberdintasun esanguratsu bat zegoela frogatu zuen bi kontrasteen kasuan: B2 taldearen kasuan /s̪/-/s̪/ kontrastean eta B1 taldearen kasuan /ʦ̪/-/ʦ̪/ kontrastean.

#### Ekoizpen-testa

Ekoizpen-testean jasotako emaitzak gorago aipatutako lau parametro akustikoen arabera azalduko dira jarraian: bigarren formantea (F2), grabitate-zentrua, desbideratze-estandarra eta skewness.

*F2* parametroan lortutako balioak, hiru taldeen kasuan, arinki altuagoak izan ziren /s̪/ txistukariarentzat (2571.024 Hz) /s̪/rentzat (2562.964 Hz) baino. Noriegaren (2011) laneko datuak kontuan hartzen baditugu ez genituzke balio hauek esperoko, alderantzizkoak baizik. Hala ere, gainontzeko txistukarien kasuan, F2 parametroan lortutako balioak bat datoz Noriegaren lanean lortutakoekin. Izan ere, /ʃ/ txistukariaren balioa (2702.701 Hz) hiru txistukari frikarien artean altuena izan zen, eta beraz, txistukari hau, beste biekin alderatuta, aho-barrunbeko atzeragoko puntu batean ekoiztu zela esan nahi du. Gainera, hiru txistukari afrikatuek ere espero genituen balioak aurkeztu zituzten, hau da, F2ren balio baxuena /ʦ̪/ aurreko txistukarian lortu zen (2096 Hz) eta beste bi txistukari afrikatuek balio altuagoak aurkeztu zituzten (2308.705 Hz /ʦ̪/ txistukariaren kasuan eta 2358.391 Hz /ʧ/ txistukariaren kasuan), beraz azken bi afrikatuak atzeragoko puntuetan ekoiztu ziren[7]. Nabarmentzekoa da lan honetan F2ren balioa /s̪/ txistukariarentzat (2571.024 Hz) Noriegaren (2011) laneko /s̪/ txistukariaren F2ren baliotik (2652.61 Hz) hurbilago dagoela, Noriegaren (2011) laneko /s̪/ txistukariaren F2ren baliotik (2351.83 Hz) baino. Beraz, lan honetako parte-hartzaileek /s̪/ txistukaria ahoskatu zuten puntua /s̪/ txistukaritik hurbilago zegoela esan nahi du.

Bariantzazko analisiak (ANOVA) erakutsi zuenez, hiru taldeen F2ren batez besteko balioen artean soilik 5 estimuluetan (guztira 48 estimulu ziren) aurkitu ziren desberdintasun esanguratsuak ($p < 0.05$): /ʦ̪/ txistukaria zuten bi estimuluetan (‘*ametsa*’ eta ‘*itsasoa*’) eta /ʧ/ estimulua zuten hiru estimuluetan (‘*txartela*’, ‘*atxilotu*’ eta ‘*etxea*’).

*Grabitate zentruaren* kasuan, espero genituen balioak lortu ziren lan honetan, hau da, balio altuenak /s̪/ eta /ʦ̪/ txistukarietan erregistratu ziren (5738.726 Hz eta 5744.215 Hz, hurrenez hurren) eta balio baxuenak, berriz, /ʃ/ eta /ʧ/ txistukarietan (4076.326 Hz eta 4424.124 Hz, hurrenez hurren). Hala eta guztiz ere, lan honetan lortutako balioak Hualderen (2010) lanean lortutakoekin alderatzen baditugu, lan honetako parte-hartzaileen eta Hualderen laneko parte-hartzaileen artean desberdintasunak daudela

[7] Lan honetan txistukari afrikatuetan lortutako F2ren balioen eta Noriegaren (2011) lanaren artean ezin izan zen konparaketarik ezarri, Noriegak ez zituelako txistukari afrikatuen balioak aurkeztu.

ikusiko dugu grabitate-zentruaren balioei dagokionez. Aipatu behar da, bide batez, lan honetako parte-hartzaileak ama-hizkuntza gaztelania duten euskara-ikastunak direla, gorago azaldu den bezala, eta Hualderen laneko parte-hartzaileak euskaldunak direla, hau da, beren ama-hizkuntza euskara dela. Bi talde hauen emaitzetara itzuliz, desberdintasun handiena /tʂ/ eta /ʂ/ txistukarien balioen (5744.215Hz eta 5738.726 Hz, hurrenez hurren) artean eman zen, lan honetako balioak Hualdek aurkeztutakoak (/tʂ/ txistukariarentzat 7183.700 Hz eta /ʂ/ txistukariarentzat 6645.217 Hz) baino baxuagoak baitziren. Lan honetan, bi txistukari hauen balioak baxuagoak izan ziren grabitate-zentrua parametroarentzat, beraz F2rekin pasatzen zen bezala, bi txistukari hauek atzerago ekoiztu zirela esan nahi du.

Grabitate-zentruaren batez besteko balioekin egindako azterketa estatistikoak (ANOVA) hiru taldeen artean kasu bakarrean erakutsi zuen desberdintasun esanguratsua ($p < 0.05$): /tʂ/ txistukari afrikatu hobikari-lepokarian, zehazki '*gatza*' estimuluan.

Lan honetan *desbideratze-estandarraren* balio altuena (/tʂ/ txistukariarentzat 3326.351 Hz-ko batez besteko desbideratze-estandarrarekin) eta baxuena (/ʃ/ txistukariarentzat 1897.891 Hz-ko batez besteko desbideratze-estandarrarekin) eman zuten txistukariak Hualderen (2010) lanean lortutako balioekin bat egin zuten, izan ere, azken honetan oso balio altuak lortu ziren /tʂ/ txistukariaren kasuan (3100 Hz inguru)[8] eta askoz ere balio baxuagoak /ʃ/ txistukariarenean (900 Hz inguru). Gainera, /tʂ/ eta /ʂ/ txistukarien balioak ere (3326.351 Hz eta 2766.967 Hz, hurrenez hurren) Hualdek (2010) bere lanean aurkeztutako balioen antzekoak izan ziren lan honetan (3100 Hz inguru /tʂ/ txistukariarentzat eta 2600 Hz inguru /ʂ/ txistukariarentzat). Gainontzeko txistukariei dagokionez, eta Hualderen emaitzei arreta jarriz, /tʂ/ txistukariak (2990.824 Hz) /tʂ/ txistukariaren gertuko balioak (3100 Hz inguru) lortu zituen, /ʂ/ txistukariak (2789.479 Hz) /ʂ/ txistukariaren gertukoak (2600 Hz inguru) eta /tʃ/ txistukariak (2339.623 Hz) /ʂ/ txistukariaren gertukoak (2600 Hz inguru).

Bariantzazko analisiak (ANOVA) frogatu zuen hiru taldeen desbideratze-estandarraren batez besteko balioen artean desberdintasun esanguratsuak ($p < 0.05$) aurkeztu zituzten bi kasu bakarrak /ʂ/ (zehazki '*gizon*' estimuluan) eta /tʂ/ ('*arratsalde*' estimuluan) izan zirela.

Lan honetan jasotako emaitzek *skewness* parametroaren baliorik altuena /ʃ/ txistukari frikari sabaikariarena dela erakusten dute (3.013), eta baxuena /tʂ/ txistukari afrikatu hobikari-lepokariarena (0.833), eta datu hauek, gainera, Hualderen (2010) datuekin bat datoz. Gainontzeko lau txistukarietatik hiruk, /ʂ/, /tʂ/ eta /tʃ/ txistukariek, Hualdek aurkeztutako balioak (4.60, 4.10 eta 4.60, hurrenez hurren) baino balio baxuagoak eman zituzten lan honetan: 0.953, 1.737 eta 1.207, hurrenez hurren; beraz, lan honetan, energia frekuentzia altuagoetan erregistratu zen txistukari hauen ekoizpenean. /ʂ/ txistukari frikariak, aldiz, balio altuagoak eman zituen lan honetan, eta honek esan nahi du energia frekuentzia baxuagoetan pilatu zela txistukari honen ekoizpenean.

Bariantzazko analisi estatistikoak (ANOVA) desberdintasun esanguratsuak ($p < 0.05$) soilik hiru estimuluen kasuan erakutsi zituen skewness parametroaren batez besteko balioen artean: '*azeri*' (/ʂ/), '*gatza*' eta '*galtzerdi*' (/tʂ/).

### 3.3. Ondorioak

Oharmen-analisian 2160 erantzun aztertu ziren guztira (54 estimulu x 2 oharmen-test x 10 parte-hartzaile x 2 aspektu (asmatze-portzentajea eta erreakzio-denbora) = 2160 erantzun guztira).

Bi oharmen-testetan lortutako portzentajeek, parte-hartzaileek hoberen hautematen duten txistukaria /ʂ/ dela adierazten dute, eta honi /tʂ/, /ʃ/, /ʂ/, /tʃ/ eta /tʂ/ txistukariek jarraitzen diote. Txistukari hauek hautemateko modua ez da berdina izan kasu guztietan. Harrigarria da beren L1ean dauden bi txistukariak (/ʂ/, /tʃ/) ez direla hoberen identifikatu eta diskriminatu zituzten txistukariak izan. Hala ere, oraindik harrigarriagoa da beren L1ean existitzen ez diren /ʂ/, /tʂ/ eta /ʃ/ txistukariak errazago hauteman zituztela jakitea.

PAMen asimilazio motetara itzultzen bagara, oharmen-testetan lortutako erantzunek, zehazki asmatze-portzentajeek, parte-hartzaileek L1ean existitzen ez diren txistukari frikariak (/ʂ/ y /ʃ/) L2an existitzen den txistukari frikarira (/ʂ/) ez dituztela asimilatzen egiaztatzeko aukera ematen dute. Besten PAM ereduaren (1995) proposamenetan oinarrituta, L2ren bi fonema frikari hauen oharmena Ez-asimilagarria (Non-Assimilable (NA)) da. Era berean, parte-hartzaileak /tʂ/ txistukari afrikatua hautemateko gai dira, fonema frikariekin egiten zuten moduan, beraz kasu honetan ere ez dute beren L1eko fonemekin asimilatzen eta /tʂ/ fonemaren oharmena ere Ez-asimilagarria da (Non-Assimilable (NA)).

Bestalde, parte-hartzaileek beren L1ean existitzen ez den beste fonema afrikatua (/tʂ/) hautemateko modua, berriz, L1ean existitzen ez diren gainontzeko txistukarietatik nahiko aldentzen da. Oharmen testetan jasotako portzentajeek parte-hartzaileek txistukari hau identifikatzeko eta diskriminatzeko garaian izandako zailtasunak erakusten dituzte. Gainera, azterketa sakonago baten ondorioz, emaitza interesgarriak lortu ziren: L1ean existitzen ez diren txistukari guztien artetik, /tʂ/ izan zen L2ko fonema batekin fonema egokiarekin baina portzentaje handiagorekin identifikatu zen txistukari bakarra. Hau da, identifikazio testean, /tʂ/ fonema kasuen 20%an zuzen identifikatu zuten eta kasuen 80%an /tʃ/ bezala. Datu hauek kontuan izanda, txistukari afrikatu hobikari-apikariaren (/tʂ/) oharmena Asimilazio Kategorizatuarekin bat datorrela esan dezakegu.

/ʂ/, /ʃ/ eta /tʂ/ txistukariak, lehenago esan bezala, oharmen Ez-asimilagarria erakutsi dutenak, SLM ereduan Flegek (1995) proposatutako H3 hipotesia egiaztatzen dute, izan ere parte-hartzaileek txistukari hauen eta beren L1ekoen artean hautemandako desberdintasun fonetikoek kategoria fonetiko berri bat eraikitzen uzten die L1ean existitzen ez diren fonementzat eta horren ondorioz, ez da asimilaziorik gertatzen. Era berean, beren L1ean existitzen ez den laugarren txistukariak (/tʂ/) oharmenean erakutsitako zailtasunak ere Flegeren H3 hipotesiarekin argitu daitezke. /tʂ/ txistukaria eta parte-hartzaileen L1eko fonemen arteko distantzia txikiagoa da, L2ko fonema hau L1eko /tʃ/ txistukariaren antzekoa delako artikulatorioki eta akustikoki.

Hala ere, lan honetan lortutako emaitzek ez dute Flegeren SLM ereduaren (1995) H4 hipotesia (zenbat eta ikaste-adin altuagoa, orduan eta zailagoa da L1 eta L2ren soinuen artean bereiztea) egiaztatzen uzten, parte-hartzaileek, adin helduan, beren L1ean existitzen ez diren txistukari gehienak bereizteko gaitasuna erakutsi baitute, baina ez kasu guztietan, /tʂ/ren kasuan bezala adibidez.

Analisi-akustikoari dagokionean, lau parametro akustikoen azterketak erakutsi zuenez, lan honetako parte-hartzaileen ekoizpenak aurreko lanetan jasotako balioetatik pixka bat desbideratu ziren, beraz, kasu honetan, euskara-ikastunen ahoskera euskaldunen ahoskeratik pixka bat aldendu zen.

F2 parametroak, /ʂ/ frikaria aho-barrunbeko atzeragoko puntu batean ekoiztu zela adierazi zuen, /ʂ/ frikaritik hurbil, Hualderen (2010) lanean grabitate-zentrua eta skewness parametroek emandako emaitzek berresten duten moduan. /tʂ/ txistukari afrikatuak, grabitate-zentruaren emaitzetan, Hualdek aurkitutako balioak baino baxuagoak eman zituen lan honetan, beraz, /ʂ/rekin azaldu dugun bezala, /tʂ/ txistukaria Hualderen lanean baino atzerago ekoiztu zuten parte-hartzaileek lan honetan.

Azkeneko bi parametroek, distribuzio estandarrak eta skewness-ek, batak bestearen antzeko emaitzak eman zituzten: batetik, /tʂ/ren balioa /tʂ/ren gertukoa izan zen, eta /ʂ/ eta /tʃ/ren balioak /ʂ/ren gertukoak izan ziren, berriz ere Hualderen lanarekin alderatuz lortu ziren ondorio hauek.

Laburbilduz, /tʂ/ izan zen euskara-ikastunek L1eko fonema batekin asimilatu zuten L2ko fonema bakarra, PAM ereduaren Asimilazio Kategorizatuak eta SLM ereduko H3 hipotesiak ziotena egiaztatuz. Bestalde, euskara-ikastunen ekoizpenak balio prototipikoetatik desbideratu ziren kasu batzuetan. Azkenik, lan honetan egindako oharmen-analisi eta analisi-akustikoek bi prozesu hauen artean erlazio esturik ez dagoela erakusten dute, gutxienez kasu zehatz honetan. Izan ere, txistukari batzuen ekoizpenean desbideratzeak islatu ziren euskarazko balio prototipikoekin alderatuz, eta oharmenean aldiz, ez zuten inongo arazorik islatu (kasu bakarrean izan ezik).

## 4. Etorkizunerako planteatutako norabidea

Etorkizunari begira, lan honetan lortutako ondorioek proposamen desberdinak egitera animatu dezake. Batetik, interesgarria izango litzateke oharmen-gaitasuna eta ekoizpen-gaitasunaren arteko desberdintasuna zeri zor zaion aztertzea. Hau da, lan honetan bi prozesu hauen artean desberdintasun bat dagoela ikusi da, batean emandako arazoak ez direlako bestean eman, baina orain burura datorkigun galdera honakoa da: *Zergatik garatzen dira modu desberdinean L2ren oharmen eta ekoizpen prozesuak?*

Bestetik, eta lan honen helburuetatik haratago joanda, oso aberasgarria izango litzateke euskara L2 bezala irakasteko/ikasteko metodologia didaktiko bat diseinatzea. Horrela, hizkuntza honen ikastunek txistukarien oharmen eta ekoizpenarekin izaten dituzten arazoak ekiditea lortuko litzateke.

## 5. Erreferentziak

Aliaga-García, C. eta J.C. Mora (2008), Perception and production of oral stops by Catalan/Spanish learners of English: a phonetic training experiment, in R. Monroy and A. Sánchez (arg.), *25 Years of Applied Linguistics in Spain: Milestones and Challenges. Proceedings of the 25th*

*AESLA Applied Linguistics Conference*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia, 9-15.

Álvarez Enparantza, J.L. ("Txillardegi") (1980): *Euskal Fonologia*, Ediciones Vascas, Donostia.

Best, C.T., McRoberts, G.W. eta E. Goodell (2001). Discrimination of non-native consonant contrasts varying in perceptual assimilation to the listener's native phonological system. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109, 775-794.

Best, C.T. eta M.D. Tyler (2007): Nonnative and second-language speech perception: Commonalities and complementarities, in O. S. Bohn and M. J. Munro (arg.), *Language Experience in Second Language Speech Learning (In honor of James Emil Flege),* John Benjamins Publishing Company, 13-34.

Best, C.T. eta O-S. Bohn (2010), Testing PAM and SLM: Perception of American English approximants by native German listeners, *New Sounds 2010: Proceedings of the Sixth International Symposium on the Acquisition of Second Language Speech*, Poznań (Polonia), Maiatza.

Celata, C. (2009), The impact of allophonic variation on L2 speech perception, in B. O. Baptista, A. S. Rauber and M. A. Watkins (arg.), *Recent research in second language phonetics/phonology: perception and production*, Cambridge Scholars Publishing, New Castle, 64-80.

Cicres, J. (2011), Los sonidos fricativos sordos y sus implicaciones forenses, *Estudios Filológicos*, 48, 33-48.

Flege, J.E. (1987), Effects of Equivalence Classification on the Production of Foreign Language Speech Sounds, in A. James and J. Leather (arg.), *Sound patterns in second language acquisition*, Foris, Dordrecht, 9-39.

_____ , (1995). Second language speech learning: Theory, findings, and problems, in W. Strange (arg.), *Speech Perception and Linguistic Experience: Issues in Cross-Language Research*, York Press, Weybridge, UK, 233-277.

Flege, J.E., Guion, S.G., Akahane-Yamada, R. eta J.C. Pruitt (2000), An investigation of current models of second language speech perception: The case of Japanese adults' perception of English consonants, *Acoustical Society of America,* 107, 2711-2724.

Flege, J.E., McAllister, R. eta T. Piske (2002), The influence of L1 on the acquisition of Swedish quantity by native speakers of Spanish, English and Estonian, *Journal of Phonetics*, 229-258.

Hualde, J.I. eta J. Ortiz de Urbina (ed.) (2003): *A Grammar of Basque*, Mouton de Gruyter, Berlin.

Hualde, J.I. (2010), Neutralización de las sibilantes vascas y seseo en castellano, *Oihenart*, 25, 89-116.

Marrero, V. (2001): *Fonética y Fonología de la Lengua Española. Fonética Perceptiva - Addenda*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Michelena, L. (1977): *Fonética Histórica Vasca*, Imprenta de la Diputación de Guipúzcoa, Donostia.

Noriega, M.J. (2011), Caracterización de sibilantes fricativas vascas y su percepción en el sistema fonético español, *Anuario del seminario de filología vasca «Julio de Urquijo» (International Journal of Basque Linguistics and Philology*), XLV-1, 81-137, Universidad del País Vasco.

Rodrigues Dos Santos, G., Rauber, A.S., Rato, A., Kluge, D.C. eta M.C. de Figueiredo (2013), TP (v. 3.1): Una herramienta para experimentos de percepción, *Estudios de Fonética Experimental*, ISSN 1575-5533, XXII, 335-366, 2013.

Yárnoz Yaben, M.B. (2001): *Sibilants in the Basque Dialect of Bortziri: An Acoustic and Perceptual Study*. Gobierno de Navarra, Dirección General de Universidades y Política Lingüística, DL 2002, Pamplona.

## 6. Eskerrak

Artikulu honek Madrilgo Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) unibertsitatean egindako fonetika eta fonologiako master bukaerako lanean du jatorria.

Lehenik eta behin, nire tutore izan den Gorka Elordietak lan hau aurrera eramateko eskaini didan laguntza ikaragarria, etengabeko interesa, gogoa eta baita bere jakintzatik ikasteko eman didan aukera paregabea ere eskertu nahiko nizkioke.

Bestalde, Pasaiako Udal Euskaltegiaren parte-hartzea eskertu beharrean sentitzen naiz, bai zuzendaria eta baita irakasleen aldetik, haiek eman baitzidaten baimena nire lana euskaltegi honetan egiteko. Eta nola ez, eskerrik beroenak nire proiektuan parte-hartzea onartu zuten 10 parte-hartzaileei, haiek gabe ezin izango bainuen nire lana burutu.

# Hizkuntzaren prozesamendua garun-eremu motorrean

Urteaga, M.
*Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU/UPV)*
*Kontakturako e-posta: mirenurteaga@gmail.com*

***Laburpena***

Hizkuntzaren Teoria Motorraren arabera, hizkuntzaren prozesamenduak prozesamendu motorrean du bere jatorria. Teoria hau frogatu nahian, mugimenduen prozesamenduari lotutako hainbat ezaugarri hizkuntzaren prozesamenduan ere ari dira aurkitzen. Esaterako, orain arte mu uhinen (8-13 Hz) portaera mugimenduen prozesamenduari lotuta soilik ikertu da. Hemen aurkezten den EEG esperimentu honek sintaxiak eta semantikak mu uhinengan duen eragina aztertzen du. 2x2 diseinua du eta bere emaitzen arabera, sintaktikoki konplexuagoak diren esaldiek (ezezkoek) sinpleagoek baino (adierazpenekoek) mu uhinen desinkronizazio handiagoa sortzen dute garun-eremu motorrean (garun-area aurre-zentrala). Emaitza hauek Hizkuntzaren Teoria Motorra babesten dute, hizkuntzak mu uhinengan prozesamendu motorrak bezalako eragina duela erakusten baitute.

Hitz gakoak: ispilu-neuronak, hizkuntz-prozesamendua, mu uhina, Hizkuntzaren Teoria Motorra

***Abstract***

*According to the Motor Theory of Language, language processing has its origin on the motor cortex. In an atempt to prove this theory, features that have been related to cortical processing of movements are being studied related to language processing. Until very recently mu waves (8-13 Hz) have been studied just in relation to motor processing. This is EEG experiment analyses the impact of syntactic and semantic processing on the mu waves. This 2x2 design experiment indicated that syntactically more complex sentences (negatives) induce a greater mu desyncronization than simpler ones (declaratives). These results back the Theory of Motor Processing since they show that language processing modulates mu waves the same way motor processing does.*

*Keywords: mirror-neurons, language processing, mu waves, Motor Theory of Language*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Mu uhinak garuneko aktibitate elektrikoaren frekuentzia zati bati deritzo, 8Hz eta 13Hz bitarteko frekuentzia zatiari hain zuzen. Mu uhinak filtratuz, frekuentzia horietan ematen diren gertaerak iker daitezke. Prozesamendu ezberdinek (erlaxazioak, mugitzeak, mugimenduak ikusteak, etab.) frekuentzia horien anplitudean gorakadak edo beherakadak eragin ditzakete. Frekuentzien dezibelioen beherakadari deritzo hain zuzen ERDa (*Event Related Desynchonization*) edota desinkronizazioa. Mu uhinak, eta beren desinkronizazioa, historikoki prozesamendu motorra aztertzeko erabili dira (Gastaut eta Bert, 1954), mugimenduen prozesamenduak sortzen baititu mu ERD handienak garun-eremu zentral eta aurre-zentraletan.

Hizkuntzaren Teoria Motorra aurkeztu zenetik (Liberman eta Mattingly, 1985) hizkuntzaren prozesamenduaren ikerketan prozesamendu motorrean ikertzen diren hainbat ezaugarri ikertzen hasi dira, horien artean, mu uhinak. Teoria honek hizkuntzaren prozesamendua eta prozesamendu motorra hainbat mailatan erlazionatzen ditu: maila fonetikoan, semantikoan, etab. Hala ere, maila sintaktikoan gutxi dira bi prozesamenduak erlazionatzen dituzten esperimentuak, metodologia nahiz diseinu on baten konplexutasuna dela eta.

EEG (elektroentzefalografia) esperimentu honetan hizkuntzaren prozesamendua aztertzen da funtzio motorrei dagozkien garun eremuetan. Honetarako, garunak sortzen dituen mu uhinen

desinkronizazioa aztertzen dugu perpausak prozesatzean. Helburu nagusia sintaxia eta semantikaren prozesamenduak mu uhinengan duten eragina ikustea da.

Gure hipotesia honakoa da: prozesamendu motorrak eta hizkuntzazkoak oinarri kortikal berbera badute, perpausen prozesamenduak mu uhinen desinkronizazioa sortu beharko luke, mugimenduen prozesamenduak eragiten duen moduan. Sintaxiaren mailan, sintaktikoki zailagoak diren esaldiek esaldi sinpleagoek baino desinkronizazio handiagoa sortu beharko lukete, errekurtso kortikal gehiago beharko bait lukete beren prozesamendurako. Semantika mailan, aditz aktiboak dituzten esaldiek aditz abstraktuak dituztenak baino desinkronizazio handiagoa sortu beharko lukete, gorputz atalei dagozkien garun-zatiak zuzenean piztuko bailirateke.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Liberman eta bere kideek Hizketaren Hautematearen Teoria Motorra aurkeztu zutenean (Liberman et al., 1967; Liberman eta Mattingly, 1985), hizkuntza-prozesamendua eta prozesamendu motorra fonetika mailatik lotu zituzten. Teoriak dio hizkuntza hautematerakoan jasotzen ditugun objektuak fonemak ahoskatzerakoan kateatzen ditugun mugimendu edota keinuak direla. Teoria hau ordea, ezin frogatuta gelditu zen 1996an ispilu-neuronak aurkitu arte (Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996). Makakoetan prozesamendu motorra aztertzen ari zirela, honakoaz konturatu ziren: neurona berberak pizten ziren animaliak mugimendu jakin bat egitean eta mugimendu hori bera ikertzaileak egiten ikustean. Aurkikuntza hau egiteko SNR teknika (*Single Neuron Recording*) erabili zuten. Nahiz eta etikoki ezinezkoa den teknika hau gizakietan erabiltzea (eta hala, ispilu-neuronak ditugula frogatzea), hainbat dira gizakiok ere ispilu-neuronak ditugula sinestera garamatzaten ikerketak. Ikerketa hauen artean TMS (Fadiga et al., 1999), PET (Arbib et al., 2000), fMRI (Iacoboni et al., 1999; Pulvermüller, 2005) eta ikerketa fisiologikoak (Fabbri-Destro eta Rizzolatti, 2008) aurki ditzakegu. Ispilu-neuronak, gainera, mu uhinen sorburutzat hatzen dira (Altschuler et al., 1997; Altschuler et al. 2000).

Ispilu neuronen aurkikuntzak hautemate eta exekuzio prozesuak hurbildu zituen, mugimendu jakin bat ulertzeko norbere buruaren identifikazioa beharrezkoa baita. Batzuek hau komunikazioaren -eta hizkuntzaren- oinarri ebolutibo bezala ikusi zuten (Gallese, 2003; Oberman et al., 2008; Rizzolatti eta Arbib, 1998), besteena ulertzea baita komunikatzeko lehen pausoetako bat.

Denborarekin prozesamendu motorra eta hizkuntz-prozesamendua prozesamendu hierarkiko bezala identifikatu dira (Pastra eta Aloimonos, 2012; Pulvermüller, 2010; Pulvermüller eta Fadiga, 2010). Hala, antzeko prozesu diren unetik, antzeko errekurtsoak erabil ditzaketela pentsatzen da. Teoria hau baiesteko asmotan, azken urteotan ikerketa dezente ari dira egiten prozesamendu motorra eta hizkuntzaren inguruan. Fonetikari lotuta, fonemak entzun edota ahoskatzeak garun-eremu motorrean zati berberak pizten dituela ikusi da (Pulvermüller et al., 2006). (Berent et al., 2015)-ek hitzak osatzen dituzten fonemek sistema motorreko zatiak pizten direla ikusi dute, baina eremu horiek ez dira pizten fonemek hitzak ez dituztenean sortzen. Semantikari deritzonez, ikerketa somatotopikoek erakutsi dute hizkuntzak gorputz-atalen mugimendua prozesatzeko erabiltzen ditugun garun-eremuak piz ditzakeela (Fadiga et al., 2002; Pulvermüller eta Fadiga, 2010; Tettamanti et al., 2005).

Sintaxia eta sistema motorra ordea teorian soilik lotu dira orain gutxi arte (Fitch and Martins, 2014). (Alemanno et al., 2012)ek prozesamendu semantikoaz gain, sintaxiaren prozesamenduak gune-motorretan izan dezakeen eragina ikusi nahi izan zuten. Honetarako, EEG esperimentu bat diseinatu zuten mu uhinen ERDa neurtuz. Esperimentu honetan sintaktikoki zailagoak eta sinpleagoak ziren esaldien prozesamendua eta akziozko esaldien eta esaldi abstraktuen prozesamendua aztertu zituzten. Beren emaitzetan, akziozko esaldien interakzio bat aurkitu zuten: hizkuntzak sortutako desinkronizazioa handiagoa zen esaldi konplexuetan beti ere

akziozko aditzen bat bazegoen. Ikerketa berritzaile hau oinarri hartuz, guk materialak gaztelaniara pasa (originalak italieraz ziren) eta esperimentu horren ihardespen bat egin dugu.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Esperimentua eta analisiak

Esperimentu hau Alemano et al. (2012) artikuluan aurkeztutako esperimentuaren ihardespen bat denez, diseinua, materiala eta prozesu berberak erabili dira: 2x2 diseinu faktoriala du, aldaketa sintaktiko eta semantikoak dizuten esaldiekin (ik. 1. taula). Diseinu honek aldaketa semantikoek nahiz sintaktikoek izan ditzaketen ezberdintasunak aztertzen uzteaz gain, euren artean egon litezkeen elkarreraginak ere aztertzen uzten digu.

**1. taula. Esperimentuko materialak 2x2 diseinuaren arabera banatuta.**

| | | **SEMANTIKA** | |
|---|---|---|---|
| | | **Mugimenduzko aditzdunak** | **Aditz abstraktodunak** |
| **SINTAXIA** | **Esaldi adierazleak** | *"Yo escribo"*<br>40 esaldi | *"Yo pienso"*<br>40 esaldi |
| | **Ezezko esaldiak** | *"No escribo"*<br>40 esaldi | *"No pienso"*<br>40 esaldi |

Sintaxiak garun-prozesamenduan izan dezakeen eragina aztertzeko bi esaldi mota osatu ziren: adierazleak (80 esaldi) eta ezezkoak (80 esaldi). Prozesamendu semantikoa aztertzeko mugimenduzko aditzak zituzten esaldiak (80 esaldi: 40 adierazle, 40 ezezko) eta aditz abstraktodun esaldiak (80 esaldi: 40 adierazle, 40 ezezko) osatu ziren.

19 subjektuk (10 emakume) hartu zuten parte esperimentuan (batezbesteko adina: =22±3.23). Guztiak ziren gaztelaniazko elebakarrak, eskuinak ziren *Edinburgh Handedness Inventory* galderen arabera, eta ikusmen ona zuten. Esperimentua egin aurretik subjektu guztiek esperimentua egin eta beren datuak erabiltzeko EHUko nahiz LOPD legea betetzen dituen onarpena sinatu zuten.

Subjektuak elektromagnetikoki isolatutako gela batean eseri ziren, 24 hazbeteko pantaila batetik metro batera. 32 elektrodoko EEG makina bat jarri zitzaien garunaren uhin elektromagnetikoak gordetzeko. Ikertzaileak saio guztiak web-kamera bidez jarraitu zituen zuzenean alboko kontrol gelatik; saio guztiak bideoz grabatu ziren esperimentuan zehar subjektuak ez zirela mugitzen ziurtatzeko.

Subjektuek pantailan agertzen ziren esaldiak isilean irakurri behar zituzten esperimenturako. Ahalik eta gutxien mugitzeko eskatu zitzaien. Esaldi batetik bestera 10 segundoko tartea zegoen pantaila beltza agertuz. Esaldi bakoitzaren aurretik 300 milisegundoz gurutze bat agertzen zitzaien pantailan esaldia agertuko zen leku berean. Ondoren, 1,5 segundoz esaldiak agertzen ziren eta subjektuek isilean irakurri behar zituzten. Esaldi bakoitzaren ostean, subjektu bakoitzak ahoz erantzun behar zuen esaldi hori oso erabilia zen edo ez esanez. Honetarako, "*frecuencia alta*", "*media*" edo "*baja*" soilik esan behar zuten ahoz, gorputzeko beste atalak ahalik eta gutxien mugituz. Erantzun hauen helburua subjektuak esperimentuan zehar arreta mantentzea zen, esperimentuaren helburuarekin ez zuen zer ikusirik.

Jasotako EEG datuak Matlab eta EEGLAB programekin garbitu eta aztertu ziren. Datuak garbitzeko, lehenik eta behin eskuz esperimentua gelditu zireneko guneak ezabatu eta estimulu zatiak soilik jaso ziren: estimulu aurretik 3 segundotatik estimulu ondorengo 1,5. segundoraino. Estimuluen ondoren beren maiztasuna ahoz esaten zutenez, datuetan aurpegiko muskuluek sortutako interferentzia

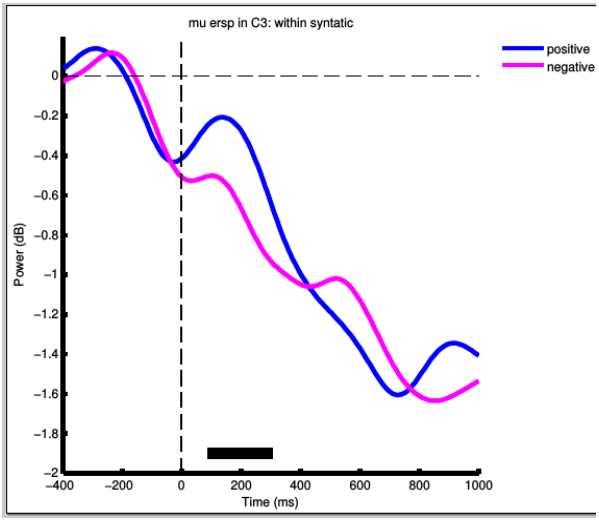
asko aurkitu ziren; hala, tarte horiek ezabatzea erabaki zen. Ondoren, ICA (*Independent Component Analysis*) analisi bat egin zitzaien seinaleko osagai zaratatsuak identifikatu eta ezabatzeko. Osagai guztiak eskuz errepasatu ziren, eta beren seinalea nahiz espektroa kontuan hartuz zaratatsuenak ezabatu ziren.

ERD analisia burutzeko, estimulu bakoitzaren aurreko mu uhinaren jokaera estimulu ondorengoarekin konparatu zen. Honetarako, estimulu aurreko -1500. milisegundotik -500. milisegundorako zatia hartu zen erreferentzia bezala.

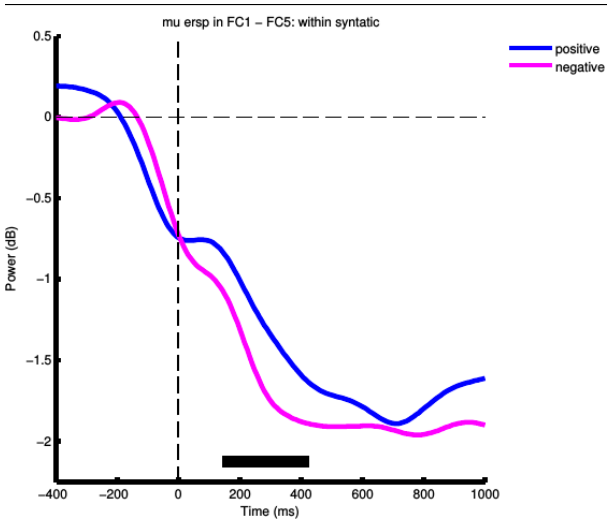
### 3.1 Emaitzak

Esperimentuen emaitzek ezberdintasun esanguratsuak agertu zituzten ezezko esaldi eta esaldi adierazleen artean. Hala, mu uhinen desinkronizazioan ezberdintasun esanguratsuak ($p < 0.05$) daude C3, FC5 eta FC1 elektrodoetan. Elektrodo hauek garun-eremu zentral eta aurre-zentralei dagozkie.

**1. irudia. C3 elektrodoan mu uhinen anplitudearen bilakaera esaldi adierazle eta ezezkoetan. Ezberdintasun esanguratsuaren gunea ($p < 0.05$) lerro beltzez marraztuta.**




**2. irudia. FC1 eta FC5 elektrodoan mu uhinen anplitudearen bilakaera esaldi adierazle eta ezezkoetan. Ezberdintasun esanguratsuaren gunea ($p < 0.05$) lerro beltzez marraztuta.**



Ezberdintasun semantikoak zituzten esaldiek, nahiz eta mu desinkronizazioa sortu elektrodo zentraletan, ez zuten beren arteko ezberdintasun esanguratsurik erakutsi.

Horrez gain, ez zen bi faktoreen artean (sintaxia eta semantika) elkarreraginik aurkitu. Honek zera erakusten du: sintaxi konplexu eta sinpleen arteko ezberdintasuna kategorikoa dela eta ez dela semantikaren eraginik ikusten.

## 4. Ondorioak

Esperimentu honen ondorio nagusia zera da, hizkuntzak mu uhinak prozesamendu motorraren antzera modulatu ditzakeela. Hemendik ondoriozta daiteke bi prozesamenduek badutela erlazioa forma, oinarri edota errekurtso kortikaletan. Emaitza hauek Hizkuntzaren Teoria Motorra babesten dute, eta aurretiaz fonetika eta semantika lotu diren bezala, sintaxia ere prozesamendu motorrarekin lotzen du. Garrantzitsua da azpimarratzea mu uhinen desinkronizazioa esaldi mota guztietan gertatzen dela; hau da, hizkuntza prozesatzean, oro har, beti agertzen dira prozesamendu motorrean agertzen diren antzeko desinkronizazioak.

Sintaxiaren konplexutasunari lotuta, gure emaitzetan sintaxi konplexuak sintaxi sinpleagoak baino desinkronizazio gehiago sortzen du. Mu desinkronizazio handiagoak errekurtso kortikal gehiagoren erabilera adierazten dela uste denez (Altschuler et al., 1997; Altschuler et al. 2000), zera ondorioztatzen dugu: sintaxi konplexuak errekurtso kortikal gehiago erabiltzen ditu sintaxi sinpleagoak baino.

Semantikari dagozkion emaitzetan, esaldi abstraktu nahiz mugimenduzkoek mu uhinen desinkronizazioa sortzen duten arren, gure datuek ez dute agertzen bien arteko ezberdintasun esanguratsurik. Kontuan izan behar dugu aldaera semantikoak zituzten itemak guztiak esaldiak zirela; hala, guztiek hierarkia sintaktiko bat zuten beren baitan aldaera semantikoaz gain. Bi esaldi motek desinkronizazio handia erakusteak zera adierazi ahalko luke: kontzeptu semantiko ezberdinak baino desinkronizazioa eragiten duena hizkuntzaren hierarkiaren prozesamendua dela.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Esperimentu honen emaitzek etorkizunera epe mozterako nahiz epe luzerako erronkak irudikatzera garamatza.

Epe motzera, helburu nagusia prozesamendu motorraren eta hizkuntz-prozesamenduaren arteko elkarreraginak hobeto ulertzea da. Esperimentu honen ondoren, hurrengo pausoa elebidunetan esperimentuaren erreplika bat egitea da. Elebiduna izateak errekurtso kortikalen erabilera handiagoa dakar. Hala, esperimentu hau bera elebidunetan eginez gero, oraindik eta mu desinkronizazio handiagoa aurkeztu beharko lukete. Gainera, 64 elektrodoko sistema eta analisi mota ezberdinak erabiliz, EEG seinalearen jatorria oraindik eta gehiago zehaztu ahal izango genuke.

Epe luzera, hizkuntza eta sistema motorraren elkarreraginak sakonago aztertzera bultzatzen gaitu. Ikerketa-bide honek, hizkuntzaren prozesamendua ulertzen laguntzeaz gain, burmuinaren funtzionamendua osoki hobeto ulertzen lagun diezaguke. Etorkizunera, burmuina ulertzea dugu gaixotasun neurologoikoei aurre egiteko modu bakarra, eta ikerketa-alor honek sistema motor nahiz hizkuntzazkoan eragiten duten gaixotasunak aztertzen beren eraginak samurtu ahal izateko. Esaterako, autismoaren ikerketan mu uhinak eta ispilu-neuronen funtzionamendua aztertzen dihardute zenbait ikerlarik (Oberman et al., 2008, 2007; Pineda, 2005). Hala, hizkuntzaren inguruko datuek ere beren emaitzak aztertzen lagun dezakete gaixotasunen jatorria nahiz egoera ulertu eta sendabidea aurkitzen saiatzeko.

## 6. Erreferentziak

Alemanno, F., Houdayer, E., Cursi, M., Velikova, S., Tettamanti, M., Comi, G., Cappa, S.F., Leocani, L., 2012. Action-related semantic content and negation polarity modulate motor areas during sentence reading: An event-related desynchronization study. Brain Res.

Altschuler E.L., Vankov A., Wang V., Ramachandran V.S., and Pineda J.A. (1997) Person see, person do: human cortical electrophysiological correlates of monkey see monkey do cell. Society of Neuroscience Abstracts, 719.17.

Altschuler E.L., Vankov A., Hubbard E.M., Roberts E., Ramachandran V.S., and Pineda J.A. (2000) Mu wave blocking by observation of movement and its possible use as a tool to study theory of other minds. Society of Neuroscience Abstracts, 68.1.

Arbib, M.A., Billard, A., Iacoboni, M., Oztop, E., 2000. Synthetic brain imaging: grasping, mirror neurons and imitation. Neural Netw. Off. J. Int. Neural Netw. Soc. 13, 975–997.

Berent, I., Brem, A.-K., Zhao, X., Seligson, E., Pan, H., Epstein, J., Stern, E., Galaburda, A.M., Pascual-Leone, A., 2015. Role of the motor system in language knowledge. Proc. Natl. Acad. Sci. 112, 1983–1988. doi:10.1073/pnas.1416851112

Fabbri-Destro, M., Rizzolatti, G., 2008. Mirror neurons and mirror systems in monkeys and humans. Physiol. Bethesda Md 23, 171–179. doi:10.1152/physiol.00004.2008

Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., Fogassi, L., Gallese, V., Pavesi, G., 1999. Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. Neuropsychologia 37, 147–158.

Fadiga, L., Craighero, L., Buccino, G., Rizzolatti, G., 2002. Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: a TMS study. Eur. J. Neurosci. 15, 399–402.

Fitch, W.T., Martins, M.D., 2014. Hierarchical processing in music, language, and action: Lashley revisited: Music, language, and action hierarchical processing. Ann. N. Y. Acad. Sci. n/a–n/a. doi:10.1111/nyas.12406

Gallese, V., 2003. The roots of empathy: the shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity. Psychopathology 36, 171–180. doi:72786

Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., Rizzolatti, G., 1996. Action recognition in the premotor cortex. Brain 119, 593–609. doi:10.1093/brain/119.2.593

Gastaut, H.J., Bert, J., 1954. EEG changes during cinematographic presentation; moving picture activation of the EEG. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 6, 433–444.

Iacoboni, M., Woods, R.P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J.C., Rizzolatti, G., 1999. Cortical mechanisms of human imitation. Science 286, 2526–2528.

Liberman, A.M., Cooper, F.S., Shankweiler, D.F., Studdert-Kennedy, M., 1967. Perception of the speech code. Psychol. Rev. 74, 431–461. doi:10.1037/h0020279

Liberman, A.M., Mattingly, I.G., 1985. The motor theory of speech perception revised. Cognition 21, 1–36.

Oberman, L.M., Pineda, J.A., Ramachandran, V.S., 2007. The human mirror neuron system: a link between action observation and social skills. Soc. Cogn. Affect. Neurosci. 2, 62–66. doi:10.1093/scan/nsl022

Oberman, L.M., Ramachandran, V.S., Pineda, J.A., 2008. Modulation of mu suppression in children with autism spectrum disorders in response to familiar or unfamiliar stimuli: the mirror neuron hypothesis. Neuropsychologia 46, 1558–1565. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.01.010

Pastra, K., Aloimonos, Y., 2012. The minimalist grammar of action. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 367, 103–117.

Pineda, J.A., 2005. The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing.” Brain Res. Rev. 50, 57–68. doi:10.1016/j.brainresrev.2005.04.005

Pulvermüller, F., 2005. Brain mechanisms linking language and action. Nat. Rev. Neurosci. 6, 576–582.

Pulvermüller, F., 2010. Brain embodiment of syntax and grammar: Discrete combinatorial mechanisms spelt out in neuronal circuits. Brain Lang. 112, 167–179. doi:10.1016/j.bandl.2009.08.002

Pulvermüller, F., Fadiga, L., 2010. Active perception: sensorimotor circuits as a cortical basis for language. Nat. Rev. Neurosci. 11, 351–360. doi:10.1038/nrn2811

Pulvermüller, F., Huss, M., Kherif, F., Martin, F.M. del P., Hauk, O., Shtyrov, Y., 2006. Motor cortex maps articulatory features of speech sounds. Proc. Natl. Acad. Sci. 103, 7865–7870. doi:10.1073/pnas.0509989103

Rizzolatti, G., Arbib, M.A., 1998. Language within our grasp. Trends Neurosci. 21, 188–194.

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., Fogassi, L., 1996. Premotor cortex and the recognition of motor actions. Cogn. Brain Res. 3, 131–141.

Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M.C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., Fazio, F., Rizzolatti, G., Cappa, S.F., Perani, D., 2005. Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. J. Cogn. Neurosci. 17, 273–281. doi:10.1162/0898929053124965

# “Gu”ak Trantsizioan: Euskal Herriko lau kultura politiko nagusien memoria eta nortasuna (1975-1980)

**Landaberea, E.**
***Deustuko Unibertsitatea, Gizarte eta Giza Zientzien Fakultatea, Komunikazioko Saila***
***eider.landaberea@deusto.es***

***Laburpena***

Gizarte osoak partekatuko duen iraganaren ikuspegi eta interpretazio bakarra aurkitzeko ezintasunak agerian uzten du iraganari begiratzeko hainbat modu daudela; iraganari begiratzeko ikuspegi anitz eta desberdin horiek nortasun nazionalen, hots, partaidetza-sentimendu desberdinen konfigurazioan dautza. Horretan oinarrituta eta hortik abiatuta planteatzen dugu Trantsizioko euskal gertalekuko lau kultura politiko adierazgarrienen –hala nola, abertzaletasun historikoaren (EAJ-PNV), estatuko ezkerraren (PSE-PSOE), Espainiako zentro-eskuinaren (UCD) eta ezker abertzalearen (EE eta HB)– memorien azterketa oinarri izan duen doktorego-tesia. Honen laburpena da hurrengo lerroetan irakurgai izango duzuena.

Hitz-gakoak: Memoria, Nortasuna, Transizioa, Euskal Herria, Alderdi politikoak

***Abstract***

*The impossibility of finding a vision and interpretation of the past shared by society as a whole conceals different ways of looking at yesterday. The origins of different feelings of belonging, of different identities, can be found in the varied ways of looking at the past. This is the starting point of a doctoral dissertation that aims to analyse the memories of the four main political cultures in the Basque Country during the transition from dictatorship to democracy. That is to say, historic nationalism (EAJ-PNV) (Basque Nationalist Party); socialism (PSE-PSOE) (Basque Socialist Party-Spanish Socialist Party); the right (UCD) (Union of the Democratic Centre) and the Basque abertzale left parties (EE and HB). The main ideas of this dissertation can be summarised as follow.*

*Keywords: Memory, Identity, Transition, Basque country, Parties*

## 1. Sarrera

Desberdinen arteko bizikidetza bihurtu da gaur egungo demokrazien erronka nagusietako bat. Euskal gizartea ez da salbuespena. Askotariko faktoreek –hala nola faktore ekonomikoek, politikoek, ideologikoek, hizkuntzakoek edo historikoek– forma eman diote edo forma ematen ari zaizkio gizarte-errealitateari, hots, inolako zalantzarik gabe konplexu, anitz eta askotariko gisa definitzen dugun gizarte-errealitateari. Termino horiek asko samar ari dira erabiltzen hedabideetan zein arlo politikoan, baita hiritarrek euskal gizartea definitzeko eta kalifikatzeko erabiltzen duten eguneroko hizkeran ere. Gaur egungo Eusko Legebiltzarrean ordezkatuta dauden aukera politikoen sortak agerian utzi, eta islatzen du konplexutasun, aniztasun eta pluraltasun hori.

Inguruabar horretatik, hain zuzen ere, planteatu dira doktorego-tesi honi itxura ematen dioten galderak. XXI. mendeko euskal gizartea anitza eta askotarikoa da partaidetza-sentimenduei dagokionez, eta horixe izan da gogoetarako oinarri gisa *memoria* duen doktorego-tesi honen abiapuntua. Kolektibo baten nortasun nazionalaren konfigurazioan, transmisioan eta sozializazioan memoria alderdi erabakigarria dela adieraztea ez da gauza berria. Gizarte osoak partekatuko duen iraganaren ikuspegi eta interpretazio bakarra aurkitzeko ezintasunak agerian uzten du iraganari begiratzeko hainbat modu daudela; iraganari begiratzeko ikuspegi anitz eta desberdin horiek nortasun nazionalen, hots, partaidetza-sentimendu desberdinen konfigurazioan dautza. Eta horretan oinarrituta eta hortik abiatuta, hain zuzen ere, planteatzen dugu Trantsizioko euskal gertalekuko lau kultura

politiko adierazgarrienen memorien azterketa, hau da, abertzaletasun historikoarena (Euzko Alderdi Jeltzaleak ordezkatzen zuena), estatuko ezkerrarena (*Partido Socialista de Euskadi-Partido Socialista Obrero Español* alderdiak ordezkatzen zuena), Espainiako zentro-eskuinarena (*Unión de Centro Democrático* alderdiak ordezkatzen zuena) eta ezker abertzalearena (Euskadiko Ezkerra eta Herri Batasuna koalizioek ordezkatzen zutena). Oraindik ere lau kultura politiko horiek dira, funtsean, gaur egungo Eusko Legebiltzarrean ordezkatuta dauden joera politiko nagusiak.

## 2. Ikerketaren helburuak

Bi helburu nagusi nabarmendu nahi ditut: batetik, une honetan memoriaren kontzeptua oso erabilia bada ere, paradoxikoki, gertakari oso zehatzetara eta traumatikoetara mugatzen dela ematen du, eta doktorego-tesi honek lagungarria izan nahi du zerumuga hori zabaltzeko. Horretarako, iraganaren hainbat memoria, hots, hainbat oroimen sortzeko arrazoiak eta moduak aztertu dira –kasu honetan nortasun-definizioari dagokionez–, eta memoria horiek aldatzeko eta unean uneko inguruabarretara egokitzeko moduak ere aztertu dira, betiere memoria horien ibilbide aldakorra eta anitza nabarmentzeko. Prozesu horiek azaldu egin behar dira, “funtsetatik”, “egia absolutuetatik” eta “errealitate aldaezinetatik” urrun, eta justifikazio interesatuez harantzago.

Bestetik, doktorego-tesi honek egiaztatu nahi izan du memoriak garrantzi handikoak izan zirela Trantsizio garaian euskal gertalekuko lau kultura politiko nagusien estrategietan; halaber, aztergai den aldian, iraganerako begirada horiek, hots, memoria horiek boterea, legitimitatea eta aitorpena lortzeko borrokaren gertalekuko parte ere izan zirela egiaztatu nahi izan du. Horrenbestez, doktorego-tesi honek Trantsizioaren garaiko euskal panorama historiografikoa ere osatuko duen ekarpen txiki bat izan nahi du.

## 3. Ikerketaren muina eta ondorioak

Aukera politiko desberdinek modu desberdinean begiratzen diote iraganari, eta modu desberdinean eraikitzen dute iragana; horretan ere bereizten dira. Haien ekintza politikoaren bitartez modu aktiboan laguntzen dute memoria kolektibo jakin baten konfigurazioan eta hedapenean. Azken finean, memoria horrek “gu”a definitzeko eta ulertzeko modu bat jasotzen du, nortasuna definitzeko eta eraikitzeko modu bat. Horixe da, hain zuzen ere, doktorego-tesi honen *hipotesi* nagusia, Trantsizioan Euskal Herriko lau kultura politiko nagusien giltzarri diren nortasun-erreferenteak identifikatu nahi izan dituena eta testuinguru zehatz horretan erreferentzia izateko arrazoiak azaldu nahi izan dituena. Esan beharrik ez dago alderdi politikoak direla ordezkaritzako demokraziako sistema baten aktore nagusiak, eta, inolako zalantzarik gabe, aktore bereziki adierazgarriak izan zirela diktadorearen heriotzaren ondoren eraikitzen hasi zen gertaleku demokratiko berrian. Gertaleku berri horretan, alderdi politikoek haien estrategia eta diskurtsoak diseinatu zituzten eta, hartara, orduko beharrei erantzun zieten, etorkizuneko proiektuak (iguripenak) finkatu zituzten eta iraganaren inguruko haien kontakizuna (memoria) jaso zuten. Guztiek izan zuten etapa politiko berri horren aurrean definitzeko beharra; guztiek aurkitu nahi zuten “haien” lekua; guztiek landu zituzten “haien” nortasuna nolabait modu esplizituan artikulatzen zituzten kontakizunak; eta guztiek hedatu, ofizializatu edo instituzionalizatu nahi izan zuten “haien” kontakizuna, “haien” memoria. Horren bidez, “haien” kontakizuna onartzen, legitimatzen eta barnean hartzen duen eta harekin identifikatzen den zirkulua zabaldu nahi izan zuten. Izan ere, alderdi hori garrantzizkoa zen ordezkaritzako demokraziako sistema batean.

Prozesu horiek aztertzeko Trantsizioa hautatu izanak badu arrazoia, eta garai hura berez interesgarria izatearen gainetik dago. Beste espazio publiko bat gaitzearen ondorioz izan ziren irekitze politikoek erraztu zuten memorien eta kontakizun ordura arte isilduen edo zentsuratuen adierazpena, eta beste kontakizun batzuen sorrera ere ahalbidetu zuten. Aldaketa-garaia izan zen, beste estatu demokratiko baten sorrerarako edo birsorrerarako garaia izan zen; mahai gainean garrantzi handiko gaiak jarri ziren, hala nola gobernu-forma, erakundeen bilbea edo Estatu berriaren lurralde-antolamendua bera. Eta eztabaida horietan, eta erabakiak hartzeko unean, etorkizuneko hainbat proiektu azaleratu ziren, iraganaren irakurketa pluralak esplizituki egiten zituztenak, hein batean edo

bestean. Horrenbestez, ikerketa honetan, Trantsizioa gehiago interesatu zaigu ia berrogei urtez espazio publiko osoa hartu zuen memoria ofizial bakar eta hegemoniko batetik memoria pluralen eta anitzen sorrerarantzko bide gisa, eta ez hainbeste diktadura-erregimen batetik erregimen demokratiko baterako ibilbide gisa.

Euskal Herrian Trantsizioak eta Euskal Herriko instituzionalizazio garaikideak –Estatuarekin lotuta dagoenak edo Estatuaren mende dagoenak– berariazko eskakizun zehatzak ere izan zituen. Diktadurako berrogei urte jasan baziren ere, Euskal Herrian, beste lekuren batean bezalaxe, sendo iraun zuen erkidego nazional bereizi bateko partaidetza-sentimenduak. Leku horietan zabalagoa izan zen diktaduraren ondorengo memorien bidea, hots, diktaduran espazio publikoa osorik hartu zuen memoria hegemoniko eta ofizial batetik memorien pluraltasun baten sorrerarako bidea zabalagoa izan zen; izatez, erkidego hori bera eratzeari dagozkion memoriak eta kontakizunak ere azaldu ziren (haatik, nortasun kolektibo jakin baten babesa ez zen Trantsizioaren garaiko euskal gertalekuko alderdi politiko guztien *leit motiv*-a izan).

Halaber, euskal alderdi politikoen sistema edo azpisistema berezia da, heterogeneotasun ideologikoa du bereizgarri eta hainbat haustura-linea ditu; ezkerraren eta eskuinaren arteko haustura klasikoaz gain, alderdi abertzaleen eta estatalisten/espainolisten arteko tentsio-linea ere badago –ezin dugu ahaztu XIX. mendearen amaieran eratutako alderdi "historikoak" eta aztergai dugun garai horretan sortu ziren alderdiak ere badaudela–. "Pluralismo polarizatu" gisa definitutako eredua da, eta eredu horretan haustura-linea horiek ez dituzte konpartimentu estankoak sortu, baizik eta hurbiltze- edo urruntze-puntuak dituzten konpartimentuak; horren ondorioz, askok "dimentsioaniztun" gisa kalifikatzen dute euskal alderdi politikoen sistema edo azpisistema.

Iraganari begiratzeko moduek, atzera begiratzeko askotariko arrazoiek eta hautatutako erreferente anitzek are gehiago zailtzen eta anizten dute euskal alderdi politikoen sistemaren bereizgarri diren diagrama, ardatzak eta "dimentsioaniztasuna"; izatez, iraganari begiratzeko moduak ez datoz bat, halabeharrez, ardatz klasikoekin. Hau da, eskema horretan memoriak sartzeak diagramaren ardatz klasikoetako hurbiltze- edo urruntze-puntuak aldatzea eragiten du. Laburbilduta, hauxe da *emaitza*:

Trantsizioko euskal diagrama politikoko ardatz abertzalea osatu zuten sigla politikoek, hau da, EAJ-PNV (1895) eta EE (1977) eta HB (1978) koalizioek, hiru hurbiltze-puntu argi dituzte euskal erkidegoa eratzeko kontakizunaren eraikuntzan, euskal erkidegoa da haien narrazioaren subjektua eta objektua. "Euskal herriaren" ikuskera klasikoa partekatu zuten, hots, Arabako, Bizkaiko, Gipuzkoako, Nafarroako, Zuberoako eta Lapurdiko lurraldeetan kokatzen den herria, bere hizkuntza duena (euskara), eskubide batzuen eta subiranotasun baten subjektua dena, haien kontakizunaren arabera aldebakarrez eta indarrez kendu zitzaiena, eta, orduz geroztik, hainbat testuingurutan eskatu dena. "Euskal herria gara" izan zen hiru erakunde horien "gu" horren definizioa. Haatik, bakoitzaren "gu" horren definizioan barnean hartzen diren kontakizunak eraikitzeko hautatutako erreferenteak bestelakoak izan ziren, azken finean haien jatorriak, proiektu politikoak eta garai hartako beharrak desberdinak izan ziren. Hori dela eta, EAJrengan definizio iraunkorra zen "euskal herria gara" definizioa, ñabartu egin zen HBren kasuan "abertzaleak gara" definiziorantz edo EEren kasuan "euskal langileria gara" definiziorantz.

Horrenbestez, "nor gara?" galderari EAJk "euskal herria gara" erantzun zion. EAJk foru-iragana hautatu zuen erreferente gisa euskal herriaren existentzia justifikatzeko; iraganean antolamendu-arau batzuk eta eskubide batzuk izan zituen, eta jeltzaleentzat horiek ematen diote oinarri erkidegoari, horiek egiten dute, azken finean, erkidegoa existitzea. Kontakizun horren arabera, eskubide horiek indarrez eta aldebakarrez kendu zitzaizkion, eta testuinguru demokratiko berri batean bidezkoa zen eskubide horiek aldarrikatzea. Foraltasun horrek aukera eman zion EAJri adierazteko "izan ginelako eta izaten jarraitu nahi dugulako gara", hau da, foraltasunak aukera eman zuen iragana, oraina eta etorkizuna lotzeko, kontakizunari "jarraitutasuna" emateko. Hortaz, horretan oinarrituta 1977an legitimatu zuen alderdi jeltzaleak bere existentzia bera eta bere proiektu politikoa, 1895. urtean eratu zenetik helburu zuena (1977ko ekaineko lehen hauteskunde orokorretarako hautatutako leloa horren adierazgarri da: "*beti* egon garen lekuan jarraituko dugu"). Eta, eratze-aldi horretan, hartara zuzendu zuen EAJk bere jarduera politikoaren zati handi bat: euskal erkidegoaren bere ideia babestera (alderdi

askotan logika modernoaurreko bati erantzuten diona) eta estatu demokratiko berrian txertatzera. Ildo horretan, "jatorrizko subiranotasunaren" ideia argudiatzeko baliagarria izateaz gain, EAJk foraltasunaren bidez justifikatu zuen euskal foru-erkidegoek erakunde politiko bakarra sortzea (horien berezitasunaren murrizketa eragin gabe), baita euskal erkidegoaren eta Estatuko gainerako herrien arteko baterako existentzia ere. Hori guztia posible izan zen "foru-garaiko Koroarekiko ituna" berregitean eta orainaldira ekartzean.

Euskal erkidegoaren "haien" ideia ahokatzeko eta babesteko beharrezko "tresna" gisa sortu ziren Gernikako Autonomia Estatutua eta Konstituzioa –Konstituzioak eskubide historikoen "errespetua eta babesa" jasotzen du (jeltzaleek konstituzio-eztabaidetan sartutako kontzeptua da eskubide historikoena)–. Haien nahirik absolutuenetatik urruntzen ziren testuak baziren ere, bi testu horiek baliagarriak izan ziren EAJk "bere" "euskal herriko" ideia (haren "gu"a) instituzionalizatzeko; 1979. urtetik aurrera, "izateaz" gain "egon bazegoen", eta, gainera, orainaldian (1979an) berretsi zuten euskal hiritarrek.

HBk bere diskurtsoan ezker abertzalearen (frankismoaren garaiko azken urteetan eta Trantsizioaren lehen unetan eratu zen espazio politikoaren) berezko *Independentziaren eta Sozialismoaren* aldarrikapena mantendu bazuen ere, aberri-kodean definitu zuen haien "gu"a. EAJrekin bat egin zuen euskal erkidegoa definitzen zuten elementuetan, hala nola, lurraldetasunean, euskaran edo "kendutako" subiranotasunean. Edonola ere, haien "gu"a definitzeko oso bestelako erreferentea hartu zuten. HBk Nafarroako Erresuma hartu zuen erreferentzia, eta ez foru-iragana. 1978. urtean sortu zenetik bertatik, koalizio abertzalearen azken helburua euskal Estatua-Nazioa lortzea zen, eta aurrez aurre jarri zen helburu hori aintzat hartzen ez zuen edozein erabakiren aurka. Helburu horren justifikazioak "aurrekari historiko" bat zuen oinarri, Nafarroako Erresuma, eta HBk nazio- eta estatu-kodean eguneratu eta interpretatu zuen, baita adierazgarri bihurtu ere. HBk bere "gu" horren definizioa honako erreferentzia-elementu hauetan oinarritu zuen: Nafarroako Erresuman, lurraldetasunean, hizkuntzan, antiespainolismoan eta kendu zaizkion eskubideen aldeko euskal herriaren mendetako borrokaren ideian –koalizio abertzaleak XI. mendetik XX. mendera arte etengabeko eta jarraitu gisa interpretatzen du borroka hori, eta ETA erakundea borroka horren ordekoa eta jarraipena litzateke–. Definizio hori pixkanaka-pixkanaka murrizten joan zen "euskal herria gara" ideiatik "abertzaleak gara" ideiara, autonomia-estatuari babesa eman zioten ardatz abertzaleko gainerako sigla politikoek borroka horri traizioa egin ziotela iruditzen baitzitzaion.

EEk iraganari egindako begiradaren oinarria izan zen "bere" espazio politikoaren, hots, bere "gu" horren sorrera eta existentzia azaltzea eta justifikatzea. Haien iritziz, batetik, abertzaletasun historikoak bere diskurtsoan euskal langileen aldarrikapenak barnean hartzeko azaldutako ezintasunak eta, bestetik, sozialismoak Euskal Herriaren aldarrikapen nazionalak bere egiteko ezintasunak ematen zioten zentzua haien "gu" horri. EEren memoriaren arabera, sozialismoa eta abertzaletasuna Gerra Zibilaren ostean arerio izateari utzi bazioten ere, borroka nazionalak eta borroka sozialak bat egin gabe jarraitzen zuen, eta ETA erakundea 1959. urtean sortu zenean egin zuten bat bi borroka horiek. Koalizioaren iritziz, euskal langileriak gai nazionala bere egitea garrantzi handiko eta funtsezko gertakaria izan zen euskal herriaren historian, eta horren ondoriozkoa izan zen ETAren sorrera eta ezker abertzalearen beraren sorrera. "Euskal langileria gara" izan zen EEren "gu"a. Kode marxistan definitutako "gu"a zen. Horixe da koalizioak, eratze-aldian bertan, abiarazi zuen bidaiaren ekarpenik nabarmena eta bereizgarriena, eta erreferenterik iraunkorrena; harrera iraultzaile eta independentistetatik, posibilismoranzko eta autonomiaranzko bidaia.

Trantsizioko euskal diagrama politikoaren ardatz estatalistak/espainolistak, hau da, PSE-PSOE (1879) eta UCD (1977) alderdiek iritsiera puntua izan zuten komunean: autonomien estatua. Hala ere, helmuga horretara iristeko egin zuten bidea oso bestelakoa izan zen, baita bakoitzaren abiapuntua, etorkizuneko proiektu politikoa, orduko beharrak, edo bakoitzaren "gu"a definitzeko hautatu ziren erreferenteak ere.

UCDrentzat autonomien estatua foruen ikuspegi modernoa zen, testuinguru demokratiko berrirako egokitzapena. Euskal Autonomia Erkidegoko eta Nafarroako zentristentzat foraltasuna izan zen "gu"a definitzeko erreferentea –EAJrentzat bezalaxe–. Nolanahi ere, zentristek Espainiako erkidegoaren

funtsezko atal gisa birsortu zuten eta ekarri zuten egunera foraltasuna, Espainiako nortasunaren eta, beraz, euskal nortasunaren eta/edo nortasun nafarraren funtsezko atal gisa; izatez, Nafarroako zentristek foraltasuna, 1841eko lege itundua, erabili zuten Nafarroaren bide berezia babesteko eta, hala, Araba, Bizkaia eta Gipuzkoako lurraldeekin batera entitate politiko bakarra eratzea saihesteko. Euskal eta nafar zentristek espainiar izateko modu berezi gisa birsortu zuten foraltasuna: "euskaldunak gara, nafarrak gara eta horregatik gara espainiarrak" izan zen haien "gu"aren definizioa. Ikuspegi horrekin, eta haien ekintza politikoarekin, euskal eta nafar zentristek laguntza aktiboa eman zioten estatu demokratiko berria "Espainia anitz" gisa hartzen duen ikuskerari. UCDk babestu eta beti "helburu" gisa ulertu zuen ikuskera hori, hain zuzen ere, jaso zen Konstituzioaren testuan eta Estatutuaren testuan.

PSE-PSOEren iraganerako begiradak ez zuen helburu nagusi gisa izan erkidego nazional jakin baten existentzia justifikatzea. Haren iraganerako begiradan eragin handiagoa izan zuen alderdiaren hainbat belaunaldi lotzeko beharrak, berrogei urteko diktaduraren ondoren. Memoria horrek lotu egin zituen, batetik, hogeita hamarreko belaunaldikoek langileriaren eskubide zibilen eta askatasunen alde egindako borroka eta, bestetik, gerra ostean jaiotako belaunaldiek frankismoaren garaian egin zuten borroka. Horrela eman zitzaion jarraipena 1879. urtean sortu zen proiektu politikoari.

Eratze-aldi horretan, PSE-PSOEk bi modu desberdinetan definitu zuen bere "gu"a: "euskal herria gara" izan zen euskal sozialistek trantsizioaren lehen unean eman zuten definizioa. Honako alderdi hauek guztiz erraztu zuten definizio hori eta euskal sozialisten jarduera politikoa –EAJrekin elkarlan estuan autonomiaren alde egin zuten jarduera politikoa–: aldarrikapen nazionalaren eta antifrankismoaren ideiaren beraren arteko identifikazioak; nazioarte-mailan hirurogeiko hamarkadan ezkerrean indarra hartu zuten ideia berriek (antinperialismoak, autodeterminaziorako eskubideak edo herrien askatasunak); eta PSOEk XXVII. biltzarrean federalismoaren alde eta Espainiako Estatuko nazionalitateen eta eskualdeen eskubideak onartzearen alde egin zuen apustuak. Haatik, Konstituzioaren eta Estatuaren testua onartu ostean, PSE-PSOEk, baskismoari uko egin gabe eta nortasun nazionalaren eta klase-nortasunaren arteko sintesia lortzeari uko egin gabe, sendotu egin zuen klase-nortasuna, euskal gertalekuan bere espazio politikoa aurkitzearren (antzeko prozesua egin zuen PSOEk federalismoa alboratu zuenean eta autodeterminazioaren eskubidea nazioarteko eskubidearen berariazko esparrura baztertu zuenean). 1979. urteaz geroztik, "euskal herria gara" instituzionalizatuta geratu zen Estatutuaren testuan, PSE-PSOEren nahi autonomikoen helmugan, eta alderdi sozialistaren sorreratik berezkoa eta bereizgarria izan zen "langileria gara" berrindartu zen, euskal gertalekuan bere espazioa aurkitzeko bide gisa.

Zentro-eskuineko ardatzaren bi sigla politikorik adierazgarrienak, EAJk eta UCDk, foru-iragana hartu zuten erreferente gisa haien nortasun-kontakizuna oinarritzeko. Alabaina, ikusi dugun bezalaxe, foru-iragan horren memoria –haren birsorrera– desberdina izan zen bi alderdientzat. Eratze-aldian, garai hartako behar desberdinetatik begiratu zioten iraganari eta buruan etorkizunerako proiektu desberdinak zituzten. Gauza bera gertatu zen ezkerreko ardatzaren siglarik adierazgarrienekin, hau da, ezker abertzaleko EE eta HB koalizioekin eta PSE-PSOErekin; horiek klase-nortasunaren eta nortasun nazionalaren arteko sintesia lortzeko ahalegina izan zuten komunean. Dena dela, eta ikusi dugun bezalaxe, aztergai dugun aldian, sintesi horrek oso arrakasta eta errotze desberdina izan zuen espazio politiko horren alderdi politiko adierazgarrienen artean. Desberdintasun hori agerikoa da alderdi horiek "haien" "gu"a nola ulertu eta definitu zuten ikusten badugu.

## 4. Etorkizunerako planteatutako norabidea

Trantsizioan boterea, legitimitatea eta aitorpena lortzeko borrokaren gertalekuaren parte izan ziren iraganaren begirada desberdinak, memoria desberdinak. Memoriek garrantzi handia izan zuten Trantsizioko euskal gertalekuko lau kultura politiko nagusien estrategian. EAJk, PSE-PSOEk, UCDk, EEk eta HBk iraganari begiratu zioten, bai haien espazioa aldarrikatzeko, bai nortasun kolektibo jakin bat babesteko, bai lortu nahi zuten proiektu politikoaren oinarri gisa, baita, aldi berean, horretarako guztirako ere.

Gaur egungo Eusko Legebiltzarra, beraz, nortasun-definizio desberdinetan, “gu” horren definizio desberdinetan, edo memoria desberdinetan jatorria duten eztabaida askoren isla eta gertalekua da. Bakearen, bizikidetzaren eta adiskidetzearen alde egin diren askotariko ekimenetako bakoitzean, “kontakizun partekatuaren beharra” edo “ahanzturaren edo isiltasunaren aurkako borroka” gisako ideiak nabarmendu dira. Alabaina, gisa horretako ekimen bakoitzak “batzuen” edo “besteen” erantzuna du. Izan ere, ideia horien atzean, benetan, memoria desberdinak daude, batzuetan aurka dauden memoriak daude, haien kontakizuna, haien ahanzturak eta haien isiltasunak dituzten memoriak daude. Ez da, beraz, memoria ahanzturaren aurka, baizik eta memoria memoriaren aurka; memoria arma politiko sendo bihurtu da alderdi politikoen estrategien barruan. Baina hau doktorego-tesi honek aztertzen duen aldiaz kanpo geratzen da, eta etorkizuneko ikerketa-lanetarako norabidea edo linea izan daiteke.

## 5. Erreferentzia batzuk


Aguilar, P. (2008): *Políticas de la memoria y memorias de la política: el caso español en perspectiva comparada*, Alianza Editorial, Madrid.

Alonso-Castrillo, S. (1996): *La apuesta del centro. Historia de la UCD*, Alianza Editorial, Madrid.

Alted, A. (1995): *Entre el pasado y el presente. Historia y memoria*, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid.

Andrade, J.A. (2012): *El PCE y el PSOE en (la) transición. La evolución ideológica de la izquierda durante el proceso de cambio político*, Siglo XXI, Madrid.

Corcuera, J. (1991), El sistema de partidos en el País Vasco, in *Estudios sobre el Estatuto de Autonomía del País Vasco III*, IVAP, Oñati, 971-1063 orr.

Cuesta, J. (2008): *La odisea de la memoria: historia de la memoria en España. Siglo XX*, Alianza Editorial, Madrid.

Fernández, G.; López, R. (2012): *Sangre, votos, manifestaciones: ETA y el nacionalismo vasco radical (1958-2011)*, Tecnos, Madrid.

Fernández, G. (2013): *Héroes, heterodoxos y traidores. Historia de Euskadiko Ezkerra (1974-1994*), Tecnos, Madrid.

García, R. (2011): *La herencia del pasado. Las memorias históricas de España*, Galaxia Gutemberg.

Gómez, F. (2006): *El derecho a la memoria*, Alberdania, Irún.

Gurrutxaga, A. (2005): *La producción de la idea del Nosotros: somos porque estamos*, Eusko Jaurlaritza-Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz-Gasteiz.

Jelin, E. (2002): *Los trabajos de la memoria*, Siglo XXI, Madrid.

Jiménez de Aberasturi, J.; López, E. (1989): *Organizaciones, sindicatos y partidos políticos ante la Transición: Euskadi 1976*, Centro de Documentación de Historia Contemporánea del País Vasco – Sociedad de Estudios Vascos-Eusko Ikaskuntza.

Landaberea, E. (2012), “España, lo único importante”: el centro y la derecha española en el País Vasco durante la Transición (1975-1980), in *Historia del Presente*, 19, 53-68 orr.

Larrazabal, S. (1997): *Contribución a una teoría de los derechos históricos vascos*, IVAP, Bilbao.

Lowenthal, D. (1998): *El pasado es un país extraño*, Akal, Madrid.

Micciché, A. (2009): *Euskadi socialista: el PSE-PSOE y la Transición en el País Vasco (1976-1980)*, Madrid, Editorial Pablo Iglesias.

Pablo, S. de; Mees, L.; Rodríguez Ranz, J.A. (2001): *El péndulo patriótico: Historia del Partido Nacionalista Vasco, II (1936-1979)*, Crítica, Barcelona.

Pablo, S. de (2005), Silencio roto (solo en parte). El franquismo y la transición en la historiografía vasco-navarra, in *Vasconia*¸ 34, 383-406 orr.

Pérez, A. (1977): *Los partidos políticos en el País Vasco: aproximación a su estudio*, Luis Haranburu Editor, Tucar Ediciones, Donostia-San Sebastián.

Ramírez, J.L. (dir.) (1999): *Democratización y Amejoramiento Foral: una historia de la transición en Navarra (1975-1983)*, Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra, Pamplona.

Sánchez, J.M.; Nieva, J.L. (2004): *Navarra: memoria, política e identidad*, Pamiela, Pamplona.

Sartori, G. (1980), *Partidos y sistemas de partido*, Alianza, Madrid.

Tamayo, V. (1994): *La autonomía vasca contemporánea: foralidad y estatutismo (1975-1979)*, IVAP, Donostia-San Sebastián.

Ugarte, J. (ed.) (1996): *La transición en el País Vasco y España: historia y memoria*. Universidad del País Vasco- Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbao.

Waisman, C.; Rein, R.; Gurrutxaga, A. (comps.) (2005): *Transiciones de la dictadura a la democracia: los casos de España y América Latina*, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbao.

## 6. Oharrak

Aurkeztutako lana nire doktorego-tesiaren laburpena da. Tesia 2013ko abenduak 13an izan zen defendatua Deustuko Unibertsitatean (Donostia). Epaimahaiburua José Luis de la GRANJA SAINZ jauna (EHU) izan zen. Idazkaria: Leyre ARRIETA ALBERDI anderea (Deustuko Unibertsitatea). Epaimahaia osatu zuten beste hiru kideak Santiago de PABLO CONTRERAS jauna (EHU), Josu CHUECA INTXUSTA jauna (EHU) eta Santiago LARRAZABAL BASAÑEZ jauna (Deustuko Unibertsitatea) izan ziren. Tesiaren zuzendariak Elena BARRENA OSORO anderea eta José Antonio RODRÍGUEZ RANZ jauna izan dira.

# Markatzaile diskurtsiboak ikasle entzuleek espainiar zeinu-hizkuntzan ekoiztutako testuetan

Moiua, A.(1), Garcia-Azkoaga, I. (2) eta Ozaeta, A. (3)
*(1)MIKER, Mondragon Unibertsitatea*
*moiua.ainhoa@gmail.com*
*(2)HIJE, Euskal Herriko Unibertsitatea*
*ines.garciaazkoag@ehu.es*
*(3)MIKER, Mondragon Unibertsitatea*
*aozaeta@mondragon.edu*

***Laburpena***

Ikerketa honek espainiar zeinu-hizkuntzako interpretazioko ikasle entzuleek testuetan erabiltzen dituzten markatzaileak aztertzea du helburu nagusi. Ikasleek erabiltzen dituzten markatzaileak espainiar zeinu-hizkuntzako erreferentziazko praktika sozialekin alderatzen dira, hau da, gorrek ekoiztutako testuekin. Ikusi dugu ikasle entzuleek erabilitako markatzaileak gorrek erabilitakoetatik desberdintzen direla: eskuzko markatzaileek presentzia handiagoa dute entzuleen testuetan eta horrekin batera, markatzaile espazialak urriagoak dira eta eskuzko markatzaileez lagunduta agertzen dira. Ondorioei dagokienez, espainiar zeinu-hizkuntzaren modalitate espazialak eragin zuzena duela konexioan ikusi da eta hizkuntzaren ikaste-prozesuan kontuan izan beharreko ezaugarria litzateke.

Hitz gakoak: espainiar zeinu-hizkuntza, testu ekoizpena, markatzaile diskurtsiboak, diskurtso analisia

***Abstract***

*The main goal of this investigation is to analyze the use of discourse markers produced by hearing students of Spanish sign language interpretation in texts. The markers used by the students are compared with referential social practice of Spanish sign language, in text produced by deafs. We have seen that there are differences between the markers used by hearing students and deafs: hearing students produce more manual markers than deafs and spatial markers are used less, and when, they are used together with manual markers. We have concluded that Spanish sign language modality has a direct influence on the connection and it is a characteristic to consider in the language learning process.*

*Keywords: Spanish sign language, text production, discourse markers, discourse analysis.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Espainiar zeinu-hizkuntzak egindako ikerketa ibilbidea (Rodríguez, 1992; Juncos et al., 1996; Fernández-Soneira, 2008; Muñoz et al., 2011) bultzada nagusia izan da Estatu espainiarrak 27/2007 Legean espainiar zeinu-hizkuntza hizkuntza gisa aitortzeko. Behin aitortza izanda, ez da amaitu espainiar zeinu-hizkuntzak jorratu beharreko bidea eta bestelako erronkak aurkezten zaizkio gaur egun. Horien artean nagusiena, normalizazio-prozesua da. Ostera, hizkuntzen normalizazio-prozesua ez da gai xamurra izan ohi eta ikerketa iturri ezberdinez elikatu behar da aurrera egin dezan. Espainiar zeinu-hizkuntza dugu aztergai Euskal Herriko gorrek erabiltzen duten zeinu-hizkuntza delako, geurean ez da berezko zeinu-hizkuntzarik garatu eta dialekto bat erabiltzen da. Zehaztapena kontuan izanda, gure ikerketak espainiar zeinu-hizkuntzako testu ekoizpenean indarra jarri nahi dugu, izan ere, hizkuntzalaritzako ikuspegi tradizionalak nagusi izan dira espainiar zeinu-hizkuntza ikertzean. Ikerlanek erdigunea deskribapen gramatikalean jarri dute; hala ere, Voloshinovek (1929/1992) dioskun moduan, hizkuntza elementu isolatu gisa aztertzeak mugak eragiten ditu hizkuntzako ezagutzetan sakontzeko, mintzaira osotasunean ulertu behar dugulako.

Hari horretatik, hainbat ahozko hizkuntzetara egokitutako testu azterketak aurkitzen ditugu, horien artean, Bronckart (1996, 2007) eta euskarara, besteren artean, Larringan (1996), Sainz-

Osinaga (2000), Garcia-Azkoaga (2004) eta Ozaeta (2010). Hizkuntza zeinatuei dagokienez, badira ikuspegi testuala oinarri hartzen duten lanak, horien artean Meurantena (2008) belgikar-frantziar zeinu-hizkuntzarako edota Iglesiasena (2006) espainiar zeinu-hizkuntzarako. Esan daiteke testuen azterketen interesa zabaltzen doala hizkuntza zeinatuetan eta geuk ere, zeinu-hizkuntzako testu azterketa ekarri nahi dugu erdigunera.

Behin ikerketaren esparrua zehaztuta, motibazio pertsonal berezia dugu espainiar zeinu-hizkuntzako interpreteen taldearekin. Gras I Ferrerrek (2006) bere ikerketan adierazten du hizkuntza zeinatuetako interpreteak normalizaziorako agente garrantzitsuak direla, gorren eta entzuleen komunitateen artean komunikazio zubiak eraikitzen baitihardute lanean. Horrenbestez, geuk espainiar zeinu-hizkuntzako interprete lanbidea ikasteari ekin dioten ikasle entzuleak ikerketara ekarri nahi ditugu, lortutako emaitzak espainiar zeinu-hizkuntzaren ikaste-prozesuan aintzat hartu beharko liratekeen edukien irudikapen orokorra sortzen lagundu digulakoan.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Markatzaile diskurtsiboak finkatu ditugu ikerketako interesgune gisa. Hizkuntza zeinatuetara begira, badira markatzaile diskurtsiboak aztergai dituzten lanak, Locker Mckeek (1992) amerikar zeinu-hizkuntzarako; Pérezek (2006) venezuelar zeinu-hizkuntzarako eta Gabarrok (2014) belgikar-frantziar zeinu-hizkuntzarako, hain zuzen ere. Metzger eta Bahanek (2001) hizkuntza zeinatuetako markatzaileak aztergai dituzten ikerlanetatik hizkuntza zeinatuek hiru markatzaile mota edo modalitate dituztela jasotzen dute: eskuzko markatzaileak, hau da, zeinuen bitartez ekoiztutakoak; markatzaile espazialak, zeinu-espazioko kokapenak erabiltzen dituztenak eta eskuzkoak ez diren markatzaileak, hots gorputz-enborraren edota aurpegiaren bitartez adierazitakoak. Azken markatzaile horiek azterketan ez ditugu txertatuko, izan ere, ikasle entzuleen zailtasunak gorputzeko eta aurpegiko adierazpenean ematen dira Álvarez et al. (2001) dioten moduan eta lagineko ikasle entzuleak oraindik espainiar zeinu-hizkuntzaren ikaste-prozesuan daude. Zehaztapenak eginda, geure ikerketarako interesgarria deritzogu Villamerielek (2008) markatzaile diskurtsiboen inguruan egindako azterketa, izan ere, espainiar zeinu-hizkuntzako markatzaileak aztertzen ditu. Autoreak erreferentziatzat hartzen ditu Portolések (1998) eta Martín Zorraquino eta Portolések (1999) gazteleraazko markatzaileen sailkapena eta espainiar zeinu-hizkuntzako markatzaileen banaketa.

Gauzak horrela, helburu nagusia espainiar zeinu-hizkuntzan ikasle entzuleek darabiltzaten markatzaile diskurtsiboak aztertzea da. Ikerketari heltzeko ezinbestekoa gertatu zaigu gorren testuak jasotzea eta horiei erreferentziazko praktika sozialen (Dolz eta Gagnon, 2010) balioa ematea. Era horretara, espainiar zeinu-hizkuntzako dauden markatzaileen identifikazioa egin ahal izan dugu eta hortik abiatuta ikasle entzuleek testuak ekoizterakoan erabiltzen dituzten markatzaileak aztertu ditugu. Hipotesiei dagokienez, gorren eta ikasle entzuleen arteko ezberdintasunak hizkuntza zeinatuek berezko dituzten markatzaile espazialak ekoizterakoan emango dira. Ostera, ikasle entzuleek eskuzko markatzaile gehiago erabiliko dituzte gorrekin alderatuta.

## 3. Ikerketaren muina

Ikerketarako osatu den corpusari dagokionez, batetik, 14 espainiar zeinu-hizkuntzako interpretazioko ikasle entzuleren errezeta testuak jaso ditugu bideo kameraz. Guztiek sukaldeko errezeta testu berdina ekoiztu dute lehenengo saio baten ahoz, gaztelaniaz, eta ondoren, beste saio baten, espainiar zeinu-hizkuntzan, guztira 28 errezeta dira. Bestetik, 6 gorrek ekoiztutako errezetak grabatu ditugu entzuleek ekoiztutakoekin alderatu ahal izateko. Ekoizpenak kamerari aurrez aurre begira grabatu dira. Ostean, testu guztiak transkribatu dira, espainiar zeinu-hizkuntzakoak glosa sistemara (Klima eta Bellugi, 1979 eta Morgan, 2000) eta gaztelerazkoak Calsamiglia eta Tusónek (1999) adierazitako irizpideak jarraituta.

### 3.1 Testuetara hurbilpen orokorra

Corpusa osatzen duten testuen ezaugarri orokorrak aztertzea izan da lehen urratsa. 1. taulan ikusgai ditugu errezeta testuen ekoizpen-denboraren bataz besteko datuak eta ekoizleek erabilitako zeinu/ hitz kopuruen bataz bestekoak.

**1. taula. Errezeta testuen bataz besteko iraupenak eta zeinu/hitz kopuruak.**

| **Bataz bestekoak** | **Iraupena** | **Zeinu/hitz kopurua** |
|---|---|---|
| Gorrak (espainiar zeinu-hizkuntzan) | **1´06´´** | **77 zeinu** |
| Ikasle entzuleak (ahozko hizkuntzan) | **3´34´´** | **434 hitz** |
| Ikasle entzuleak (espainiar zeinu-hizkuntzan) | **3´52´´** | **185 zeinu** |

1. taulan jasotako datuetan agerian gelditzen da ikasle entzuleek espainiar zeinu-hizkuntzan ekoiztutako errezeta testuak direla iraupen gehien duten testuak. Bestalde, ikasle entzuleek ahoz ekoiztutako testuak hitz kopuru altuenak dituztela. Gorren testuei dagokienez, ekoizpen denbora laburra dute eta zeinu kopurua ere txikia da ikasle entzuleen testuekin alderatuta.

Ostera, testuek jarraitzen duten testu egitura ere aztergai izan dugu, testuen ezaugarri orokor modura. Corpusa osatzen duten errezeta testu guztiak orokorrean, egitura paretsua jarraitzen dute: errezetaren aurkezpena, osagai zerrenda, pausoz pausoko deskribapena eta amaiera. Beraz, ez dago ezberdintasunik hiru testu taldeetan egiturari dagokionez.

### 3.2 Markatzaile diskurtsiboen azterketa

Gorrek eta ikasle entzuleek ekoiztutako errezeta testuetan erabiltzen dituzten markatzaile diskurtsiboak identifikatzea izan da lehen urratsa eta 2. taulan ikusgai ditugu:

**2. taula. Markatzaile diskurtsiboak hiru errezeta testu taldeetan.**

| **Markatzaile diskurtsiboak** | **Gorrak (espainiar zeinu-hizkuntzan)** | **Ikasle entzuleak (ahozko hizkuntzan)** | **Ikasle entzuleak (espainiar zeinu-hizkuntzan)** |
|---|---|---|---|
| Ordenatzaileak | EMPEZAR, PRIMER PASO, PRIMERO, SEGUNDO, TERCERO, CUARTO, QUINTO.<br><br>APARTE, ANTES, AHORA, VA-VA, OTRA-VEZ, YA, FIN.<br><br>MARKATZAILE ESPAZIALAK | Empezamos, al principio, primero, por un lado, por otra lado/parte, para terminar, después, luego, ahora, mientras, durante, hasta…, cuando…, una vez que…, al final, en el último momento, finalmente | EMPEZAR, PRIMERO, SEGUNDO, TERCERO.<br><br>APARTE, HASTA, ANTES, AHORA, OTRA-VEZ, DESPUES, LUEGO, YA, DURANTE, AL-FINAL, FIN.<br><br>MARKATZAILE ESPAZIALAK |
| Konektoreak | PERO, ENTONCES | Pero, para que, porque, si… sino, aunque, según, entonces | PERO, MOTIVO (porque), PARA, SI…, APARTE, ENTONCES |
| Markatzaile konbertsazionalak | BIEN | Bueno, bien, eh, vale, pues eso, así, y eso. | BIEN, BUENO, eh (ahoz) SI |

Identifikazio lanak agerian uzten dute hiru errezeta testuetan ezberdintasunak daudela. Batetik, ikasle entzuleek ahozko hizkuntzako testuak ekoiztean markatzaile aniztasun handiagoa erabili dutela gorrek eta ikasle entzuleek espainiar zeinu-hizkuntzan ekoiztutako testuetan erabiltzen dutenekin alderatuta. Bestetik, berriz, ikasle entzuleek espainiar zeinu-hizkuntza erabilitako markatzaileetako batzuk ez dituzte gorrek erabiltzen. Horien artean dugu “eh” markatzaile konbertsazionala, ahozko modalitatean agertzen dena nahiz eta espainiar zeinu-hizkuntzako modalitatea bisuala eta espaziala

den. Ostera, bestelako markatzaile batzuk zeinuen bitartez adierazi badira ere, ahozko hizkuntzatik eratorriak dira, HASTA, DURANTE, LUEGO eta SI…, hain zuzen ere. Markatzaileen identifikazioarekin batera markatzaileen zenbaketa egin dugu, zehaztapen bat egin behar dugu izan ere zenbaketatik kanpo utzi ditugu markatzaile konbertsazionalak, ikasle entzuleen ahozko ekoizpenean oso ugariak direlako, beste testuetan ez bezala.

**3. taula. Markatzaile diskurtsiboen kopuruak hiru errezeta testu taldeetan.**

| **MARKATZAILE DISKURTSIBOAK** | **Gorrak (espainiar zeinu-hizkuntzan)** | **Ikasle entzuleak (ahoz)** | **Ikasle entzuleak (espainiar zeinu hizkuntzan)** |
|---|---|---|---|
| Ordenatzaileak | 36<br>35 espazialak | 270 | 255<br>22 espazialak |
| Konektoreak | 3 | 123 | 32 |
| Birformulatzaileak | | 5 | 1 |
| **GUZTIRA** | **74** | **398** | **310** |
| **Bataz beste** | **12 markatzaile** | **28 markatzaile** | **22 markatzaile** |

Ikasle entzuleen ahozko errezetetan ageri dira markatzaile gehien, alabaina, testu luzeenak ere talde horretan biltzen dira. Bestalde, ikasle entzuleen espainiar zeinu-hizkuntzako errezetetan erabiltzen den markatzaile kopurua gorrek erabilitakoa baina handiagoa da. Ezin daiteke alderaketa zuzenik egin bataz bestekoekin, izan ere, azaldutako errezetak ez dira berdinak, nahiz eta konplexutasun maila paretsua duten. Kopuruen datuekin jarraituta, gorrek ikasle entzuleek baino markatzaile espazial gehiago erabiltzen dituzte halaber, ikasle entzuleek eskuzko markatzaile gehiago ekoizten dituzte. Horrez gain, markatzaile espazialen kopurua txikia da eskuzkoen kopurua ikusita. Interesgarria den alderdirik ere bada, gorrek ez dute birformulatzailerik egiten aztertu dugun corpusean.

Markatzaile espazialetan geldiunea egitea interesgarria deritzogu, izan ere, hizkuntza zeinatuetako modalitate espazialarekin estuki lotuta baitaude. Gorrek zeinu-espazioko kokapenak erabiltzen dituzte errezeta osatzen dute urratsak antolatzeko. Markatzaile horien funtzioari dagokionean ez dago alderik gorren eta ikasle entzuleen artean, bai ordea erabileran. Gorrek, esate baterako, ekintza bat amaitzean zeinu-espazioko kokapena aldatzen dute beste bat azaltzen hasteko. (1) adibidean txertatutako irudiek zeinu-espazioa irudikatzen dute eta ekintzak zeinu-espazioan hartzen duten kokapena (X) irudiaz zehazten dira. Entzuleek, berriz, ekintza azaldu ostean eskuzko markatzaile bat erabiltzen dute eta, ondoren, zeinu-espazioko kokapena aldatzen dute (2) adibidean jasota dagoen moduan.

(1) PRIMERO/ CAZUELA vv FUEGO++/ -- ENTONCES/ UNO -- ACEITE/ -- DOS SAL/ --

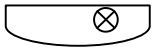




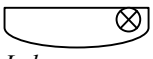
TRES AGUA ECHAR/ << LLENAR/ << FUEGO++/ << ESPERAR+/ -- QUINCE MINUTO+




MAS-O-MENOS/ -- TIEMPO APROVECHAR/ >> LECHUGA LIMPIAR/ TOMATE



CORTAR (G1z: 5-9)



*Lehenengo sutan jarriko dugu, orduan, lehenengo olioa, bigarrena gatza, hirugarrena ura botako dugu goraino eta sutan izango dugu 15 minutuz gutxi gora-behera, denbora aprobetxatzeko bestalde garbituko dugu letxua eta bestetik tomatea moztuko dugu.*[1]

[1] Euskarara gertuko itzulpena.

(2) EMPEZAR --/ VERDURA+ PRIMERO --/ CORTAR++ vv--/// LUEGO --/ SARTEN





COCINA vv COLOCAR/ FUEGO --vv/ ACEITE ECHAR vv/ VERDURA CORTAR+ vv/









ECHAR --// PRIMERO --/ VERDURA+ DURO MAS --/ ECHAR vv (E3z: 12-19)





*Hasiko gara, lehenengo barazkiak moztuz, gero, bestalde (markatzaile diskurtsiboaren baliokidea) zartagia jarriko dugu sukaldean, sutan, olioa bota eta moztutako barazkiak botako ditugu leku berera.*

## 4. Ondorioak

Ikerketan lortutako emaitzak ikasle entzuleen zeinuzko testuen ekoizpenetara lehen hurbilpena izan dira eta gorren eta entzuleen arteko parekotasunak eta ezberdintasunak irudikatzeko balio izan du. Parekotasunetatik hasita, gorrek eta ikasle entzuleek errezetaren egitura paretsua erabiltzen dute. Ostera, ezberdintasunak iraupen denboran eta ekoiztutako zeinu kopuruan ikusi ditugu. Bel et al. (2014) aditzera ematen duten moduan, hizkuntza zeinatuak hizkuntza esplizituak dira, ahozko hizkuntzak ez bezala, eta agian ezberdintasunak bide horretatik joan daitezke.

Bestalde, markatzaile diskurtsiboei dagokienez, ikasle entzuleek espainiar zeinu-hizkuntzako testua ekoizterakoan eskuzko markatzaileak lehenesten dituztela esan daiteke, markatzaile espazialak presentzia txikia baitute. Gorren errezeta testuetan paretsua da eskuzkoen eta markatzaile espazialen presentzia. Aipatutakoari erantsi behar diogu markatzaile espazialak erabiltzerakoan ere eskuzko markatzaileez lagunduta ageri direla ikasle entzuleen testuetan.

Guztiarekin, agian, ikasle entzuleei espainiar zeinu-hizkuntzak berezko dituen markatzaile espazialen inguruko lanketa aproposa izango litzateke, hizkuntzaren modalitateari estuki lotuak dauden mekanismoak garatu eta erabil ditzaten.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Espainiar zeinu-hizkuntzako testu ekoizpenera hurbilbidea egin dugu markatzaileak interesgune nagusi izanda. Hemendik aurrerako planteamendua bi norabideetara zuzentzeko aukera ikusten dugu: batetik, markatzaile diskurtsiboetan sakontzea, lehenengo hurbilpena izan baita ikerlan hau. Bestetik, aproposa deritzogu testuaren arkitekturan parte hartzen duten bestelako mekanismoetara zabaltzea ikerketa, espainiar zeinu-hizkuntzan ekoiztutako testuen ezagutzak zabaltzeko. Ikerketak, era batera edo bestera espainiar zeinu-hizkuntzako testuak ekoizterakoan martxan jartzen diren mekanismoak ezagutzeko eta ezaugarritzeko aukera eskaintzen du eta hortik bideratu dezakegu hizkuntzaren ikaste-prozesua, ikerketako jakintzek edukien lehentasunean fintzen lagun ahal baitigu. Ezaugarritze hori argi-iturri izan daiteke zeinu-hizkuntza bigarren hizkuntza gisa egiten den ikasten prozesuan ikerketako ondorioek ikasleen oztopo eta lorpenen berri emango baitigu.

## 6. Erreferentziak

Álvarez, M.; Losada, B.; Juncos, O.; Camaño, A. eta Justo, M.J. (2001): "Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la lengua de signos española como segunda lengua", in S. Pastor eta V. Salazar (arg.) *Estudios de Lingüística, Tendencias y líneas de investigación en adquisición de segundas lenguas.* Universidad de Alicante, Alacant, 1. eranskina.

Bel, A.; Ortells, M. eta Morgan, G. (2014): Reference control in the narratives of adult sign language learners, *International Journal of Bilingualism, 1367006914527186, apirilak 10*.

Bronckart, J.P. (1996): *Activité langagière texts et discours. Pour un interactionisme socio-discursif.* Delachaux et Niestlé, Paris.

Bronckart, J.P. (2007): *Desarrollo del lenguaje y didáctica de las lenguas.* Miño y Dávila, Buenos Aires.

Calsamiglia, H. eta Tusón, A. (1999): *Las cosas del decir: manual de análisis del discurso*. Ariel, Bartzelona.

Dolz, J. eta Gagnon, R. (2010): El género textual, una herramienta didáctica para desarrollar el lenguaje oral y escrito. *Lenguaje* 38 (2): 497-527.

Fernández-Soneira, A.M. (2008). *La cantidad a manos llenas. La expresión de la cuantificación en la lengua de signos española*. Fundación CNSE para la Supresión de Barreras de Comunicación, Madril.

Gabarro, S. (2014): Discourse markers in French Belgian Sign Language (LSFB): their role in argumentative productions, *American Association for Corpus Linguistics 2014*, irailak 27-30, Flagstaff, EEBB.

Garcia-Azkoaga, I. (2004): *Kohesio anaforikoa hiru testu generotan. Adinaren araberako azterketa*. Doktorego-tesia. Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbo.

Gras I Ferrer, V. (2006): *La comunidad sorda como comunidad lingüística. Panorama sociolingüística de las lenguas de signos en España*. Universitat de Barcelona, Bartzelona.

Iglesias, S. (2006): Uso del componente facial para la expresión de la modalidad en lengua de signos española. Universidade de Vigo, Vigo.

Juncos, O.; Rivas, R. M.; López E.; López, M. T.; Caamaño, A., Sola, F.; Fernández, P.; Justo, M. J. eta Reigosa, C. (1996): "¿Cuándo una palabra es una palabra? Criterios de identificación en la adquisición de LSE", in M. Pérez, (arg.). *Estudios sobre la adquisición del castellano, catalán, euskera y gallego*. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 505-515.

Klima, E. S. eta Bellugi, U. (1979): *The signs of language*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Larringan, L.M. (1996): *Testu-antolatzaileak bi testu motatan: testu informatiboan eta argudiapen-testuan*. Doktorego-tesia. Euskal Herriko Unibertsitatea, Gazteiz

Locker McKee, R. (1992): *Footing Shifts in American Sign Language Lectures*. University of California, Los Angeles, CA.

Meurant, L. (2008): "Role Shift, Anaphora and Discourse Polyphony in Sign Language of Southern Belgium (LSFB)", in, J. Quer (arg.) *Signs of the Time: Selected papers from TISLR 2004,* Signum-Verlag, 33.

Metzger, M. eta Bahan, B. (2001): "Discourse analysis", in C. Lucas, (arg.). *The Sociolinguistic of Sign Languages*. Cambridge University Press, Cambridge, 112-144.

Morgan, G. (2000): Discourse cohesion in sign and speech. *The International Journal of Bilingualism, 4 (3):* 279-300.

Muñoz, I.; Ruiz, M.T.; Álvarez, C.; Ferreiro, E. eta Aroca, E. (2011): Comunidades sordas: ¿Pacientes o ciudadanos? *Gac Sanit, 25 (1)*, 72-78.

Ozaeta, A. (2010): *Agirre Asteasukoaren Eracusaldiac: Sermoia ikuspegi sozio-diskurtsiboaren argitan*. Euskaltzaindia, Bilbo.

Pérez, Y. (2006). Marcadores manuales en el discurso narrativo en lengua de señas venezolana. *Letras, 72*: 157-208.

Portolés, J. (1998): *Marcadores del discurso*. Ariel, Bartzelona.

Rodriguez, M.A. (1992): *Lenguaje de signos*. ONCE eta CNSE, Madril.

Sainz-Osinaga, M. (2000): Azalpenezko testu entziklopedikoaren azterketa eta didaktika. Doktorego-tesia. Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbo.

Villameriel, S. (2008): Marcadores discursivos en la lengua de signos española y en el español oral: un estudio comparativo. *VIII Congreso de Lingüística General*, ekainak 25-28, UAM, Madril

Voloshinov, V. (1929/1992): *El marxismo y la filosofía del lenguaje*. Alianza, Madril.

Zorraquino, Mª A. eta Portóles E. (1999): *Los Marcadores del Discurso. Teoría y Análisis*. Arco, Madril.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Eskerrak eman behar dizkiegu ikerketarako lagina osatzen lagundu duten partaideei, Euskal Gorrak erakundeari, Botikazar BHIri eta boluntario parte hartu duten bestelako pertsona gorrei eta entzuleei.

# Unitate fraseologikoen itzulpena: alemana-euskara. Corpusean oinarritutako analisia

**Zuriñe Sanz Villar**

Ingeles eta Aleman Filologia, Itzulpengintza eta Interpretazioa Saila. Letren Fakultatea, UPV/EHU

**Laburpena**

Artikulu honek alemanetik euskaratutako unitate fraseologikoen itzulpena izango du aztergai. Hori egin ahal izateko, 3,5 milioi hitz inguru dituen corpus digitalizatu, lerrokatu eta eleanitza sortu dugu, AleuskaPhraseo corpusa, alegia. Itzulpen moduak –hau da, sorburu- eta xede-testuaren arteko harremanak– berebiziko garrantzia dauka gure kasuan, itzulpen asko –batez ere haur eta gazte literaturan (HGL)– zeharka, zubi-bertsio batetik abiatuta, egin izan direlako, eta egiten direlako. Corpusean, bai ustez zuzenean bai ustez zeharka itzuli diren testuak jaso ditugu, bien artean dauden berdintasun eta desberdintasunak deskribatzeko asmoz. Horretaz gain, HGLko eta helduen literaturako (HL) testuak itzultzearen artean alderik ba ote dagoen ere aztertuko dugu.

**Hitz gakoak:** unitate fraseologikoak (UF), itzulpena, corpusak, alemana, euskara, gaztelania

**Abstract**

*The object of study of the present paper will be the German-into-Basque translation of phraseological units. For this purpose, the digitised, parallel and multilingual AleuskaPhraseo corpus, which consists of around 3.5 million words, was built. The translation mode – i.e. the relationship between the source and target text – is of great importance in our case, since many translations – especially children's literature (CL) texts – have been done, and are still done, indirectly through an intermediary text. In the corpus, assumed direct and indirect translations have been included, in order to describe the differences and similarities between both of them. In addition, it will be determined if there is any difference between CL and AL (adult literature) text translation.*

**Keywords:** phraseological units (PU), translation, corpora, German, Basque, Spanish

## 1 Sarrera eta motibazioa

UPV/EHUko Itzulpengintza eta Interpretazioa jakintza arloan, euskaratik edo euskarara egindako itzulpenak aztertu dira hainbat doktore tesiren baitan (Barambones 2009; Manterola 2011; Zubillaga 2013) azken urteotan. Itzulpenek berebiziko garrantzia dute euskara bezalako hizkuntza gutxitu baten garapenean, eta itzulpen horiek ikuspuntu zientifikotik ikertzea ezinbestekoa iruditzen zaigu, hizkuntza bera bultzatu eta euskal Itzulpen Ikasketen baitan aurrera egiteko.

Aipatu berri ditugun lanen jarraipena da 2015eko martxoan defendatu dudan doktore tesia. Ikuspuntu deskribatzailetik (Toury 2012) eta AleuskaPhraseo corpusean oinarrituta, unitate fraseologikoen (UF) itzulpena aztertzea izan da helburu nagusia, alemana-euskara hizkuntza konbinazioan.

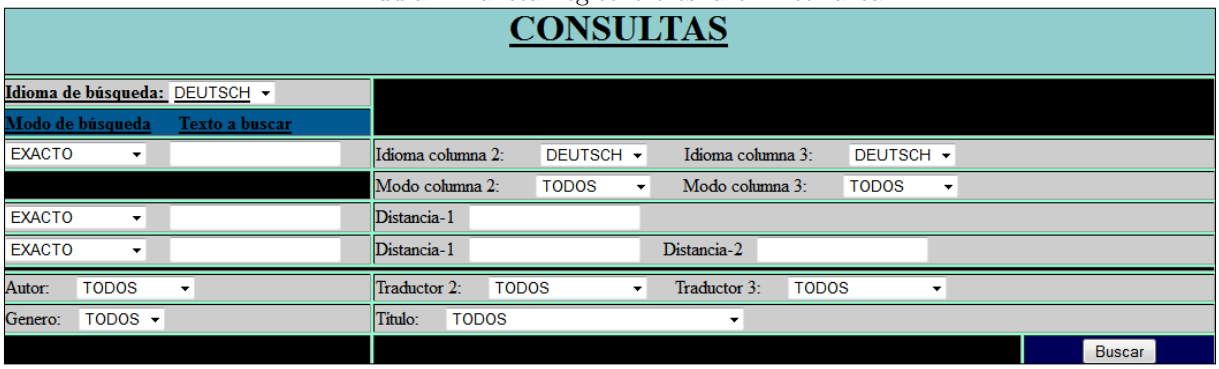
Neurri handiago edo txikiagoan, idiomatikoak[1] diren hitz konbinazioek osatzen dute hizkuntza baten unibertso fraseologikoa –hala nola *zur eta lur*, *lepoa egin*, *bostekoa luzatu*–, eta, euskararen kasuan, kalko fraseologikoen presentzia medio, kanpoko hizkuntzen interferentzia neurtzeko unitate interesgarriak izan daitezke.

[1]Idiomatikotasunaren kontzeptua konplexua eta graduala da, Gurrutxagaren (2014: 66) tesiko II. kapituluan irakur daitekeen legez. Zentzu zabalean ulertuta, hiru osagai nagusi ditu: ez-konposizionaltasun semantikoa edo idiomatikotasun semantikoa, instituzionalizazioa, eta egonkortasun morfosintaktiko eta lexikala.

Unitate fraseologikoen itzulpen azterketari berariaz heldu aurretik, beste hainbat urrats egin ditugu, Lambert eta van Gorp-ek 1985. urtean proposatuko eskeman oinarrituta (Lambert eta van Gorp 1985). Lehenik eta behin, alemanetik euskarara egin diren itzulpenen katalogoa, Aleuska katalogoa[2], sortu eta deskribatu dugu. Ondoren, irizpide jakin batzuetan oinarrituta, testu batzuk aukeratu ditugu Aleuska katalogotik, eta literatur testuz osatutako corpus paralelo eta eleanitza –AleuskaPhraseo corpusa, alegia– sortu dugu.

Corpusa lerrokatzeko, TRACEaligner 2.0 programa erabili dugu, eta, behin testuak lerrokatuta, datubase batean bildu ditugu. Bilaketak egin ahal izateko (kasu honetan, UFak corpusetik erauzi ahal izateko), datu-basearekin konektatuta dagoen bilaketa tresna bat sortu du informatikariak. Bilaketa tresnaren interfazea ikus daiteke 1 irudian, eta, 2 irudian jaso duguna kontsulta tresna horrekin eginiko bilaketa baten emaitza da.

1 Irudia: Bilaketak egiteko tresnaren interfazea




2 Irudia: Kontsulta tresnarekin eginiko bilaketaren emaitza

| | | | |
|---|---|---|---|
| BUS | "Also darf ich nicht länger sagen: | - Beraz, ezin jarraitu dezaket esanez: | |
| BUS | Ich suche nach einem Kürschner -sonst finden wir **nie** und **nimmer** einen. | Larrukin baten bila ari naiz... bestela ez dugu egundo topatuko. | |
| BUS | Wenn ich hingegen frage: | Baina nik esaten badut: | |
| DKVG | "Deine! | -Zureak? | -¿Tuyos? |
| DKVG | **Nie** und **nimmer** gehören dir diese stinkigen Dinger!". | Zera nazkagarri hauek ez dira inola ere zureak! | ¡Estas cosas apestosas no son tuyas de ninguna manera! |
| DKVG | "Na ja", sagte Anton gedehnt. | -Beno-esan zuen Antonek, axola gabe . | -Bueno -dijo Antón quitándole importancia. |

Garrantzitsua da azpimarratzea corpus nagusia, era berean, lau azpicorpusez osatuta dagoela:

**HGL ZZ** Ustez zuzenean itzulitako haur eta gazte literatur testuz osatutako azpicorpusa.

**HGL ZH** Ustez zeharka itzulitako haur eta gazte literatur testuz osatutako azpicorpusa.

**HL ZZ** Ustez zuzenean itzulitako helduen literatur testuz osatutako azpicorpusa.

**HL ZH** Ustez zeharka itzulitako helduen literatur testuz osatutako azpicorpusa.

Azpicorpus horien arteko bereizketa egin dugu, alde batetik, HGLko eta HLko testuak itzultzerako orduan dauden antzekotasun eta desberdintasunak aztertzeko, eta, bestalde, alemanetik zuzenean egindako itzulpenen eta zeharka –kasu gehienetan, gaztelaniatik– euskarara egindako itzulpenen artean alderik ba ote dagoen ikusteko. Zubi-bertsioaren eragina neurtzeko, zeharka itzuli diren testuen kasuan, bitarteko bertsio horiek ere jaso ditugu AleuskaPhraseo corpusean.

Behin AleuskaPhraseo corpusa sortuta, corpusa bera osatzen duten testuak aztertu ditugu, makro eta mikro mailan. Makro mailako azterketa egiteak gure kasuan esan nahi du testu nagusia inguratzen

[2]Tralima-Itzulik ikerketa-taldearen webgunean kontsulta daiteke katalogoa: `http://www.ehu.eus/tralima/consultas.php`

duten elementuen azterketa egin dugula (jatorrizko- eta xede-egileen inguruko informazioa, hitzaurreak, hitz-atzeak, kredituak, izenburuen itzulpena, azaleko irudiak...). Makrotestuaren azterketatik lortutako emaitzei esker, sorburu- eta xede-testuaren (edo testuen) arteko harremana xeheago deskribatu dugu. Besteak beste, ondorioztatu dugu itzulpenak ezin direla bi multzo trinkotan banatu, zuzenekoetan eta zeharkakoetan; alegia, ñabardurak daudela bi mutur horien artean.

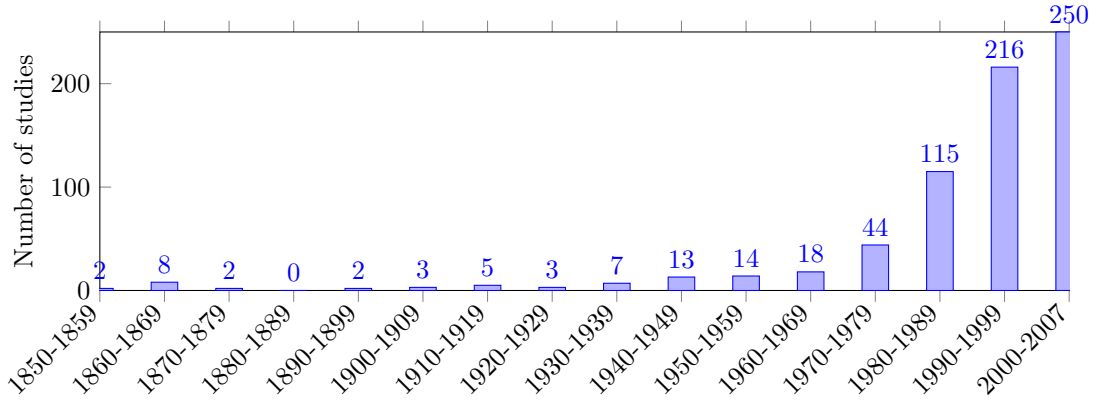
Bukatzeko, mikrotestuari heldu diogu, hau da, unitate fraseologikoen itzulpen-azterketari. Horretarako, bi UF mota aukeratu ditugu, somatismoak eta binomioak. Lehenengoak gutxienez gorputz atal batez osatzen diren UFak dira –esate baterako, *esku ona izan*–, eta bigarrenak, berriz, kategoria gramatikal bereko bi hitzez eta loturazko hitz batez osatuta dauden unitateak dira –hala nola *argi eta garbi*.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Bi hizkuntza edo gehiagoren arteko UFen alderaketa bi ikuspuntutatik egin daiteke: hizkuntzalaritza kontrastibotik edo itzulpengintzatik. Esan bezala, nire abiapuntua Itzulpen Ikasketak izan dira –Itzulpen Ikasketa Deskribatzaileak (IID), hain zuzen–, eta, horregatik, UFak aztertzerako orduan, UF horien testuingurua aintzat hartzea ezinbestekoa da.

UFen itzulpena aztergai izan duen ikerketa-lan kopuruari dagokionez, 1970etik aurrera gorakada nabarmena da, 3 figuran ikus daitekeen legez. Grafikoa osatzeko, Wolfgang Mieder-en datu-base bibliografikoan (Mieder 2009) oinarritu gara, eta "translation" etiketa duten sarrera guztiak zenbatu, eta kronologikoki ordenatu ditugu.

3 Irudia: UFen itzulpena aztertu duten lanen kronologia




Grafikoan jasotzen diren lan asko ikuspuntu preskriptibotik egin dira, non inon idatzita ez dagoen itzulpen-lege bat nagusitzen den. Lege horren arabera, sorburu-hizkuntzako UFak beste UF batez itzuli beharko lirateke xede-hizkuntzara (Farø 2006). Dogma fraseologiko hori gainditu nahi izan dugu gure ikerketa-lanean. Nola itzuli beharko litzatekeen aztertu baino, gure helburua nola itzultzen den deskribatzea izan da. Hori egin ahal izateko, AleuskaPhaseo corpusetik erauzitako datuak aztertu ditugu, COVALT ikerketa-taldeak egin izan duen modu bertsuan. Ikerketa talde horretako kideek –Marcok (2013) edo Oster eta van Lawickek (2013), kasu–, corpusean oinarrituta, ingelesetik eta alemanetik katalanera itzulitako UFak aztertu dituzte.

Gure kasuan, alemanetik euskarara egindako itzulpenak nola egin diren aztertu bitartean, honako galdera hauetan jarri dugu arreta:

- Zein joera daude, itzulpen-arau eta -legeei dagokienez, alemanetik euskararako UFen itzulpenean?
- Ba al dago alderik HGLko edo HLko testuak itzultzearen artean?
- Eta zuzenean edo zeharka itzultzearen artean?
- Euskara egoera diglosikoan dagoen hizkuntza gutxitua izateak nola eragiten dio itzulpen jarduerari?

## 3 Ikerketaren muina

Guztira, 628 somatismo eta 654 binomio erauzi ditugu 3,5 milioi hitz inguru dituen AleuskaPhraseo corpusetik, eta honako itzulpen aukeretan oinarrituta aztertu ditugu:

**Sorburu-testu⇒Xede-testu:**

- *UF⇒antzeko UF*
- *UF⇒UF desberdina*
- *UF⇒UFrik ez*
- *UF⇒kopia zuzena*
- *UF⇒zeharkako kopia*
- *UF⇒beste baliabide erretoriko bat*
- *UF⇒Ø*

**Xede-testu⇒Sorburu-testu:**

- *UF⇒UF*
- *UFrik ez⇒UF*
- *UFrik ez⇒zeharkako kopia*
- *Ø⇒UF*

Bi berezitasun nabarmendu daitezke eskema horretatik. Alde batetik, kopia zuzen eta zeharkako kopien arteko bereizketa egin dugu. Sorburu-testuko UFa hitzez hitz itzultzen denean gertatzen da kopia zuzena. Hitzez hitz itzultzen dena, baina, beste hizkuntza bateko UFa denean (gaztelaniakoa, kasu gehienetan), zeharkako kopia izango dugu esku artean. Beraz, bi hizkuntza elkarrekin bizitzeak eta elkarbizitza hori orekatua ez izateak eragina dauka hizkuntza gutxitura egindako itzulpenetan.

Bestalde, norabide bakarrean egin ohi diren itzulpen azterketak zabaldu nahi izan ditugu. Horretarako, sorburu-testuetatik abiatutako azterketak egiteaz gain, xede-testuetatik abiatutakoak ere egin ditugu. Lehenik eta behin, *Sorburu-testu⇒Xede-testu* norabidean deigarria iruditu zaiguna aipatuko dugu 1 eta 2 taulak oinarri hartuta.

1 taula: Somatismoak: Itzulpen aukeren ehunekoetako banaketa

| | HGL ZZ | HL ZZ | HGL ZH | HL ZH | Guztira |
|---|---|---|---|---|---|
| UF⇒UF antzekoa | 15,52 | 31,14 | 7,32 | 38,89 | 25,83 |
| UF⇒UF desberdina | 29,31 | 32,93 | 58,54 | 30,56 | 35,43 |
| UF⇒UF ez | 36,21 | 23,35 | 12,20 | 19,44 | 23,84 |
| UF⇒kopia zuzena | 8,62 | 9,58 | 14,63 | 5,56 | 9,60 |
| UF⇒zeharkako kopia | 10,34 | 2,40 | 7,32 | 2,78 | 4,64 |
| UF⇒beste baliabide bat | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,33 |
| UF⇒Ø | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,33 |
| Guztira | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

2 taula: Binomioak: Itzulpen aukeren ehunekoetako banaketa

| | HGL ZZ | HL ZZ | HGL ZH | HL ZH | Guztira |
|---|---|---|---|---|---|
| UF⇒UF antzekoa | 14,55 | 19,80 | 8,33 | 11,11 | 17,20 |
| UF⇒UF desberdina | 36,36 | 31,19 | 41,67 | 37,78 | 33,44 |
| UF⇒UF ez | 21,82 | 28,71 | 41,67 | 40,00 | 29,62 |
| UF⇒kopia zuzena | 20,00 | 10,89 | 0,00 | 2,22 | 10,83 |
| UF⇒zeharkako kopia | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| UF⇒beste baliabide bat | 5,45 | 1,98 | 0,00 | 0,00 | 2,23 |
| UF⇒Ø | 1,82 | 7,43 | 8,33 | 8,89 | 6,69 |
| Guztira | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

UF bidezko itzulpenen portzentajea altua da bai somatismoen (% 61,26) bai binomioen (% 50,64) kasuan. Datu horrek adieraz dezake itzultzaileek ahalegin berezi bat egiten dutela euskal xede-testuetan UFak txertatzeko, eta UFak erabiltzea positiboa dela itzultzaileen begietan.

UF motak, bestalde, eragina dauka zeharkako kopia eta omisioen kasuan: somatismoen kasuan bakarrik aurkitu ditugu zeharkako kopiak, eta binomioak sarriago ezabatzen dira xede-testuetan.

Tauletako zenbakietatik ondorioztatu daitekeena baino harago ikusi dugu zeharka egin diren itzulpenetan badagoela joera bat zubi-bertsioetako UFetatik aldendu eta euskal UF jatorrak erabiltzeko. Joera hori zeharkakotasuna konpentsatzeko estrategia gisa uler daiteke.

HGLko eta HLko itzulpenen arteko aldeari dagokionez, ikusi dugu euskaraz (alemanez baino) jasoagoak diren UFak erabiltzeko joera nabarmenagoa dela HLko testuen itzulpenean.

Atal honi amaiera emateko, *Xede-testu⇒Sorburu-testu* norabidean lortutako emaitzak deskribatuko ditugu, 3 eta 4 tauletan oinarrituta. Xede-testuetatik abiatuta egindako analisian ere argi ikusten da zeharkako kopiak somatismoen itzulpenean soilik agertzen direla. Aitzitik, gehikuntza –hots, sorburu-testuan ezer ez egonagatik xede-testuan UFak erabiltzea– binomioen kasuan bakarrik gertatzen da. Azken datu horrek eta *UF ez⇒UF* itzulpen aukeran aurkitutako portzentaje altuek adierazi dezakete itzultzaileek saiakera berezia egiten dutela xede-testuetan UFak txertatzeko, jatorrizkoan UF-estimulurik ez egon arren. Horrela, hizkuntzaren ahultasuna medio, jatorrizkoak baino testu adierazkorragoak edo maila jasoagokoak sortzen dira batzuetan euskaraz.

3 taula: Somatismoak: Itzulpen aukeren ehunekoetako banaketa

| | HGL ZZ | HL ZZ | HGL ZH | HL ZH | Guztira |
|---|---|---|---|---|---|
| UF⇒UF | 23,53 | 28,95 | 37,50 | 9,09 | 26,54 |
| UF ez⇒UF | 70,59 | 69,30 | 45,83 | 90,91 | 69,19 |
| UF⇒zeharkako kopia | 3,92 | 1,75 | 4,17 | 0,00 | 2,37 |
| UF ez⇒zeharkako kopia | 1,96 | 0,00 | 12,50 | 0,00 | 1,90 |
| Guztira | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

4 taula: Binomioak: Itzulpen aukeren ehunekoetako banaketa

| | HGL ZZ | HL ZZ | HGL ZH | HL ZH | Guztira |
|---|---|---|---|---|---|
| UF⇒UF | 14,52 | 17,01 | 20,69 | 10,00 | 15,59 |
| UF ez⇒UF | 74,19 | 80,95 | 75,86 | 80,00 | 77,94 |
| Ø⇒UF | 11,29 | 2,04 | 3,45 | 10,00 | 6,47 |
| Guztira | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

## 4 Ondorioak

Alemana-euskara hizkuntza konbinazioan unitate fraseologikoen itzulpena aztertzeko lehen saiakera egin dugu. UFen itzulpena aztertu izan da beste hizkuntza konbinazio batzuetan, baina ez dago aurrekaririk alemana-euskara hizkuntza konbinazioan. Gainera, euskal Itzulpen Ikasketen egoera kontuan hartuta, garrantzitsua iruditu zaigu tesia Itzulpen Ikasketa Deskribatzaileen markoan kokatzea. Behin datuak lortu eta deskribatu ondoren, gai izango gara adar teoriko eta aplikatuan –esate baterako, itzulpengintzaren irakaskuntzan– ekarpenak egiteko.

Metodologiari dagokionez, ikerketa-lana berritzailea dela iruditzen zait. COVALT ikerketa-taldeak bide bat ireki zuen, corpusean oinarritutako itzulpen-azterketa fraseologikoen bidea, eta gu oso antzeko bidea egiten ari gara corpusean oinarritutako euskal Itzulpen Ikasketen baitan.

Itzulpen azterketari erreparatzen badiogu, sorburu-testutik abiatuta egiten diren itzulpen-azterketa tradizionala egiteaz gain, xede-testua ere hartu dugu abiapuntu gisa. Hala, *Sorburu-testu⇒Xede testu* ikuspegi tradizionala gainditu dugu.

Itzulpen-portaera erregularrak (itzulpen-arauak) ere identifikatu ditugu, hala nola zeharkako itzulpenetan zubi-bertsiotik aldendu eta euskal testu jatorragoak sortzeko joera. Emaitza interesgarriak lortu ditugu, bestalde, itzulpen-legeen azterketatik. Hasieran aipatu bezala, UFak interferentziaren legea neurtzeko hizkuntza unitate interesgarriak dira. Gure kasuan, zuzeneko eta zeharkako kopien emaitzek lege hori alemana-euskara hizkuntza konbinazioan nola gauzatzen den ikusten lagundu digute. Euskararen egoera diglosikoa medio, hainbat interferentzia mota identifikatu ditugu. Logikoena testu-interferentzia da, zeina sorburu-testuko UFa hitzez hitz itzultzearen ondorioz gertatzen den. Beste kasu batzuetan, berriz, xede-testuko hitz konbinazioa ez da ustezko sorburu-testuaren eraginez sortu, beste hizkuntza edo testu bateko (oro har, gaztelania edo gaztelaniazko testua) UFaren eraginez baizik; hau da, alemanezko testutik itzuli arren, gertatzen da euskal xede-testuetan aurkitutako hitz konbinazioak gaztelaniazko UFen kopia zuzenak izatea. Kasu horiek interferentzia kognitibo gisa identifikatu ditugu.

Bukatzeko, agerian geratu da hizkuntzaren kanpotiko aldagaien –hau da, kultur-testuinguruaren eta egoera soziolinguistikoaren– garrantzia tesian zehar: corpusa diseinatzerako orduan, testu-azterketa egiterako orduan... Euskararen egoera aintzat hartu gabe ez genuke sortu dugun corpus eleanitza sortuko edo ezingo genituzke emaitza asko ulertu.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Emaitzen interpretazio zehatzagoa egite aldera, hain zuzen, interesgarria izango litzateke etorkizunean corpusetik lortutako datuak beste datu enpiriko batzuekin osatzea, hiru hizkuntzen arteko harremanak (alemana, euskara eta gaztelania, gure kasuan) itzulpen prozesuari nola eragiten dion hobeto azaltzeko.

Horrek ez du esan nahi corpusgintza alde batera utziko dugunik. Inondik ere. Hemendik aurrera, informatikariarekin elkarlanean, lerrokatze programaren azken bertsioa doitzen jarraitu nahi dugu (TRACEaligner 3.0 bertsioa, alegia). Horretaz gain, iruditzen zaigu corpusa lematizatzen badugu, corpusaren balioa handitu egingo dela.

Epe luzera, oso interesgarria izango litzateke, bestalde, corpusean oinarritutako alemana-euskara (gaztelania) hiztegi fraseologikoa sortzen hasteko lehen urratsak egitea.

## Erreferentziak

Barambones, Josu, 2009. *La traducción audiovisual en ETB-1: Estudio descriptivo de la programación infantil y juvenil*. UPV/EHU tesia.

Farø, Ken. 2006. Dogmatismus, Skeptizismus, Nihilismus und Pragmatismus bei der Idiomübersetzung: Grundfragen zu einer idiomtranslatorischen Theorie. In *Phraseology in Motion I. Methoden und Kritik*, ed. by Annelies Häcki Buhofer eta Harald Burger, 189–202. Baltmannsweiler: Schneider.

Gurrutxaga, Antton, 2014. *Idiomatikotasunaren karakterizazio automatikoa: izena+aditza konbinazioak*. UPV/EHU tesia.

Lambert, José, eta Hendrik van Gorp. 1985. On describing translations. In *The manipulation of literature: studies in Literary Translation*, ed. by Hermans Theo. London/Sydney: Croom Helm.

Manterola, Elizabethe, 2011. *Euskal literatura beste hizkuntza batzuetara itzulia. Bernardo Atxagaren lanen itzulpen moten arteko alderaketa*. UPV/EHU tesia.

Marco, Josep. 2013. La traducció de les unitats fraseològiques de base somàtica en el subcorpus anglès-català. In *El corpus COVALT: un observatori de fraseologia traduïda*, ed. by Llum Bracho Lapiedra, 163–215. Aachen: Shaker.

Mieder, Wolfgang. 2009. *International bibliography of paremiology and phraseology*. Berlin; New York: Walter de Gruyter.

Oster, Ulrike, eta Heike van Lawick. 2013. Anàlisi dels somatismes del subcorpus alemany-català. In *El corpus COVALT: un observatori de fraseologia traduïda*, ed. by Llum Bracho Lapiedra, 267–294. Aachen: Shaker.

Toury, Gideon. 2012. *Descriptive Translation Studies and Beyond*. Amsterdam, Philadelphia: Amsterdam: John Benjamins.

Zubillaga, Naroa, 2013. *Alemanetik euskaratutako haur eta gazte literatura: zuzeneko nahiz zeharkako itzulpenen azterketa corpus baten bidez*. UPV/EHU tesia.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Artikulu honetan aurkeztutakoa 2015eko martxoan defendatuko den tesitik eratorria da. Eusko Jaurlaritzako doktorego aurreko bekari esker ekin nion ikerketa-lan honi. Tesia burutu bitartean, gainera, ikerketa-egonaldiak egin ditut Alemanian (Mannheim-en) eta Estatu Batuetan (Reno-n), DAADko beka baten laguntzaz eta USAC 2014 deialdiari esker, hurrenez hurren.

Horretaz gain, informatikariari, Iñaki Albisuari, eskerrak eman nahi nizkioke, bera izan delako TRACEaligner programa garatu duena.

# Komunitatea eta Periferia: euskal arte politikoa XXI. mendean

Pascual Cuesta, Garazi
*Universidad Autónoma de Barcelona (UAB)*
*garazi.pascual@gmail.com*

***Laburpena***

Artea eta politikaren arteko harremana zaila izan da eta euskal kasua ez da ezberdina izan: euskal abangoardiak borroka politikorako balio zuten sinbolo ugari utzi zituen, gaur egun, oraindik ere euskal gizartean bizirauten dutenak. Euskal artea sare artistiko globalean kokatu daiten diskurtso identitarioa alde batera utzi eta abangoardiaren rekodifikazioa egin behar du, periferiaren artearen aldarrikapenaz eta komunitatearen teoriaz baliatuta.

Hitz gakoak: euskal artea, komunitatea, periferia, esperientzia estetikoa, arte politikoa.

***Abstract***

*The relationship between art and politics it is never been and the Basque case has not been different: the Basque avant-garde built several political icons, which nowadays are still present in the Basque society. If the Basque actual art wants to work in the global artistic network it has to leave the identity concepts, so the recodification of the avant-garde can be done with the tools given by the peripheral art networks and the theory on community.*

*Keywords: Basque Art, Community, Periphery, Aesthetic experience, Political Art*

## 1. Sarrera: Artea, politika, teoria.

Artearen eta politikaren arteko harremanak eraldaketa sakona du: XIX. mendean sortutako teoria identitarioek eragin handia izan zuten XX. mendeko sarraskietan, eta politika beste era batean ulertu beharra zegoen. Era berean, politikaren eta artearen arteko harremanak ere ezberdina izan beharko luke, bai faxismoak bai sozialismoak artearen erabilera propagandistikoa egin baitzuten, artearen erabilera politikoa. Ondorioz, 50eko hamarkadatik geroztik, aurreko identitatearen teoria gogorrak hautsi egin ziren eta "ni", "bestea" eta bien arteko harremana ulertzeko forma berriak agertu ziren, arte forma berriak sortu zituztenak.

Gudak erakutsitako porrotek Modernitatearen proiektu mono-kulturala ahuldu zuten eta horri, Frantzian 60. hamarkadako pentsamendua gehituta, "bestea"-ren irudiaren garrantzia dakar. "Diferentzia" izan zen minoriek aldarrikatu zuten kontzeptua bai mundu politikoan, bai artistikoan kokatu ahal izateko. Horrela, lehenengo aldiz, diferentzia eta heterogeneotasuna hizkuntza kulturalean eta artistikoan txertatu ziren. Arteak, multikulturalismoaren bidez sarrarazi zuen diferentzia, hitz honek etnia eta exotismoa bezalako kategoriak utzi zituen kanpoan eta botere zentroetatik haratago zeuden arte formak plazaratu.

Ondoren, 80eko hamarkadak minoria berriak ekarriko ditu (sexualak, sozialak, arrazagatikoak) eta hauekin, aldarrikapen politiko eta sozial berriak (afroamerikar edota hispanoen errebindikazioak; HIES gaixoen taldeak). Hauek guztiek, beren borrokak alderdi artistikora eramango dituzte, identitate hibrido eta mugako estetika bezala aurkeztuta. Hibridotasuna aurrera pauso bat izango da multikulturalismoarekin alderatuta. Izan ere, hibridoa den horrek "ni" eta "bestea"-ren arteko dikotomia binarioa hausten du eta norberaren barnean dagoen anizkoiztasuna azpimarratu.

Azkenik, Irailaren 11 ondoren eta teknologiaren hedabide globalarekin, boterearen deszentralizazioa gertatu da, informazioaren kapitalismoaren aroan sartu gara. Des-lurraldetasun global honek "bestea" modu orokor batean ulertzea dakar, "beste-oro" bezala, alegia. Honek beste edonor arrotz bezala ikustea esan nahi du eta ondorioz, gaur egun, politikoki oso definitua dagoen gizartea ez da analisi kulturalarentzako egokia edota interesgarria izango. Horrela, mundu artistikoa elkar-lotuta dauden espazio transnazionaletara lekualdatu egin da.

Espazialitate berri honek ez ditu tokian tokiko testuinguru kulturalak iraintzen, historia post-kolonial eta “bestea”-ren teoriatik jaiotzen baita. Arteari dagokionez, praktika komunitate txiki transnazionaletan antolatzen da, zeinak komunikazio sareetan antolatu dauden globalki eta espazialitate berri horretan eragina dute.

## 2. Arloko egoera: Arte politikoa Euskal Herrian

Euskal arte politikoak ez du testuinguru erreza izan: gatazka politikoak artea borrokara hurbildu du eta artearen autonomia nolabait deuseztatu. Baina, errealitate bat islatzea edota tokian tokiko situazio bat aurkeztea ez luke beharrez jarrera hartze politiko bat ekarri behar baizik eta, testuinguru hartatik ateratako hausnarketa sakona, artelan baten formarekin. Nola izan daiteke posible, horren testuinguru politiko eta kultural indartsua izanik artearen teoria indartsurik ez garatzea? Eta, zeintzuk dira teoria falta horretarako arrazoiak eta nola birformulatu dezakegu euskal arte politikoa espazialitate berri horren formarekin?

50eko hamarkadan eskultore belaunaldi batek historia egin zuen euskal artean: ia inolako ondoretasun artistikoarekin, pintura sinbolista eta tradizionalista ez ezik, euskal artearen berritzea aurrera eraman zuten. Are gehiago, teorikoki ere, interes formalak daude, estetikarekiko zaletasuna eta nazioartera begirada. Historia hau, ase ezaguna da eta euskal abangoardiaren izenarekin ezagutzen da. Berritze sakona izateaz gain oso kasu berezia izan zen mundu mailan, izan ere, abstrakzioaren hizkuntza formala aukeratu bazuten ere, mami politikoa zuten, garaiko expresionismo abstraktuaren formaltasun hutsarekin alderatuz. Are gehiago, euskal abangoardiaren formak euskal gizartearen inkontziente kolektibora pasa dira, forma sinboliko bihurtu arte: euskal abangoardiaren forma abstraktuak euskal gizartearen sinbologia izatera pasatu dira. Ondare honekin eta aurretik aipatu dugun espazialitate berria kontutan hartuta, lehenengo pausoa tokian tokiko ondare hori mundu globalean kokatzea izango da.

Tokian tokiko elementuekin lan egiten duten artistek arazo ugari dituzte: kanpoko hartzaile batek ez ditu bertako hartzaile batek dituen datu berberak (historikoak, politikoak, kulturalak…) ondorioz, ez dute esperientzia estetiko eta artistiko berbera izango. Bakoitzak bere diferentzia azaldu nahi izanak balio artistikoa galtzea ekar dezake edota exotismoan jausteko parada. Diferentziaren aldarrikapena izan da, hain zuzen, euskal artearen arazoa. Hori dela eta, norabide aldaketa gertatu behar da: espazialitate berria transnazionala da, alegia, ez dugu borroka binario bat bezala ulertu behar (lokala vs. globala) baizik eta, komunikazio moduan. Ez dira bereizle diren elementu oro diskurtso globalean beharrez txertatu behar baizik eta, gure testuinguruan pertinenteak diren elementuak identifikatu eta sare artistiko globalean kokatu.

## 3. Ikerketaren muina: komunitatea eta periferia.

Beraz, nola birmoldatu euskal arte politikoa aurretik aipatu ditugun elementuak erabilita? Lehenengo, unibertsaltasunaren eta lokalismoaren arteko ibilbidea lekuz aldatu beharko genuke, hau da, bereiztasunak eta diferentziak oihukatu eta adierazle bihurtu beharrean, sare globalean arte politikoak dituen estrategiak erabili beharko genituzke: aurretik aipatutako periferien garrantzien diskurtsoaz baliatuta eta komunitatearen teoriaren bidez gure elementu gatazkatsuetan hausnartuta. Lokalismotik globalera joan beharrean, kontrako bidea proposatu beharko litzateke, hau da, arteak aurkezten dizkigun forma garaikideak eta elementu komunak gure tokian tokiko elementu pertinenteekin bete.

Bigarrenez, hausnarketa estetiko eta artistikorako pertinenteak diren elementua eta gaiak finkatzea izango da helburu, hau da, zerk egin dezake interesgarria gure lokalismoa galderari erantzutea. Aurretik aipatu dugun bezala, Euskal Herriak ez du izan ondare artistiko garrantzitsurik XX. mendeko bigarren erdialde arte, beraz, euskal abangoardiaz geroztik sortutako elementuak lirateke forma pertinenteak. Are gehiago, aurretik ikusi dugun bezala, elementu horiek euskal borroka politikoaren sinbologia bihurtu dira eta, hori da, hain zuzen, sare artistikoan jorratzen ari den etengabeko gaia: politikoak izandako elementuetan esku-hartze artistikoa egitea. Gure testuinguruan jarrita, euskal abangoardiaren rekodifikazioa.

Azkenik, elementu hauek problematikoak izan daitezke, askotan borroka politikora lotuta egon direlako. Gatazkaren esperientziaren hausnarketa kolektiboa klabea izango da eta horrek, arazo ugari ekarri ditzake. Horregatik, artearen erabilera komunitarioa lagundu dezake politikoki gatazkatsuak izan diren horiek ebazteko. Komunitatearen teoria espazialitate berriaren agerpena balioztatzen du izan ere, "komunean-izatea", "ni"-a erlazio moduan ulertzea da, "harremanean-izatea". Gatazka modu erlazional batean ulertuta gure esperientzia kolektiboa sare komunikatibo eta artistiko globalean kokatuko dugu, politikoki arazo larriak ekarri zituzten eta elementuak artistikoki oso praktika interesgarriak bihurtu.

Adibide konkretuari erreparatuz:

### 3.1 Irudiak

**1. irudia. Eduardo Chillida "Leizaran"**



**2. irudia. Ibon Aranberri "Horizontes"**



Ibon Aranberriren “Horizontes” artelana (2001) banderatxo batzuk erakusten dizkigu. Hauek, festa garaian Euskal Herriko edozein herritan topa ditzakegun banderak dira, ospakizun estetika eta aldarrikapen politikoaren arteko tentsioa nabarmentzen dituzten elementuekin. Banderatxoek sei irudi dituzte: Chillidaren “Haizearen orrazia”, Kutxaren logoa, zentral nuklearren aurkako sinboloa, Amnistiaren Aldeko Batzordeen irudia eta Euskal Herriko Unibertsitatearen logoa. Hauek guztiak Eduardo Chillidak sortutako sinboloak dira. Hauei, Aranberrik sortutako abangoardia formako irudi bat gehitzen zaie.

Horrela, Aranberrik euskal abangoardiaren formen anbibalentziarekin jolasten du: batetik, borrokak zuen giro alaia eta gizartearen kohesioa ekarri zuten sinboloak dira eta bestetik, sinbolo abstraktuek horiek gizartean izan duten garrantziaren zergatiaren galdera. Aranberrik enpresen logoei, erakunde publikoei, sinbolo kultural eta politikoei gezurrezkoa den irudia txertatzen die: ospakizunerako banderatxoak sinbolo politiko eta sozial bezala ulertzen ditu hartzaileak. Are gehiago, gezurrezko logo horrek Chillidaren formetara eramaten gaitu ez, ordea, eduki politikora. Horrela, hartzaileek ez dute sinbolo horretarako erreferente politikorik aurkituko eta forma hutsarekin gelditzen dira. Ondorioz, sinbolo horiek duten baliotasun politikoari eta errentagarritasun sinbolikoari buruz galdetzen die Aranberrik, borroka politikoan izan duten eraginaren zergatiaz.

## 4. Ondorioak

Aurretik azaldutako guztia kontutan hartuta, unibertsalismoa tokian tokiko elementuekin kutsatuta eta euskal abangoardiaren rekodifikazioa lirateke euskal arte politikoarentzako birformulaziorako elementu interesgarri bi.

Euskal abangoardiaren zenbait sinbolo elementu artistiko bezala jaio ziren eta gerora, elementu politiko bilakatu ziren, borroka sozialen sinbolo. Bilakaera hori sorkuntzarako interesgarria da, izan ere, sinboloak, talde sozialen sorkuntza eta hizkuntzaren malgutasuna oso gai arruntak dira artearen sare globalean eta orokorrean, gizarte garaikidea ulertzeko klabeak. Beraz, gatazkaren inguruan euskal gizarteak barnean bizi izandako esperientzia kolektiboa gai klabea izango da sare globalean plazaratzeko. Baina, esperientzia hori maila politikoan ulertu beharrean, bizikidetasunaren esparruan ulertuta, komunitatearen lotura espazialarekin harremanean eta gatazka politikoak bizi iraun dituena. Hori da, hain zuzen, diskurtso identitarioaren bilakaera komunitarioa. Horrela koka genezake euskal artea sare transnazionalean eta espazialtasun berrian.

Herentzia politiko eta sinbolikoa oso gogorra bada ere, artea komunitateak eskatzen duen plano espazialera mugitu beharko da, komunitatearen mailara, ikuspegi historikoan geratu beharrean. Horretarako, badirudi interesgarria eta emankorra dela “aita hil”-tzearen estrategia, hau da, abangoardiaren herentzia rekodifikatu eta gizarteak beretzat hartzen dituen sinbolo politikoen zergatiari buruz galdetu.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan hau bere erdi bidean dago: lehenengo kapituloa, euskal arteak azken hamarkadetan izan duen teoria batzea eta hausnartzea izan du helburu. Artearen Historiari dagokion estrategia da, baina, ondoren, artearen historia alde batera utzi eta planteamendu filosofikoetara jo beharra dugu. Horrela, testu urritasuna ikusita sare global artistikoan pil-pilean dauden gaiak jorratu ditut, arte politikoari dagokionez.

Artikulu honentzat, ez da teoria gordinena jorratu nahi izan (bigarren kapituloa), komunitatearen inguruan 80eko hamarkadatik (batez ere Frantzian) geroztik etorritako diskurtso filosofikoa. Hala ere, kapitulo honek, ezinbesteko garrantzia du tesia filosofiaren arloan kokatzeko eta ez Artearen Historiaren esparruan.

Hori dela eta, artikulu honetan aurkeztu ditudan irtenbideak aurretiazko ondorioak dira, oraindik bigarren kapituluaren konposaketan nabil. Hartu beharreko norabidea, hain zuzen, bertan dago, artistek egin beharreko bide beran: gure artearen teoria modu interesgarri batean

sare globalean azaldu, komunitatearen eta periferiaren kontzeptuekin lagunduta diskurtso interesgarria eraiki ahal izateko.

## 6. Erreferentziak

Agamben, G. (2009): *The Coming Community*. University of Minnesota Press, Minneapolis.

Aguirre, P. (2001): "Basque Report 2.0", *Lápiz, 178,* Madrid.

Blanchot, M. (2002): *La comunidad inconfesable.* Arena Libros, Madrid.

De Duve, T. (2007): "The Glocal and the Singuniversal. Reflections on Art and Culture in the Global World", *Third Text, 21,* 681-688.

Echevarría, G. eta Marí, B. (2001): *Gaur, Hemen, Orain.* Bilboko Arte Eder Museoa, Bilbo.

Esposito, R. (2007): *Communitas, origen y destino de la comunidad.* Amorrortu editores, Buenos Aires.

Garcés, M. (2013): *Un mundo común*. Edicions Bellaterra, Barcelona.

NANCY (2001): *La comunidad desobrada.* Arena Libros, Madrid.

——————— , (2013): *La partición de las voces.* Avarigani

——————— , (2014): *La Communauté désavouée,* Galilée, Paris.

RANCIÈRE (2005): *Sobre políticas estéticas.* Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.

——————— , (2009): "Contemporary Art adn Politics of Aesthetics", *Communities of Sense: Rethinking Aesthetics and Politics,* 31-50, Duke University Press, Londres.

——————— , (2009): "Problems and Transformations of Critical Art", *Aesthetics and its Discontents,* 45-60, Polity Press, Cambridge.

Reguera, G. (2005): "Arte joven vasco", *Lápiz 212,* 46-54, Madrid.

Sáez de Gorbea, X. (arg.) (2012): "Artea Bizkaian (1939-2010)", *Ertibil Bizkaia 2012,* Bizkaiko Foru Aldundia, Bilbo.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Artikulu hau Bartzelonako Unibertsitate Autonoma-ko (UAB) Filosofiako Doktorado programaren barruan, Filosofiako Departamentuan inskribatutako tesian oinarritzen da. Tesia Gerard Vilar katedradunaren zuzendaritzapean lantzen eta idazten ari naiz eta 2016ko irailerako du aurkezpen data.

# Corpusetan oinarritutako hiztegi elebidun berria sortzen

David Lindemann, Iñaki San Vicente
*UPV/EHU, Elhuyar Fundazioa*
*david.lindemann@ehu.eus, i.sanvicente@elhuyar.com*

***Laburpena***

Lan honetan, hiztegigintza egitasmo berria aurkezten dugu, EHUn garatzen ari dena: Euskara-alemanerazko *EuDeLex* hiztegi elebidun elektronikoa, hizkuntza-ikasleei zuzentzen dieguna. Sarrera, hizkuntza-bikote honentzako hiztegi berria baten beharrari dagokio.

*EuDeLex* egitasmoak ez du eguneratu edo egokitu litekeen aurrekaririk. Hala ere, baliabide lagungarriak ditugu hiztegia sortu eta editatzean: alde batetik, datu-base lexikografiko nahiz corpus elebakarrak, eta bestetik, sortu berri diren euskara-alemanerazko corpus paraleloak. Hiztegiaren makroegitura eta mikroegitura osatzeko corpusetan oinarritutako eman ditugun ikerketa-urratsak aurkezten ditugu.

Hitz gakoak: Hizkuntzalaritza, Hiztegigintza, Corpus Hizkuntzalaritza, Euskara, Alemanera

***Abstract***

*In this paper, we introduce* EuDeLex*, the new German-Basque bilingual electronic dictionary for language learners, which is currently being worked on at UPV/EHU. The introduction addresses the need for a new electronic dictionary for that language pair.*

*This new project does not have any lexicographical antecedents that could be updated or adapted. Nevertheless, one the one hand, existing monolingual lexicographical databases and corpora, and newly created German-Basque parallel corpora, on the other, support the creation and editing process of the new dictionary. We explain our workflow in corpus-based macrostructure and microstructure design and editing.*

*Keywords: Linguistics, Lexicography, Corpus Linguistics, Basque, German*

## 1. Sarrera

Alemanera euskaratik ikasteko lehenengo testu-liburua 2007an argitaratu zen (Reuter eta Wolff 2007). Hurrengo urteetan, alemanera euskaldunei irakasteari buruzko zenbait ikerlan burutu ziren (Braun 2010; Reuter 2010; Wolff 2010). Haien arabera, urtean euskara L1 duten 1330 bat ikaslek hasten dituzte alemaneraren ikasketak bigarren hezkuntzako esparruan, eta beste 1.000 batek unibertsitateetan eta Hizkuntza Eskola Ofizialetan. Euskaldunei alemanera irakasten diotenek, ikasleei hiztegi elebakarrak erabiltzea gomendatu arren, ikasleak hiztegi elebidunez baliatzen direla ikusten dute, eta euskara-alemanerazko eskaintzarik ezean, zubi-hizkuntza batetik jo ohi dutela, kasu gehienetan gaztelera-alemanerazko hiztegietara, azken haiek makroegiturari (lematega) eta mikroegiturari (hiztegi-sarreraren diseinua eta edukia) dagokienez askoz ere gehiago eskaintzen dietela egun euskara-alemanerazko hiztegi bakarra den poltsiko neurriko paperezko hiztegiak baino (Martínez Rubio 2007). Horretaz gain, hiztegien erabilpenaren inguruko ikerketak argi utzi du ikasleek hiztegi elektronikoak erabiltzeko ohitura hartu dutela, paperezko hiztegi hobeak eskuragarri izan gorabehera (Domínguez in press[1]). Hutsune hau betetzeko asmoz, hizkuntza-ikasleentzako euskara-alemanerazko hiztegi elektronikoa garatzea dugu helburu, EHU-ko web atariaren bitartez *EuDeLex* izenpean dohain eskuragarri jarriko dena.[2]

Jarraian, *EuDeLex* hiztegia sortzeko bidean eman ditugun zenbait ikerketa-urrats aurkeztuko ditugu, bi ataletan banaturik, makroegituraren eta mikroegituraren edukia osatzeari dagokionez, hurrenez hurren. Laugarren atalak zenbait ondorio eta gerorako erronkak azaltzen ditu.

1 [Artikulu hau argitaratzeko zorian dago; idazlan honen azken bertsiorako, erreferentzia eskuragarria izango da.]

2 Erabiltzaile-interfazearen lehenengo bertsioa http://www.ehu.eus/eudelex helbidean eskuragarri dago. Artikulu honetan lekurik ez duten *EuDeLex* hiztegiaren garapenaren beste alderdi batzuez, ikus Lindemann (2014a).

## 2. Corpusetatik erauzitako datuetan oinarritutako makroegitura

### 2.1 Lemategiak eraikitzeko irizpideak

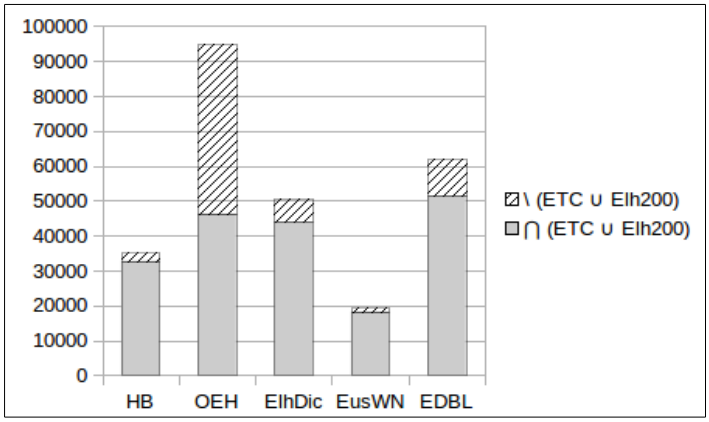
Hiztegigintzak eta Corpus Hizkuntzalaritzak elkar elikatzen dute hainbat alderdiri begira (ikus, besteak beste, Teubert 2001; Teubert 2002; baita Lindemann 2013 ere). Hala nola, gaurko hiztegigintzak corpusetatik erauzitako datuetara jotzen du lemategia definitzeko orduan. Hizkuntza Azterketa eta Prozesamendua (HAP) alorrean garatutako teknikei esker, corpus-datu gordinetatik hainbat ebidentzia estatistiko eraazteko gai gara, eta horien artean, lemaren erabilera-maiztasuna. Maiztasuna bi zentzutan da garrantzitsua hiztegigintzan:

1) Batetik, ikasleentzako hiztegi-lemategiak maiztasunean oinarritzea ohiko jokabidetzat har dezakegu (Quasthoff 2009), eta bestetik, erabilera-maiztasuna eta dagokion hiztegi-sarreraren ikustaldi kopurua erlazionatuta daude neurri handi batean (De Schryver et al. 2010; Wolfer et al. 2014);
2) Maiztasun-datuak hiztegi-sarreraren osagai gisa eskura jarri ahal zaizkio erabiltzaileari. Besteak beste, hizkuntza-ikaslearen beharrei begira, aspalditik oso zentzuduntzat jotzen da maiztasunari buruzko argibideak hiztegian ematea; ingelesa ikasten duenak, esaterako, 1990. hamarkadatik aurrera aurkitzen ditu maiztasun-datuak ikasleentzako hiztegietan (Kilgarriff 1997).

### 2.2 Alemanerazko eta euskarazko lemategiak eraikitzeko metodoak

*EuDeLex* hiztegiaren alemanezko lemategia zehazteko lehengaia 40.000 sarrera dituen *DeReWo-40.000* maiztasun-zerrenda lematizatua (IDS 2009) izan da, egun alemanerazko corpus handienak diren eta prestigio handiko IDS erakundeak kudeatutako baliabideetan oinarritzen dena. Horren lehenengo % 10a (A hizkiaz hasten diren lemak) eskuz editatu ondoren, zerrendako lemen % 95a bere horretan aurkitu dugu hiztegiaren lemategian, eta eskuz moldatutakoak edo gehitutakoak gainontzeko % 5a baino ez du osatzen (xehetasun gehiagorako, ikus Lindemann 2014a; Lindemann 2014b). Zenbaki horiek adierazten dute zenbateraino den egokia zerrenda hori hiztegi baten sarrera multzoa zehazteko lanean, ia inolako eskulanik ez baitu behar.

**1 irudia: Hiztegi-lemategiak corpusetan**




Euskarazko oinarrizko lemategi bat proposatzeko, eredutzat hartu dugu alemanerazko *DeReWo* zerrendak sortzeko metodologia (xehetasun gehiagorako, ikus Lindemann eta San Vicente 2015). Alde batetik, *ETC* corpus (Sarasola, Landa eta Salaburu 2013) eta *Elhuyar Web-Corpus*-etatik (Elh124 eta Elh200, Leturia 2012; Leturia 2014), hau da, egun euskarazko corpus handienak diren baliabideetatik, erauzi ditugun maiztasun zerrendez baliatu gara.[3] Bestetik, aurretik argitaratutako hainbat euskarazko hiztegi eta datu-base lexikaletako lemategiak

3 ETC-ren kasuan, EHUko Euskara Institutuan prozesaturiko maiztasun-zerrenda lematizatua eskuragarri izan dugu.

eskuratu ahal izan ditugu.[4] Bi multzo haien intersekzioa, hots: corpus batean *eta* hiztegi batean agertzen diren lemen multzoa, abiapuntutzat hartu dugu lematégiaren eskuzko edizioa burutzeko. 75.481 euskarazko lematako multzoa dugu honezkero, bakoitza corpusetatik erauzitako maiztasun-informazioarekin (ikus corpusetako ebakidurak (∩) hiztegi-lematégi bakoitzarekin eta multzo disjuntuak (\) 1 irudian).

Corpus hizkuntzalaritzako literatura klasikoan proposatutako atalasearen arabera, corpusetan 20 agerpenetatik gora duten 57.919 lema *EuDeLex* hiztegian sarrera-buru izateko hautagai egokitzat hartzen ditugu.[5] Metodo automatikoen bitartez definituriko lematégi horren eskuzko edizioak argituko digu baieztapen horrek norainoko balioa duen.

## 3. Mikroegitura osatzeko datuak

### 3.1 Lemak entitate sintaktiko gisa

Lematégien konparaketa hau burutzeko eskuragarri izan ditugun euskarazko baliabide lexikaletako bat, *EDBL* (Aldezabal et al. 2001) datu-basea izan da, corpus-datu gordinak lematizatzen eta etiketa morfosintaktikoez osatzen dituen *EusTagger* tresnak (Aduriz et al. 1996) ere erabiltzen duen datu-base bera. Datu-base horrek lema-ikur bakoitzari egoki ahal zaizkion kategoria eta azpi-kategoria gramatikalak dakartza, ondorengo adibideak erakusten duen bezala:

**1 Taula: *alegia* lema-ikurra *EDBL* datu-basean eta *Elh200* corpusean**

| **EDBL lema eta etiketa** | **Kategoria** | **Agerpenak Elh200** |
|---|---|---|
| alegia_LOT_LOK | lokailua | 41.106 |
| alegia_IZE_ARR | izen arrunta | 4.208 |
| Alegia_IZE_LIB | leku-izen berezia | 921 |

*EDBL* eta corpusetako ebakidurako lemei dagokienez, ondorengo kopuruak ditugu: 51.157 lemetatik, 46.124 dira 20 agerpenetatik gora dutenak. Ondorengo arrazoiengatik proposatzen dugu *EuDeLex* hiztegiaren abiatzeko euskarazko lematégia multzo horren gainean eraikitzeko:

1) *EDBL*-eko etiketa sintaktikoen gainean, hiztegi-sarreraren oinarrizko egitura bat eraiki daiteke. Lema-ikur baten azpian, lema homografoak (ikus adibidea 1 taulan) entitate sintaktiko gisa antolatuko lirateke.
2) Gainera, fintasun maila horretan zehaztutako entitate sintaktiko bakoitzarentzat maiztasun-datuak ditugu; eskuragarri ditugun beste datu-iturrietan, aldiz, lemaren kategoria hutsaz bestelako etiketarik ez dugunez, haiei dagokienez ezin dugu maiztasun daturik azpi-kategoria gramatikalarentzat kalkulatu.
3) *EDBL*-ko datuak hiztegigintzan abiapuntutzat hartu eta beste iturrietatik osatzeko erabakiak eta EDBL-ko lematégi hura eskuz editatzeak ahalbidetuko dute datu-base hori bera eguneratu eta aberastea.

### 3.2 Aleman-euskarazko ordain-bikoteak definitzeko metodoak

Aipatu dugun bezala, *EuDeLex* hiztegia hutsetik lantzen dugu, abiapuntu gisa balia daitekeen glosario elebidunik ez baikenuen eskuragarri. Eskuzko lana murrizteko asmotan, abiatzeko

4 Euskaltzaindiaren *Hiztegi Batua* (HB), *Orotariko Euskal Hiztegia* (OEH), *Elhuyar Euskara-Gaztelania* hiztegiaren euskarazko lematégia (ElhDic), *Euskal WordNet* (EusWN) eta EDBL; Erreferentzia zehatzak Lindemann eta San Vicente (2015) lanean.

5 Hiztegigintza lanetan lema baten esanahia zehazteko ebidentzia nahikoa izateko, 20 agerpenetan finkatzen du Sinclair-rek (2005) gutxieneko agerpen-kopurua. *EuDeLex* hiztegiaren editatze lanetarako giza baliabide murriztuak izatearen ondorioz eskuzko lana murriztu behar izanez gero, gutxieneko kopuru handiagoa finkatu beharko da.

glosario-zirriborroak garatzeko metodo sorta garatu dugu, jarraian laburbiltzen duguna (ikus Lindemann et al. 2014 xehetasunetarako).

Alemanerazko A hizkirako hiztegi-sarrerak editatu ondoren, hau da: proposatutako lemategiaren %10erako (3.400 bat lema), alemanerazko lemaren polisemia-desanbiguatze eta euskarazko ordainak barne, baliatu ditugu datu haiek jarraian aipatuko ditugun glosario elebidunak automatikoki sortzeko bost metodo ebaluatzeko. Alemanerazko *DeReWo-40.000* (ikus 2.1 atala) zerrendako 40.000 lementzat saiatu gara metodo hauen bitartez euskarazko ordainak lortzen.

1) EHUko Letra Fakultatean garatu berri den euskara-alemanerazko literatura-corpus elebiduneko eskuragarri genituen datuak - 81 alemanerazko liburu eta haien euskarazko itzulpenak; 2 milioi testu-hitz hizkuntza bakoitzean - (Sanz, Zubillaga eta Uribarri 2015) erabili ditugu honako bi tresna hauen bitartez glosarioak sortzeko: *GIZA (Och eta Ney 2000)* eta *Bifid* (Nazar 2012) lerrokatze tresnak, estatistikan oinarrituta testu paraleloetatik itzulpen-ordainak hautatzen dituenak.
2) Asmo honetarako eratu dugun Biblia-corpus elebiduna (640.000 testu-hitz hizkuntza bakoitzean) erabili dugu aipatutako lerrokatze tresnek glosarioak sor ditzaten.
3) Elhuyar Fundazioak garatutako *Pibolex* hiztegiaren (Saralegi, Manterola eta San Vicente 2012) euskaraz-alemanerazko bertsioak ematen dituen ordain-bikoteak ebaluatu ditugu.
4) Existitzen diren kode ireki eta lizentzia libreko datu-base lexikal elebakar biren hizkuntzaz-hizkuntzako loturak erauzi ditugu, EU-DE lotura duten item lexikoak glosario-sarrera gisa batzeko: *Wiktionary* eta *Wikipedia*.
5) *WordNet* datu-baseetatik erauzi ditugu datuak, *EusWN* datu baseko item lexikoak, ingelesezko *WordNet*-en bitartez alemanerazko *GermaNet* datu-baseko edukiekin lotuz, alegia.[6]

Ondorengoak dira eraikitako glosarioen ebaluazio kuantitatibo eta kualitatiboaren emaitzak:

- Aipatutako metodo guztiak konbinatuz, alemanerazko lemategiaren %80arentzat lortu dugu euskarazko ordain bat edo gehiago.
- Alemanerazko lemategiaren %60arentzat lortu dugu eskuzko ebaluazioan egokitzat jo dugun ordain bat edo gehiago, gainontzekoak desegokiak izanik. Ordain egokia(k) dituen leman erdiak (%30) ordain egokiez gain ez du ordain desegokirik.
- Eskuzko ebaluazioaren emaitzen arabera, hiru taldetan sailkatu ditugu metodoak. Ondorengo taulan, sailkatutako datuak ikus daitezke:

**2 Taula: Glosario elebidunak sortzeko metodoen sailkapena, emaitzaren kalitatearen arabera**

| **Taldea** | **Baliabideak** | **Ordain egoki bat edo gehiago dituen alemanerazko lemak** |
|---|---|---|
| (1) ia erabateko doitasuna | *Wiktionary*, *Wikipedia*, *Bifid* (Literatura corpusa) | %40,6 |
| (2) doitasun altua (ordain desegoki gutxi) | *Bifid* (Biblia), WordNet | %20 |
| (3) doitasun baxua (ordain desegoki asko) | *Giza*, *Pibolex* | %18,7 |

Lortutako ordain-bikoteak *EuDeLex* hiztegiko datu-basean sarrera emango diogu, aipatu berri dugun sailkapenaren araberako irizpideak izanik: (1) taldeko datuak, ia datu desegokirik ez egotea espero dugunez, zuzenean sartuko ditugu datu-basean, ondoren eskuz editatzeko; (2) taldeko datuak, berriz, eskuz errebisatuko ditugu datu-basean sartu baino lehen; eta (3) taldeko

6 Erreferentziak Lindemann et al. (2014) lanean.

datuak, datu desegoki franko tartean duten glosarioen taldekoak, ez ditugu datu-basean sartuko.

Eskuzko lana nabarmen erraztuko duen datu-multzoa lortu dugu. Horretaz gain, honako bi baieztapen hau azpimarratu nahi dugu: Proposatutako metodo sorta printzipioz edozein hizkuntza-bikoterako balio du, eta beste hainbat konbinaziotan errepika daiteke, bai hiztegi-zirriborro gisa balia daitekeen glosario elebidunak lortzeko, eta bai hizkuntza-bikote ezberdinen arteko erkaketak egiteko.

## 4. Ondorioak eta gerorako erronkak

Eguneratu edo egokitu ahalko litzatekeen hiztegigintza-lan aurrekaririk gabeko hizkuntza-bikote honetako hiztegi elektroniko berri baten oinarri batzuk definitu ahal izan ditugu, bai makroegituraren, eta bai mikroegituraren osaketari begira. Bi kasuetan, hizkuntza corpus elektronikoak ezinbesteko baliabideak direla argi geratu da. Bestalde, ez dago zalantzarik hiztegigintzan eskuzko lana ere berebiziko baliabidea izaten jarraitzen duela, automatikoki sortutako zirriborro-datuak egiaztatu eta osatzeko.

Hiztegi elebidun bat hutsetik hasteko zenbait abiapuntu baino ez ditugu deskribatu lan honetan. Hasieratik balio digun asmo bikoitzari jarraituko diogu hemendik aurrera ere: Alde batetik, *EuDeLex* euskara-alemanerazko hiztegi honetako lanak aurreratzea, hizkuntza-ikasleari, batik bat, baliabide egokia eskaintzeko, eta bestetik, euskararekiko hiztegigintza elebidunean oraindik landu gabeak diren beste hainbat hizkuntza-bikotetan aplika zitzaketen oinarrizko irizpide eta metodoak landu eta proposatzea.

## 5. Erreferentziak

Aduriz, I., I. Aldezabal, I. Alegria, X. Artola, N. Ezeiza eta R. Urizar (1996): EUSLEM: A lemmatiser/tagger for Basque. In *Proceedings of EURALEX 1996*, 17–26. Göteborg: Göteborg University.

Aldezabal, I., O. Ansa, B. Arrieta, X. Artola, A. Ezeiza, G. Hernandez eta M. Lersundi (2001): EDBL: a General Lexical Basis for the Automatic Processing of Basque. HAL - CCSD.

Braun, S. (2010): Die Rolle der Muttersprache im Deutschunterricht in zweisprachigen Gebieten am Beispiel des Baskenlandes. In C. Jarrilot (arg.): *Bestandsaufnahme der Germanistik in Spanien: Kulturtransfer und methodologische Erneuerung*, 25–36. Peter Lang.

De Schryver, G.-M., D. Joffe, P. Joffe eta S. Hillewaert (2010): Do dictionary users really look up frequent words?—on the overestimation of the value of corpus-based lexicography. *Lexikos* 16 (1).

IDS (2009): Korpusbasierte Wortgrundformenliste DEREWO, v-40000g-2009-12-31-0.1, mit Benutzerdokumentation. Institut für Deutsche Sprache, Programmbereich Korpuslinguistik.

Kempcke, G. (2001): Polysemie oder Homonymie? Zur Praxis der Bedeutungsgliederung in den Wörterbuchartikeln synchronischer einsprachiger Wörterbücher der Deutschen Sprache. *Lexicographica*, Nr. 17: 61–68.

Kilgarriff, A. (1997): Putting Frequencies in the Dictionary. *International Journal of Lexicography* 10 (2): 135–55.

Leturia, I. (2012): Evaluating Different Methods for Automatically Collecting Large General Corpora for Basque from the Web. In *Proceedings of 24th International Conference on Computational Linguistics (COLING 2012)*, 1553–70. Mumbai, India.

——————— (2014): The Web as a Corpus of Basque. PhD Thesis, Donostia: UPV/EHU Lengoaia eta Sistema Informatikoak Saila.

Lindemann, D. (2013): Bilingual lexicography and corpus methods. The example of German-Basque as language pair. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 95.

——————— (2014a): Creating a German-Basque Electronic Dictionary for German Learners. *Lexikos* 24 (1).

——————— (2014b): Zweisprachige Lexikographie des Sprachenpaares Deutsch-Baskisch. In Domínguez Vázquez, M. J., F. Mollica eta M. Nied (arg.): *Zweisprachige Lexikographie im*

*Spannungsfeld zwischen Translation und Didaktik*, 263–86. Lexicographica Series Maior. De Gruyter.

Lindemann, D. eta I. San Vicente (2015): Euskarazko maiztasun lemategia gaurko teknologien ikuspuntutik. In B. Fernandez eta B. Salaburu (arg.): *Ibon Sarasolari Gorazarre*. Bilbao: UPV/EHU.

Lindemann, D., X. Saralegi, I. San Vicente, I. Manterola eta R. Nazar (2014): Bilingual Dictionary Drafting. The example of German-Basque, a medium-density language pair. In *Proceedings of the XVI Euralex International Congress*, 563–76. Bolzano: EURAC.

Martínez Rubio, E. (2007): *Euskara alemana hiztegia*. Donostia: Elkar.

Nazar, R. (2012): Bifid: un alineador de corpus paralelo a nivel de documento, oración y vocabulario. *Linguamática* 4 (2): 45–56.

Och, F. J. eta H. Ney (2000): Improved statistical alignment models. In *Proceedings of the 38th annual meeting of the Association for Computational Linguistics on Computational Linguistics*, 440–47. Hongkong: Association for Computational Linguistics.

Quasthoff, U. (2009): Korpusbasierte Wörterbucharbeit mit den Daten des Projekts Deutscher Wortschatz. *Linguistik online* 39: 3.

Reuter, D. (2010): Interkulturelles Lernen am Beispiel baskischer Muttersprachler im Deutschunterricht. In C. Jarrilot (arg): *Bestandsaufnahme der Germanistik in Spanien: Kulturtransfer und methodologische Erneuerung*, 261–66. Peter Lang.

Reuter, D. eta J. Wolff (2007): *Deutsch - Euskaldunentzat*. Donostia: Erein.

Sanz, Z., N. Zubillaga eta I. Uribarri (2015): Estudio basado en corpus de las traducciones del alemán al vasco. In M. T. Sánchez Nieto (arg.): *Corpus-based Translation and Interpreting Studies: from description to application*, 211–35. Berlin: Frank & Timme.

Saralegi, X., I. Manterola eta I. San Vicente (2012): Building a Basque-Chinese Dictionary by Using English as Pivot. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation*. Istanbul.

Sarasola, I., J. Landa eta P. Salaburu (2013): Egungo Testuen Corpusa. UPV/EHU.

Sinclair, J. (2005): Corpus and text-basic principles. In M. Wynne (arg.): *Developing linguistic corpora: A guide to good practice,* 1–16. Oxford: Oxbow Books.

Teubert, W. (2001): Corpus Linguistics and Lexicography. *International Journal of Corpus Linguistics*, Nr. 6: 125–53.

——————— (2002): The Role of Parallel Corpora in Translation and Multilingual Lexicography. In B. Altenberg eta S. Granger (arg.): *Lexis in Contrast: Corpus-Based Approaches*, 189–214. John Benjamins Publishing.

Wolfer, S., A. Koplenig, P. Meyer eta C. Müller-Spitzer (2014): Dictionary Users do Look up Frequent and Socially Relevant Words. Two Log File Analyses. In *Proceedings of the XVI Euralex International Congress*, 281–90. Bolzano/Bozen: Eurac.

Wolff, Jürgen (2010): Sprachvergleich Baskisch/Deutsch und seine Auswirkungen für den Unterricht. In C. Jarrilot (arg.): *Bestandsaufnahme der Germanistik in Spanien: Kulturtransfer und methodologische Erneuerung*, 37–42. Peter Lang.

## 6. Eskerrak eta oharrak

Emaitza hauek izan dituen ikerketak diru-laguntza jaso du (Europar Batasunaren *Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration*, hitzarmen zbk. 613465; IT665-13 (Eusko Jaurlaritza)).

Ikerketan zehar aholku eta laguntza eman eta dagozkion argitalpenetan koautore gisa jardun duten ondorengo hizkuntzalari konputazionalei esker onak ematen diegu: Iker Manterola, Rogelio Nazar, Xabier Saralegi.

Lan honek Miren Azkarate irakaslearen zuzendaritzapean EHUko Euskal Hizkuntza eta Komunikazioa sailean David Lindemann burutzen ari den “Hiztegigintza Elebiduna: Euskara-Alemanera” izenburuko doktore tesiaren bi atalen edukia aurreratzen ditu.

# Lapurdi itsas hegiko euskara: hiru ezaugarri fonologikoren azterketa

Duhalde, M
*UPPA-IKER, UPV/EHU*
maitena.duhalde-deserra@univ-pau.fr

***Laburpena***

Lapurdi itsas hegiko euskarari buruzko ezagutzaren sakontzea, bere sailkapena zehaztea eta euskara bera ikertzea dira gure xedeak. "Kostatar" deitu mintzairaren hobeki ezagutzeko helburuarekin, hiru ezaugarri fonologiko hautatu eta aztertu ditugu: hasperena, hiatusa (i + a eta u + a) eta *i* bokalak eta *j* bokalerdiak eragindako asimilazio bustidura. Horretarako, hautatu lekukoekin bildu ditugun datuak, baita gure esku diren inguruko hizkeren ikerlanak ere kontuan hartu ditugu. Lan hau ondoko hilabeteetan landu eta sakondu nahi dugun deskribapen osoago baten lehen urratsa da.

Hitz gakoak: dialektologia, sinkronia, kostatarra, Lapurdi itsas hegiko mintzoa.

***Abstract***

*The objectives of this paper are to gain a deeper understanding of the Basque speech particular to the Labourdin coast, to study its classification, and to examine the Basque language overall. In order to further our knowledge of the speech known as "kostatar," we have selected and studied three phonological characteristics: aspiration, hiatus (i + a and u + a) and assimilation palatalization generated by the vowel* i *and the glide* j. *This was done based on the information collected from our chosen native speakers, as well as from the available studies made on neighboring speeches. This work is a first part of a more complete description, which we will elaborate and develop in the coming months.*

*Keywords: dialectology, synchrony, Basque of the Labourd coast.*

## 1. Aitzin solasa

Lapurdi itsas hegiko euskara edo "kostatar" deitu hizkeraren nortasuna nabarmendu duten ikerleak ugari dira. XVI. mendean Arnaud d'Oihenart historialari zuberotarrak bere poesia liburuaren bukaeran, toki batetik bertzera aldatzen ziren euskal hitzen frantsesezko itzulpena ekarri zuen eta bertan Lapurdin erabili hitzez gainera, Lapurdi itsas hegikoak bereizi zituen (Oihenart, 1992 [1657]: 101). XX. mendean, Julien Vinsonek (1907: 629) eta Pedro de Yrizarrek (1997), XIX. mendean buruturiko L.L. Bonaparteren sailkapena segitu zuten eta itsas hegiko lapurtera, lapurteraren azpieuskalki bezala kontsideratu zuten. J. Vinsonek itsasbazterreko lapurteran kokatu zituen ondoko zortzi herriak: Azkaine, Bidarte, Biriatu, Donibane Lohizune, Getaria, Hendaia, Urruña eta Ziburu. Gaur egun, Koldo Zuazok *nafar-lapurtera* euskalkiaren barnean bi azpieuskalki bereizten ditu: *sartaldekoa* eta *sortaldekoa*. Azpieuskalki horiez gain, kostatar hizkera agerian ematen du. Mintzaira honetan, Gipuzkoa eta Nafarroaren hurbiltasuna sentitzen dela eta sei herri hauetan bakarrik mintzatzen dela dio (2014: 142): Azkainen, Biriatun, Donibane Lohizunen, Hendaian, Urruñan eta Ziburun.

## 2. Arloaren egoera eta ikerketaren helburuak

Xede nagusia, gure eremuko mintzoaren lekukotasun baten gordetzea da. Dialektologo anitzek bezala, K. Zuazok gaur egungo hizkeren deskripzioa egitea premiazkoa dela dio, batez ere euskara galtzen ari den tokietan (2006: 99). Hona zer zehazten duen ekialdeko hizkerei buruz: *Ipar Euskal Herrikoa da denetan ezezagunena, eta galbide lasterrean doazkigu alderdi hartako hizkerak. Edo berdintzen, galtzen ez direnak* (2006: 99).

Gaur egungo Lapurdi kostaldeko ahozko euskarari begiratzen badiogu, deskribapen sakonik ez dugu eta arrazoi ezberdinengatik aldatzen ari dela argi dugu: bizi molde aldaketak, euskara batua edo inguruko euskal hizkeren eragina, baita frantsesaren eragina ere. Horregatik, Lapurdi itsas hegiko euskararen deskribapen zehatz baten ekartzea premiazkoa dela uste dugu,

euskalkien sailkapena zehazteko, baita Lapurdiko euskararen bilakaera diakronikoa zein soziolinguistikoa ikertu nahi badira ere.

Mintzaira honen aztertzeko, ahozko corpusa erabiltzen dugu, honela, Lapurdi itsas hegiko herrietan hizketa librean bildu zenbait daturen berri emanen dugu. Lekukoen hautatzeko dialektologian usaiakoak diren irizpide zehatzak erabiltzen dira (Sanchís Guarner 1953: 57; Chaurand 1972: 189-190): adinekoak izatea, inkesta egiten den herri horretan beti bizi izana izatea, ahalaz bi burasoak eta ezkontidea herri horretakoak izatea, guti eskolatuak. Horrez gain, aldaki lokalen erakusgarri fidagarriak eskaintzeko gai direnak grabatu ditugu. *Lekuko egokia inkestari senez erantzuteko gaitasuna erakusten duena da* (Camino 2009: 295).

Gure lanean sei herri hauetako lekukoekin eraman ditugu datu bilketak: Azkainen, Biriatun, Donibane Lohizunen, Hendaian, Urruñan eta Ziburun. Bidarten aldiz ez dugu dialektologiako ohiko irizpideei erantzuten duen lekukorik atzeman. Getarian, aurkitu dugun lekuko baten erranak bildu ditugu, baina berriemaile bakarra izanez, datu horien fidagarritasuna zalantzan eman dezakegu. Gure datu bilketaren osatzeko eta inguruko hizkerekin alderatzeko, inguruko herrien ezaugarrien berri ematen diguten lanak ere kontuan hartu ditugu.

Lan honetan, hiru ezaugarri fonologiko hauek aztertu ditugu: hasperena, hiatusak (i + a eta u + a) eta *i* bokalak eta *j* bokalerdiak eragindako /n, l/ kontsonanteen bustidura. Hemen aurkezten dugun lana hastapen bat bertzerik ez da, ondoko hilabeteetan landu beharko dugun deskribapen osoago baten lehen urratsa hain zuzen ere.

## 3. Kostatarra: hiru ezaugarri fonologikoren azterketa

### 3.1. Hasperena

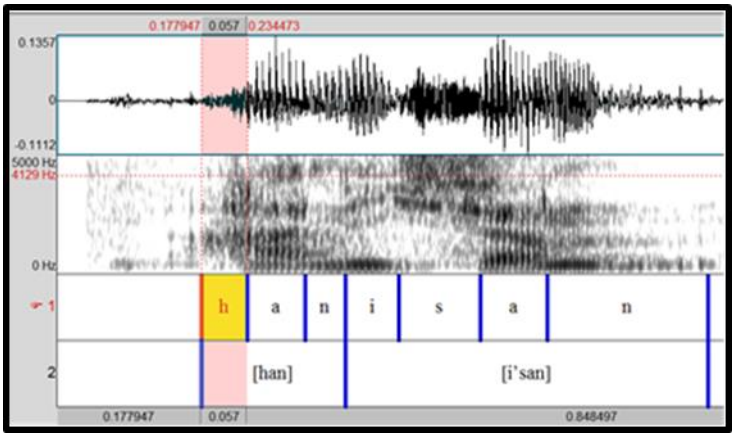
Hona zer dioen Koldo Mitxelenak hasperenaren hedaduraz: *La frontera franco-española coincide en líneas generales con la divisoria de los dialectos que tienen /h/ y los que no la tienen* (1990 [1961]: 204). Bonaparteren datuak ere begiratzen ditu eta Lapurdi kostaldeko herrietan hasperena ez dela ahoskatzen azpimarratzen du, Azkainen, Getarian eta Bidarten salbu (Mitxelena 1990 [1961]: 204). Izan ere, Bonaparteren eskuizkribuen artean ohar hau agertzen da Azkaineri buruz: *l'h un peu plus qu'à S. J. de Luz* (BDV m/s Bv.75[1]). Ekartzen dituen adibide batzuk hauek dira: *beharr, beharri, behatza, behi, behorr, bihi, bihotz, mihi,* Donibane Lohizunekoak dira aldiz ondokoak: *beatz* eta *behatz, beï* eta *behi, chaal* eta *chahal, emen* eta *(h)emen, orma* eta *horma*.

XX. mende erdian Roger Gimetek hasperena galdua dela azpimarratzen du "Le Kostatar" artikuluan: *la chute de l' "aspiration", fait absolument acquis aujourd'hui, tout au moins dans la prononciation spontanée et naturelle* (Gimet 1950: 395). K. Artolak hasperena aztertu du ekialdeko herrietan XX. mende bukaeran eta Bonaparteren emaitza bertsuak atera ditu (in Yrizar 1997: 12). Donibane Lohizuneko mintzairaren barnean sartzen ditu Getaria eta Bidarte herriak eta hasperena azken herri honetan gehiago aditzen dela dio. Getarian, hasperena guti aditzen da, baina Donibane Lohizunen baino gehiago. Horregatik, ezaugarri honi begira, Getariak Donibane Lohizune eta Bidarte arteko trantsizioa egiten duela gehitzen du. Ohar gisa gehituko genuke Getariako lekukoarekin eraman dugun inkestan ez dugula hasperen argirik bildu. Donibane Lohizuneko mintzoa osatzen duten bertze herrietan, ez da kasik hasperenik entzuten (in Yrizar 1997: 12). Azkainen gehiago entzuten dela gehitzen du K. Artolak, beharbada Sararen ondoan kokaturik delako.

Inguruko herrietan ez bezala, hasperenaren galtzea ez da beraz bilakaera berria kostatar mintzoan. Orain arte egin ditugun grabaketetan ez dugu hasperen argirik entzun, baina aztarna bakan batzuk bai. Azkaingo lekuko batek hasperen ahul batzuk ahoskatu ditu eta beti hitzaren hastapenean: *ʰan, ʰek* 'haiek' eta *ʰop* onomatopeian ere bai. Ziburuko eta Biriatuko hiztunen ahotik, bakoitzari adibide bakarra entzun diogu, *ʰola* eta *ʰan* hitzetan, hurrenez hurren. Heldu den irudian, Biriatuko hiztunak ahoskatu hasperenaren espektrograma dakargu.

[1] BDV m/s Bv.74, 75 eta 84: L.L. Bonaparteren euskal eskuizkribuak, 2C2 mikrofilma (Arana, J. A. & Gonzalez, C. 1989: 37-39-42).

**1. irudia.** [ʰan i'san] 'han izan' espektrograma.




Galera honen ondorioz, hitz hauek diptongoarekin aditu ditugu Donibane Lohizunen eta Hendaian: *ajzpa* 'ahizpa', *bej* 'behi', *gejena* 'gehiena', *naj* 'nahi', *ojal* 'oihal', *ujuka* 'oihuka'; *Donibane Loitzune* 'Donibane Lohizune' aldiz, beti diptongo gabe. Hendaian eta Urruñan bokal luze bakan batzuk entzun ditugu, hala nola, *le:R* 'leher', *za:Renak* 'zaharrenak', *za:Rtxo* 'zahar', baina ondokoak bokal luze gabe ahoskaturik: *bera* 'behera', *lengo* 'lehengo', *lemixi* 'lehenbizi'. Bokal arteko edo diptongo eta bokal arteko hasperenaren tokian *-g-* edo *-r-* ahoskatzeko joera ezaguna da (Mitxelena 1990 [1961]: 221). Lapurdi itsas hegiko euskaran, bokal artean *-g-* ahoskatzen den adibide hauek bildu ditugu: *ago* 'aho', *mege* 'mehe', *oge* 'ohe'.

Gaur egun, nafar-lapurteran hasperena galtzearen eremua zabaltzen ari dela dirudi. Lapurdi barnealdean dagoen Larresoro herrian, adibidez, adineko jendeak bakarrik baliatzen du eta ingurune jakin batzuetan: hitz hasieran eta hitz barnean bokal artean; hala ere, toki horietan agertzea ez dirudi sistematikoa (Epelde 2003: 55).

### 3.2. Hiatusa edo hitz bukaerako bokalak mugatzailea hartzean: i + a eta u + a

3.2.1. i + a > iya

K. Zuazok /i + a, e, o/ arteko epentesiak Euskal Herri erdiguneko eremu murritzeko ezaugarrietan sailkatzen ditu (2014: 217). Ingurune horretan, *y*, *dx* edo *x* hotsen tartekatzeak entzun daitezke eta ezaugarri hau ondoko hizkeretan ezaguna da (2014: 217): Gipuzkoako iparraldean, Deba ibar osoan, Bizkaiko eremu zabalean, Lapurdiko itsasbazterrean eta Nafarroako hizkeraren barne diren Bidasoaldean eta Aranon, baita Sakana gehienean ere.

Kostatarrarekin mugan diren Bidasoko Hondarribia eta Irungo euskaran *-y-* epentesia presente da (Sagarzazu 2005: 66). Bertan, *diyo* eta *ziyon* bezalako adizkietan ere entzuten da, baina Txomin Sagarzazuk dioenez, Irunen Hondarribian baino errazago atzematen dira. Gipuzkoako iparraldean ezaugarri hau arrunta da, baina Bidasoaldetik Baztanera hurbildu arau, Edu Zelaietak dioenez, gertakari honen erregulartasuna txikitzen da (2008: 168): honela *-iya* epentesia irregularra da Malerrekan, Legasan eta Narbarten eta zinez irregularra Oieregin eta Oronoz-Mugairin.

Nafar-lapurtera osatzen duten bertze hizkeretan, kostatarrean salbu, ez dugu i + a > iya bezalako epentesirik, ez eta gure eremuarekin mugan diren herrietan ere. Ezaugarri horrek, beraz, harekin mugan diren Gipuzkoako eta Nafarroako hizkeretara hurbiltzen du. Hala ere, azpimarratu behar dugu kostatarraren epentesiaren ahoskera, erdialdeko euskararena baino ahulagoa dela intentsitatean eta ez dela beraz hain markatua.

Gure grabaketa zatietan ez dugu /i + e, o/ ingurunean epentesi argirik bildu, /i + a/ hiatusaren ingurumenean aldiz, bai. XIX. mendean jadanik, L.L. Bonapartek *-iya* epentesidunaren berri ematen digu Lapurdi itsas hegiko herrietan, Getaria eta Bidarten salbu (BDV m/s Bv 84). Hona Azkaingo adibide zenbait (BDV m/s Bv 75): *begiya, iduzkiya, illargiya*. XX. mende bukaeran K. Artolak ere herri beretan *-iya* epentesiduna bildu zuen, baina salbuespen batzuekin (in Yrizar 1997: 258-259).

Bat gatoz K. Artolaren datuekin, gehienetan epentesia entzun baitugu gure lekukoen ahoan, baina salbuespenak ere bildu ditugu. Epentesiarekin agertzen diren Azkaingo adibideak dira hauek: *alimaliya* ‘animalia’, *goRiya* ‘gorria’, *nawsiyak* ‘nagusiak’, *ttikiya* ‘txikia’, *ugiya* ‘ogia’. Ondokoak aldiz, epentesi gabe entzun ditugu berriemaile beraren ahoan: *guzia, irringarria, izengoitiak.* Epentesiak, azentuarekin eta bokalen kopuruarekin zerikusia izan lezake. Hona Lesakako euskarari buruz I. Gamindek egin oharra: *Txertaketa erregela hitzaren azentuak baldintzatua da, hots, /i/ bokala azentuduna izaki, /y/ txertatzen da, ez bestela* (Gaminde 1996: 46). Honela, bi silabadunetan epentesian dago azentua (*ogíya, mendíya, idíya*), hiru silabadunetan aldiz, hirugarren silaba atonoa denez, ez dago epentesiarik (*arpégia, igúzkia, ittúrria*). Ekarri ditugun Azkaingo datuei begira, *alimaliya* eta *guzia* adibideek erakusten dutenez, iduri luke gure hizkeran erregela hau ez dela guztiz betetzen.

3.2.2 u + a > uba

/i + a, e, o/ arteko epentesia bezala, K. Zuazok /u + a, e, o/ arteko *-b-* epentesia Euskal Herri erdiguneko eremu murritzeko ezaugarrien artean sailkatzen du (2014: 218). Haren hitzetan, ezaugarri honen eremua murriztu da eta gaur egun Beterri aldeko herri batzuetan eta Nafarroako Sakanako erdigunean agertzen da bakarrik.

Kostatarrarekin mugan diren Gipuzkoako herri batzuetan ere *-b-* epentetikoa erabiltzen zela badakigu, XIX. mendeko L.L. Bonaparteren datuen arabera. *Phonologie de la langue basque dans tous ces dialectes* (BVD m/s Bv 84) eskuizkribuan ageri denez, Irunen, Lezon eta Goizuetako mintzoan *-uba-* bildu zuen, baina Hondarribian eta Oiartzunen *-ua-* bertzerik ez. Gure eremuaren ekialdeko mugan diren herrietan aldiz, ez digu *-uba-* emaitzaren berririk ematen.

Kostatarra osatzen duten herrietan *-uba-* emaitza bildu zuen (BDV m/s Bv 84). Baina Hendaian eta Urruñan, gaur egun Urruñako auzo bat den Behobian, Bidarten, Parlementia auzoan eta Getarian, L.L. Bonapartek *-b-* epentesiarik ez zela zioen. Bizkitartean, Bonaparteren datuetan beretan, Hendaian *buruba* ‘burua’ eta *duzube* ‘duzue’, Getarian *burúba* eta Urruñan *zuben* ‘zuen’ adibideak ditugu (BDV m/s Bv 75). Azkainen berriz, *buruwa* adibidea dugu (BDV m/s Bv 75).

Ondoko mendean, /u + a/ hiatusaren emaitzen berri ematen digu K. Artolak (in Yrizar 1997: 261-262) eta *-b-* tankerako epentesiaren aztarnak bildu ditu ondoko herrietan: Donibane Lohizunen, Getarian eta Bidarten. Hona zer dioen Donibane Lohizuneko datuei buruz:

> Inoiz edo behin -oso gutxitan- tarteko *b*-ren bat aditzen ote den nago, baina ez nago guztiz seguru kasu horretan aurkitzen diren esaldiak askotan aditu ditudan arren; izan litezke, behar bada, joan den mendean erabiltzen omen zirenen arrastoak? (in Yrizar 1997: 262).

Hona aipatzen dituen zalantzazko kasuak (in Yrizar 1997: 262): *bi anayekiñ espósatú(b)ak* eta *kàskarótak* (...) *otarría burú(b)an i(b)íltzen tzien* / *adíña pasàtubuó ta gauzák, obekí pixátzen tutzú*.

Gure grabaketetan ez dugu u + a > uba epentesiaren emaitzarik atzeman. Gure mintzoarekin mugan diren bertze herrietan bezala, hala nola Irunen (Sagarzazu 2005: 56), XIX. mendean L.L. Bonapartek bildu zuen epentesi hau, baina gaur egun gure eremuan erabat galdua dela iduri luke.

### 3.3. Asimilazio bustidura

Bi bustidura mota ditugu euskaraz: bustidura adierazgarria eta asimilazio bustidura. Lan honetan *i* bokalak eta *j* bokalerdiak eragindako /n, l/ kontsonanteen asimilazio bustidurari interesatuko gara.

Kostatarrarekin mugan diren Hondarribiko eta Irungo euskaran, asimilazio bustidura indartsua dela dio hango euskara ikertu duen T. Sagarzazuk: *Bokal aurrean batez ere gertatzen da bilakaera bi herrietan hitz-oinaren baitan eta deklinabidean* (Sagarzazu 2005: 66). Ematen dituen adibideak dira hauek: *amérjiña* ‘Ama Birjina’, *aundíttu* ‘handitu’, *baserríttan* ‘baserrietan’, *ekúxi* ‘ikusi’, *gerríttik* ‘gerritik’, *irikítten* ‘irakiten’ (Sagarzazu 2005: 67). Hona /n, l/ kontsonanteen asimilazioaren etsenplu gehiago: *beñepein* ‘behinik behin’ (Sagarzazu 2005: 87) *giñén* ‘ginen’ (68), *jakíñ* ‘jakin’ (68), *kirkill* ‘kili-kilia’ (92), *masall* ‘masail’ (87), *sállana* ‘zailena’ (74), *xintxíllik* ‘zintzilik’ (69), *wañ* ‘orain’ (72).

Baztan eta Bidasoko euskara ikertu duen E. Zelaietaren datuen arabera, Bortzerrietan asimilazio bustidura azkarra da, baina Etxalarren ez (2008: 121). Aztertzen ditugun kontsonante ozenen bustidura ageri da Bortzerrietako ondoko etsenpluetan: *illar* 'ilar' (139), *iñ* 'egin' (123), *kasalla* 'kasaila, gatazka' (139), *osiña* 'asuna' (136). Hala ere, ondoko hiru ingurune jakin hauetan ez dago bustidurarik (121): deklinabidean, atzizki eratorrietan eta aditz partizipioetan. Oronozko hiztun batzuek asimilazio bustidura sistematikoki ahoskatzen dute, bertze batzuek aldiz ez (159). Malerrekan bustidura azkarragoa da Bertizaranan baino, baina E. Zelaietak zenbait Bertizarandar hiztuni bi formak entzun dizkie. Laburbiltzeko, ekialdera hurbildu ahala bustidura ahultzen da eta Baztanera heltzean ez da bustidurarik entzuten (159).

Lapurdiko eremuko Larresoroko euskaran bustidura eza gertakari emankorra dela eta testuinguru guzietan betetzen dela erakusten digu Irantzu Epeldek (2003: 76-77). Beskoitzeko mintzairan ere ez dugu *i* bokalak eta *j* bokalerdiak eragindako /n, l/ kontsonanteen asimilazio bustidurarik. Ondoko adibideak Henri Duhaurenak dira: *aitzina* (2003: 30), *hila* (23), *in* 'egin' (60), *mila* (29), *oilo* (54), *soineko* (67), *sasoin* (29), *zain* (43).

Lapurdi itsasaldera buruz hurbiltzen bagara, gure eremuarekin mugan diren Sara, Ahetze eta Senpereko datuei begiratu behar diegu. Hango datuen berri guti dugu eta ondoko urteetan hango lekukoengana joateko premia izanen dugula uste baldin badugu ere, lan honen osatzeko Bonaparteren datuetan fidatu beharko dugu. Eremu horretan ez dirudi *i* bokalak eta *j* bokalerdiak eraginiko bustidurarik bazenik, nahiz eta salbuespen batzuk ere izan, batez ere Ahetzen. Hona Bonaparteren eskuizkribuetan atzeman ditugun bustidura gabeko adibide zenbait (BDV m/s Bv 75). Ahetze: *arratoin, egina, muthila, oilo, oinez, pimpirin, usottorttoila*. Baina, *oñez, ollo, ollua* bustidurarekin agertzen dira. Senpere: *oilo, oilo bat, pimpirin*. Sara: *burdin, burdina, ginen, hil, laino, minagria, oilua, oina, usotortoila, zinen*, baina azken hau bustidurarekin agertzen da: *lañua*. Baina Getaria eta Bidarteri buruz aldiz, "sons mouillés" oharra gehitzen du (BDV m/s Bv 74): *gañera, ollo, pimpiriñ, zillarra*.

XIX. mendean L.L. Bonapartek Donibane Lohizunen bildu datuen arabera, bustidura agertzen da (BDV m/s BV-75): *burdiñ, giñen, illabete, illargiya, ille, kampaña, koñata, miñagre, ollo, oñez, usottorttolla, ziñen*. Hitz bukaeran ez dirudi erabat sistematikoa, adibide hauek erakusten dutenez: *amuarrain* eta *amuarraña, hazil* eta *hazill, lapin, leoin, otsail* eta *otsalla, urtarril* eta *urtarrill.*

Gure grabaketetan /l/ eta /n/ kontsonanteen asimilazioak entzun ditugu eta bildu ditugun adibideak ekarriko ditugu heldu diren lerroetan. Hala ere, azpimarratu behar da bustidura gabe diren hitzak ere entzun ditugula, hala nola, *arraina* eta *arrañ, ezin* eta *eziñ, il* eta *ill, ilargi* eta *illargi, in* eta *iña* 'egina', *kusin* eta *kusiñak* 'lehengusu' (fr. cousin), *sinetsi* eta *siñetsi*. Begien bistakoa da hitz bukaerako bustiduraren adibideak urriagoak direla. Deklinabideari doakionez, soziatiboan (*-kin*) bustidura gabe ahoskatzen da gehienetan. Baina Azkaingo eta batez ere Urruñako berriemailearen ahoan adibide batzuk bildu ditugu: *atsaldeakiñ, bizkarrekuekiñ, goizakiñ, neikiñ, ttikiekiñ.* Getarian, aldiz, /n/ kontsonantearen bustidura bakarrik entzun dugu argiki eta hori ere hitz bakan batzuetan: *bañon, bañan, añiz*.

Hala ere, *i* bokalak eta *j* bokalerdiak eragindako /l, n/ kontsonanteen bustidura emankorra dela dirudi eta testuinguru guzietan betetzen da. Ondoko adibideak Azkainen, Urruñan eta Hendaiako Zubernoa auzoan bilduak dira:

- [inV] > [iñV]: *giñen* 'ginen', *miñik* 'minik', *tupiña* 'tupina';
- [ai, ei, oi + n + V] > [a, e, o + ñ + V]: *Azkañen* 'Azkainen', *tReñan* 'treinean', *oñez* 'oinez';
- [in#] > [iñ#]: *lapiñ* 'untxi' (fr. lapin), *xaRdiñ* 'sardin';
- [ai, ei, oi + n#] > [a, e, o + ñ#]: *aRañ* 'arrain', *beñ* 'behin', *zitRoñ* 'zitroin' (fr. citron);
- [ilV] > [illV]: *abilla* 'abila', *illuntxeko* 'iluntzeko', *xillo* 'zulo';
- [ai, ei, oi + l + V] > [a, e, o, + ll + V]: *eRdolla* 'herdoila', *saltzalle* 'saltzaile', *tella* 'teila';
- [il#] > [ill#]: *ill* 'hil', *ixill* 'isil';
- [ai, ei, oi + l#] > [a, e, o, + ll#]: *botoll* 'botoil', *otsall* 'otsail', *sellaru* 'seilaro'.

## 4. Ondorioak

Erabaki arealen hartzeko mementoan, ezaugarrien izaera sistematikoari ematen zaio inportantzia gehien, sistematikoak ez diren ezaugarriak hizkeraren definitzaile direla ahantzi gabe (Camino 2009: 321). Erran behar da ere, ezaugarri sailkatzaileen artean, dialektologialariek berrikuntzei garrantzi anitz eman ohi dietela (319). Hiru ezaugarri fonologikoren bilakaera aztertu dugu Lapurdi itsas hegiko euskaran, baina hiruak ez dira beraz maila berean jartzen ahal. Izan ere, hasperena gure eremuan galdu den ezaugarria da, epentesiak berrikuntzak dira eta hemen ere, *-b-* epentetikoa gaur egun galdua dela ikusi dugu, eta azkenik, deskribatu dugun bustidura ezaugarri zaharra dela irudi luke (Oñederra 1990: 23-26). XVII. mendean Pierre d'Urte donibandarrak lapurterazko grafiak definitzean palataltasunaren berri eman zuen (1900 [1712]: 8-12).

L.L. Bonaparteren sailkapena segitu zuten J. Vinson eta P. Yrizar dialektologoek bertzeak bertze, Getaria eta Bidarte herriak Lapurdi itsasaldeko hizkeraren barne sartu zituzten. Azken sailkapenean aldiz, K. Zuazok ez ditu kostatarraren barnean biltzen. Gure aldetik bildu datuen osatzeko, XIX. mendean L.L. Bonapartek eta XX. mende bukaeran K. Artolak herri horiei buruz egin oharrak kontuan hartu nahi izan ditugu. Honela, ohartzen gara Lapurdi itsas hegiko herrietarik urruntzen direla zenbait ezaugarriri begira. Hala nola, XIX. mendeko datuak fidagarritzat hartuz, kostatarrean ez bezala, hasperenaren erabilera emankorra zen Getaria eta Bidarten eta i + a > iya epentesia aldiz arrotza. /b/ epentetikoari doakionez, *Phonologie de la langue basque* (BDV m/s Bv 84) eskuizkribuaren arabera, bi herri hauetan ez zen ageri, baina berrikuntza honi begira, Urruña eta Hendaia ere kanpo geratzen zirela dirudi. Hemen biltzen dugun salbuespena bustiduraren hedadura da, izan ere, kostatarra osatzen duten sei herriez gainera, Getaria eta Bidartek ere ezaugarri hau partekatzen baitzuten. Hala ere, Getariako lekukoaren ahoan bustiduraren adibide bakan batzuk bakarrik bildu ditugula ohartarazi nahi dugu.

Hemen ikusi ditugun ezaugarri fonetiko-fonologikoei begira, Lapurdi itsas hegiko mintzaira, erdialdeko euskaratik hurbiltzen eta nafar-lapurteratik urruntzen da. Hasperenaren galtzea adibidetzat harturik, XIX. mende erdian L.L. Bonapartek eta XX. mende erdian R. Gimet ikerlariek, galtze horren lekukotasuna jadanik eman ziguten. Nahiz eta gaur egun hasperenaren galtzea nafar-lapurteran zabaldu den, badakigu ekialdeko hizkeren artean kostatarrak duela lehenik galera hori ezagutu. Asimilazio bustidura, i + a > -iya eta gaur egun galdu duen u + a > -uba epentesiari begira, Kostatarrak, nafar-lapurteran arrotzak diren ezaugarri horiek erdialdeko zenbait hizkerekin partekatzen edo partekatu ditu. Hala ere, erdialdeko mintzoei konparatuz ez dira intentsitatean hain azkarrak edo eta sistematikoak.

Osatzea merezi duen lan labur honetan, fonetika-fonologiako ezaugarri batzuen azterketa egin dugu, kostatar hizkera hobeki ezagutzeko asmoz, baita inguruko hizkerekin konparatuz bere sailkapena zehazteko elementu batzuen ekartzeko nahiarekin ere. Hemen aurkezten dugun lana hastapen bat bertzerik ez da, ondoko hilabeteetan landu beharko dugun deskribapen osoago baten lehen urratsa hain zuzen ere.

## 5. Erreferentziak

Arana, J. A. & Gonzalez, C. (1989) *L. L. Bonaparte. Eskuizkribuak-Argitarapenak*. Euskaltzaindia, Bilbo.

Bonaparte, L. L. (XIX. mende erdia) *Contestaciones a cuestionarios dialectológicos referentes a Aïnhoa, Arcangues, Armendarits, Iholdy, Arnéguy, Ascain, (Serres), Guéthary, Bidart, Ayherre, Bassussarry, Biriatou, Béhobie, Fontarrabie, Domezain, Elizondo, Uriz, Lizaso, Vera, Espelette, Souraïde, Itxassou, Hélette, Isturits, Irissarry, Louhossoa, Macaye, Mendionde Saint-Esteben, Saint-Martin, Méharin, Saint-Pierre-d'Irube, Mouguerre, Ustaritz, Larressore, Villefranque, Valcarlos y otros en un cuadro*. Argitaratu gabeko 12. eskuizkribua, BDV m/s Bv 74.

————————, (XIX. mende erdia) *Phonologie de la langue basque dans tous ses dialectes, comprenant les règles de la prononciation, de l'accent tonique et du changement des lettres; suivie de la loi de l'affinité ou harmonie des voyelles, et précédée d'une nouvelle classification des dialectes, sous-*

*dialectes et variétés de l'euskara. D'après de nombreux renseignements pris sur les lieux en 1856, 1857, 1866 et 1867*. Argitaratu gabeko 16. eskuizkribua, BDV m/s Bv 84.

————————, (XIX. mende erdia) *Contestaciones a cuestionarios dialectológicos en el País Vasco-Francés. Notas referentes a Ahetze, Aïnhoa, Arbonne, Arcangues, Armendarits, Aroue et Etcharry, Ascain, Ayherre, Bardos, Bassussarry, Bidart, Bonloc, Cambo, Baïgorry, Briscous, Espelette, Guéthary, Hasparren, Hélette, Iholdy, Irissarry, Isturits, Itxassou, Lahonce, Larressore, Louhossoa, Macaye, Mendionde, Mouguerre, Saint-Esteben, Saint-Jean-de-Luz, Saint-Jean-Pied-de-Port, Saint-Martin (Méharin), Saint-Palais, Saint-Pée, Saint-Pierre-d'Irube, Sare, Tardets, Urcuit, Urrugne, Ustaritz, Villefranque*. Argitaratu gabeko 30. eskuizkribua, BDV m/s Bv 75.

Camino, I. (2009) *Dialektologiatik euskalkietara tradizioan gaindi*. Elkar, Donostia.

Chaurand, J. (1972) *Introduction à la dialectologie française.* Bordas, Paris-Bruxelles-Montréal.

Duhau, H. (1993-2003) *Hasian hasi. Beskoitzeko euskara* (2 liburuki). Alinea eta Akoka, Donibane Lohizune.

Epelde, I. (2003) *Larresoroko euskara (Dialektologia azterketa).* Doktoretza-tesia argitaragabea. Zuzendaria: K. Zuazo, UPV/EHU.

Gaminde, I. (1996) Lesakako azentu eta intonazioaz, *FLV* 71, 45-70.

Gimet, R. (1950) "Le Kostatar." Dialecte basque de la région de St. Jean-de-Luz, *Eusko Jakintza* 4, 221-250 eta 393-424.

Mitxelena, K. (1990 [1961]) *Fonética histórica vasca*. Gipuzkoako Foru Aldundia, Donostia.

Oihenart, A. (1992) *Les proverbes et poésies basques (1657-1664)*. Izpegi, Baigorri.

Oñederra, M. L. (1990) *Euskal fonologia: palatalizazioa. Asimilazioa eta hots sinbolismoa*. Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa.

Sagarzazu, T. (2005) *Hondarribiko eta Irungo euskara.* Alberdania, Hondarribiko Udala & Irungo Udala, Irun & Zarautz.

Sanchís Guarner, M. (1953) *La cartografía lingüística en la actualidad y el Atlas de la Península Ibérica.* Instituto Miguel de Cervantes, Madril.

Urte, P. (1900 [1712]) *Grammaire cantabrique basque.* W. Websterren argitalpena, Bagnères-de-Bigorre.

Vinson, J. (1907-1911) Spécimens de variétés dialectales basques, *RIEV* 1, 627-633; *RIEV* 2, 129-135; *RIEV* 5, 211-223.

Yrizar, P. (1997) *Morfología del verbo auxiliar labortano (estudio dialectológico).* Euskaltzaindia & EHU, Iruñea.

Zelaieta, E. (2008) *Baztan-Bidasoako hizkeren azterketa dialektologikoa*. Nafarroako Gobernua eta Euskaltzaindia, Bilbo.

Zuazo, K. (2006) *Deba Ibarreko euskara. Dialektologia eta Tokiko batua*. Badihardugu Euskara Elkartea, Oñati.

————————, (2014) *Euskalkiak*. Elkar, Donostia.

## 6. Eskerrak

- Bereziki eskertzen ditut tesi zuzendaritza haien gain hartzen duten Iñaki Camino (EHU) eta Xarles Videgain (UPPA) ikerle eta irakasleak.
- Milesker Baionako IKER laborategiko ikerleei, batez ere Aritz Irurtzuni eta Jasone Salaberriari, emaniko aholku eta laguntzarentzat.
- Pazientzia handiz nire galderei erantzuteko beti prest diren Lapurdi itsas hegiko lekuko guziei eskerrik beroenak.
- Milesker Mari Jo Velascori ingelesezko laburpenaren zuzenketarentzat.
- Artikulu hau 2014an Baionako Eusko Ikaskuntzak lagundu zuen gure ikerlan argitaragabe baten datuetan oinarritzen da.

# Elgoibarko leku izenen argia

Alaba, N. & Pinacho, A.

***Laburpena***

Artikulu honetan azalduko dugun ikerketaren helburua da Elgoibarko hizkuntzaren muga dialektalaren inguruan argi-izpi bat lortzea. Horretarako, 2009tik 2011ra artean Elgoibarren, bertan, bildutako toponimoak ditugu aztergai. Toponimo, leku-izen, horiek denboran zehar (XV.mendetik gaur arte) izan duten eboluzioa ikertu dugu, ondoren, eboluzio horretan oinarrituta zenbait ondorio dialektal atera ditugu. Adierazi beharrekoa da azterketa, nagusiki, toponimo horien lexikoan oinarritu dugula.

Hitz gakoak: muga dialektala, toponimoak, ondorio dialektala.

***Abstract***

*Toponymy is relevant to researchers interested in place names, and their origins, as well as language researchers. This article describes a study about Elgoibar's dialectal boundaries; specifically about toponyms gathered between 2009 and 2011. The aim of the work was to investigate place names from the XV. Century to today, and to analyze their evolution. The study indicated some dialectal conclusions, although it was mainly accomplished from a lexical point of view.*

Keywords: toponimy, dialectal boundaries, dialectal conclusions.

## 1. Sarrera eta motibazioa

Elgoibarko hizkuntzaren muga dialektala edo bertako hizkera zein euskalkiri dagokion ziurtatzea ez da garrantzi gutxikoa, ezta erabat garbia ere. Ezagun da Elgoibarko euskara mendebaldeko eta erdialdeko dialektoan kokatzea ez dela erraza hizkuntzalarientzat. Izan ere, beti ez da dialekto batetik besterako salto nabarmena izaten; askotan, ezaugarriak pixkanaka aldatzen dira.

Hizkuntzalariek izandako arazo horiek kontuan hartzen baditugu, pentsa genezake ezaugarri dialektalen *continuum*a dagoela; ez jauzi nabarmena. Bonapartek, esaterako, Elgoibarko hizkera bizkaieran (egun mendebaldekoa deritzona) barnean sartu zuen. Hona hemen auzi horren inguruan Uriartek 1859ko maiatzaren 14an Bonaparti azaldutakoa:

> *Según prometí a S.A. en mi último he examinado minuciosa y detenidamente el bascuence que se habla en los pueblos de Motrico, Deva, Mendaro, Alzola, Elgóibar, Eibar, Placencia, Vergara, Anzuola y Oñate; y en resumidas cuentas he averiguado que el cálculo, que tiene formado S.A. es exacto. Deva, Mendaro y Motrico deben agregarse al guipuzcoano, y Alzola con Elgóibar y demás pueblos al vizcaíno. En Elgóibar sucede que la parte de la población, que se halla situada hacia Azcoitia, participa algo más del guipuzcoano, pero aún debe agregarse a Vizcaya, aunque esto no acomoda a los guipuzcoanos. (Ruiz de Larrinaga, 1954:83)*

Larramendik, berriz, erdialdeko ezaugarriak eta mendebalekoak zituela zioen; Azkuek, hasiera batean -Altzola auzoa izan ezik- mendebaldekoan kokatu zuen, baina, ondoren, gipuzkeran. Zuazok tarteko hizkeratzat hartzen du eta Makatzagak ere, 2010eko tesian mendebaleko zein erdialdeko ezaugarriak batzen dituela dio:

> *Bi indarren arteko dialektikan ikusten dut Elgoibarko euskara: mendebalekoaren eta erdialdekoaren artean. Bertako berri-emaileen esanetan, "nahaste haundixa" dago gure euskaran. Batzuetan, indartsu eusten zaio mendebaleko ezaugarriari. Beste batzuetan, ahulago, eta gehiago nabaritzen da Koldo Zuazok erdialdeko esaten dion euskalkiaren eragina. (Makatzaga, 2010:58).*

Azterketa horien emaitzak eta iritziak aurrean ditugula, artikulu honen helburua Elgoibarko toponimoek dituzten ezaugarri dialektalak eta izan duten bilakaera ikustea da, bilakaerarik egon bada; toponimoek diakronian izan duten eboluzioa ikertzea. Langintza horren bideari hasiera emateko, 1346tik gaur arte bildutako toponimoetan Elgoibarko muga dialektalean aldaketarik egon den aztertu dugu, bertatik aterarako emaitzek Elgoibarko hizkeraren eboluzioaren berri emango digutelakoan..

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

### 2.1. Elgoibarko hizkera

Herri edo eskualde batean hizkera bat edo beste bat erabiltzearen arrazoiak askotarikoak dira: orografia, komunikabideak, dialekto batekin baino gehiagoren ondoan dagoen... Elgoibarko hizkerari eragin diotenak ere asko dira; gure ustez, ordea, bi dira aipagarrienak: alde batetik, hartu-emanak, eta bestetik, hizkera jasoak eta estandarrak duen eragina. Azken horretan interesgarria da Elizak erabili duen hizkera.

Sarri esan baita Gipuzkoaren lurralde gehienean, edo osoan, euskara giputza erabili izan dela predikuetan (mendebaleko hizkera duten herrietan ere bai); gutxienez azken mende hauetan. Hona hemen auzi horren inguruan Uriartek 1859ko maiatzaren 14an Bonaparteri idatzitako gutunean azaldutakoa:

> *Sucede en todas estas poblaciones que miran con desdén al bascuence de Vizcaya y son muy apasionados al dialecto del Beterri: los sermones pláticas se predican en ese dialecto de Beterri, y muchísimas personas hacen estudio de este dialecto, por cuyo motiva hacen una mezcla; pero todavía no han podido guipuzcoanizar al vulgo. (Ruiz de Larrinaga, 1954:83).*

### 2.2. Zergatik azterketa diakronikoa

Gure iker jomugan isoglosak ditugu: isoglosak ezaugarri multzo bera duten eremuak banatzen ditu. Beraz, aldaerak, euskalkiak, azpieuskalkiak bereiz ditzake. Batzuetan *continuum* bat markatzen dute, hau da, banaketa horiek ez dira zurrunak izaten; gure ustean, Elgoibarkoa eta ingurukoa izan daiteke adibide. Beste batzuetan, aldiz, banaketa hori markatuagoa izan ohi da.

Kontuan hartuta isoglosek eta, nola ez, hizkerek izan dezaketen bilakabidea, alde batetik, eta Elgoibarko hizkeraren berezitasuna, bestetik, uste dugu azterketa diakronikoa egitea oso baliagarria izan daitekeela; hobeto ulertzeko hizkera horrek izandako norabidea eta egungo joera nagusiak. Gainera, azterketa diakroniko horrek adieraziko liguke ea, herrian isoglosa mugaren aldaketarik egon den ala ez.

### 2.3. Helburuak

Aipatu bezala, egindako azteketaren xede nagusia da, denboran zehar, Elgoibarko hizkerak izan duen eboluzioa jakitea, horretarko, bertan jasotako toponimoen bilakabidea izango ditugu ikergai.

Bada, leku-izenen azterketa egiteko, taula batzuk erabili ditugu, informazioa modu erraz eta adierazgarrian erakusteko:

Hona hemen taula [1]horiek dituzten atalak:

1. TOPONIMOA: Leku izenaren araututako forma eta zein objektu den adierazi dugu.
2. URTEA: Toponimo guztiak hiru denbora tartetan bereizi ditugu:

[1] Artikulu honetara, solik, BARRI eta BERRI osagai lexikoz osatutako toponimoak ekarri ditugu, izan ere, berauen eboluzioa esanguratsuenetarikoa delako.

- Toponimo zaharra: 1346 eta 1500 urte artekoa.
- Tarteko toponimoa: 1500 eta 1900 urte artekoa.
- Toponimo berria: 1900 eta gaur artekoa.

3. AUZOA: Toponimoa Elgoibarko zein auzotakoa den adierazi dugu.

4. ERAK: Denboran zehar toponimo jakin batek bildutako ahozko zein idatzizko erak jaso ditugu.

## 3. Ikerketaren muina

Jasotako toponimoen lanketa egiteko alor semantikoa jorratuko dugu. Izan ere, aurrez esan dezakegu informazio emankorra atal horren azterketatik lortuko dugula. Bestalde, semantika aztertzean ere, adierazgarriak izan dakizkiguken toponimoak ikertu ditugu, ez guztiak. Hona hemen:

AITZ/ATX, GIBEL/OSTE, BARRI/BERRI, SOLO/SORO eta A + A > EA/A

### 3.1. AITZ eta ATXen ondorioak

AITZ eta ATX toponimoak erkatuta, esan dezakegu ATX-en erabilera jaitsi dela; nabarmena da egun AITZen adibideak gehiago direla ATXenak baino. Bestalde, *Atxolin* (Sallobente-Ermuaranen) eta *Atxuri* (Mendaron) XIX.mendean ditugu dokumentatuta, lehenengoa 1818an eta 1860an bigarrena. Horiek adierazten digutenez, garai hartan, bizkaierak indar handiagoa zeukan gaur egun baino, bizkaierako forma nagusitu baitzen bi toponimo horietan. Ezin aipatu gabe utzi biak ala biak gipuzkeratik gertuago daudela geografikoki eta baita hizkerari dagokionez ere.

### 3.2.GIBEL eta OSTEren ondoriok

Mitxelenak zioena baieztatzen dute jasotako toponimoek: GIBEL hitza Euskal Herri osoan erabiltzen zen. Gure adibideei begiratuz gero, GIBEL osagaia duten toponimo gehienak zaharrak dira, hots, XV. mendekoak. Gainera, GIBEL lehen orain baino gehiago erabiltzen zela erakusten digute gure datuek ere; *Larraguibel* (1809). OSTErekin berriz, kontrakoa gertatzen da. XV. edo lehenagokorik ez dugu jaso eta XIX.ean izugarrizko gorakada izan zuen; *Arregiosteco-bidea* (1841).

### 3.3. BARRI eta BERRIren ondorioak

BERRI osagai lexikoaz osatutako toponimoak denbora tarte guztietan jaso ditugu; hala ere, berriak eta zaharrak ditugu ehuneko altuenak. BARRIren kasuan, berriz, ez dugu zaharra den toponimorik jaso eta esanguratsua da tartekoak eta berriak direnen aldea. Izan ere, 1800 ingurukoak askoz gehiago dira egungoak baino; hau da, BARRI eta BERRI bi aldaerak kontuan hartuz gero, tartekoetan ia BARRIren kopurua erdia da; aldiz, berrietan askoz urriagoa. Horrek adierazten du BARRI aldaerak 1800 inguruan indar handiagoa zuela aurretik eta egun baino.

Kokapenari dagokionez, ezin dugu aipatu gabe utzi BERRI osagaia duten toponimoak garai eta auzo guztietan agertzen direla, baina, *barri* osagaia dutenak ez. 1860. urte inguruan, auzo guztietako adibideak izanik, gertuagoko garaietan, soilik, *Etxeberri* aldera dutenetan agertzen da BARRI, hau da, mendebalderago dauden auzoetan.

**1. Taula. Barri osagaia duten aldaera berriak**

| Aldaera lexikoa | Urtea /aldaera berria | Auzoa | Erak |
|---|---|---|---|
| Lubarriberri (Aurkintza) | 2010 | Idotorbe (San Pedro) auzoan | Lubarriberrixa (2010)<br>Lubarrixa (2010)<br>Luarriberri (2011) |
| Olabarriagako errekatxarkoa (Erreka) | 2006 | Idotorbe (San Pedro) | Olabarriakoerrekatxarkoa (2006) |
| Olabarriagako kurutzea (Aurkintza) | 2006 | Idotorbe (San Pedro) auzoan | Olaberrixakokurutzia (2000) |

**2. Taula. Barri osagaia duten tarteko aldaerak**

| Aldaera lexikoa | Urtea / tarteko aldaera | Auzoa | Erak |
|---|---|---|---|
| Lubarria (Aurkintza) | 1860 | Aiastia (San Migel) auzoan | Lubarria (1860), Lubarrie (2011) |
| Lubarribarreneko mintegia (Aurkintza) | 1860 | Elgoibar (Gipuzkoako udalerria) | Lugarri-barrenekomideguia (sic) (1860) |
| Lubarrizarra (Aurkintza) | 1792 | Idotorbe (San Pedro) auzoan | Luberrizarra (1792), Lubarri sarra (2010) |

**3. Taula. Berri osagaia duten aldaera berriak**

| Aldaera lexikoa | Urtea / aldaera berria | Auzoa | Erak |
|---|---|---|---|
| Lekunberriko erreka (-a) (Erreka) | 2000 | Urruzuno (Elgoibar) | Lekunberriko errekia (2000) |
| Lerunberri (Baserria) | 2000 | Aiastia (Elgoibar) | Lerun berri (2000) |
| Lubarriberri (Aurkintza) | 2010 | Idotorbe (Elgoibar) | Lubarriberrixa (2010) |
| Malagaberri (Baserria) | 2006 | Mendaro (Gipuzkoako udalerria) | Malagaberri etxea (2006) |
| Olasoberri (Baserria) | 2010 | Idotorbe (Elgoibar) | Olasoberri (2010) |
| Zelaiberriko punta (-a) (Aurkintza) | 2011 | Urruzuno (Elgoibar) | Selaiberrikopuntia (2011) |

**4. Taula. Berri osagaia duten tarteko aldaerak**

| Aldaera lexikoa | Urtea / tarteko aldaera | Auzoa | Erak |
|---|---|---|---|
| Irunagaberri (Baserria) | 1775 | Idotorbe (Elgoibar) | Yrunaga-echevarria (1775)<br>Iruna-barri (1930)<br>Iruna berri (2000)<br>Irunaberria (2010) |
| Iturriberria (-a) (Aurkintza) | 1860 | Elgoibar (Gipuzkoako udalerria) | Iturriberria (1860) |
| Irunagaberri (Baserria) | 1775 | Idotorbe (Elgoibar) | Yrunaga-echevarria (1775), Iruna-barri (1930), Iruna berri (2000), Irunagaberri (2007) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Santsongo etxeberria (-a) (Baserria) | 1832 | Azkue (Elgoibar) | Sansongua-echeverri (1832), Santzon etxeberri (2007) |
| Urruzunoberri (Baserria) | 1860 | Urruzuno (Elgoibar) | Urruzuno-berri (1860), Urruzunoberri baserria (2006) |
| Urteagaberri (Baserria) | 1860 | Aiastia (Elgoibar) | Urteaga (1860), Urteagaberri (2000) |
| Zirardaetxeberri (Baserria) | 1772 | Aiastia (Elgoibar) | Zirerdalanueva (1772), Cirerda-berri (1860), Ziarda Etxeberri (2011) |

**5. Taula. Berri osagaia duten aldaera zaharrak**

| Aldaera lexikoa | Urtea / aldaera zaharra | Auzoa | Erak |
|---|---|---|---|
| Etxeberria (Baserria) | 1452 | Urruzuno (Elgoibar) | Echeverria (1452), Etxeberri (2010) |
| Kortaberritxo (Baserria). Sallobente-Ermuaranen dago. Baserri erdia Elgoibarkoa da eta bestea Azkoitiakoa. | 1452 | Sallobente-Ermuaran (Elgoibar) | Cortaverri (1452), Cortabarri (1811), Cortaberri (1811), Cortaberri (1860), Cortavarri (1860), Kortaberri (2007) |
| Etxeberria (-a) (Baserria) | 1452 | Urruzuno (Elgoibar) | Echeverria (1452), Etxeberri (2010) |

### 3.4.SOLO eta SORO ondorioak

SOLO osagaiaren bilakabideari begiratuta, esan genezake 1450 inguruan ez daukagula adibiderik, aldiz, 1860tik aurrera dezente aurkitu ditugula. SOROren kasuan, denbora tarte guztietako adibideak ditugu baina tarteko garai horretan gorakada nabarmena izan bazuen ere, ondoren, asko jeitsi dira bildutakoak. SOLO osagaia dutenen kopurua, aldiz, antzekoa da.

### 3.5. A +A = A/EA (IA, IE…)ren ondorioak

Datuak begiratuta, argi dago *a + a = ea (ia, ie)* [*Goicoolea de yuso (1452), Ekaitz errekia* (2000)] ezaugarri berria dela Elgoibar aldean, zaharra den bakarra baitugu eta berriak, berriz, asko.

## 4. Ondorioak

Ikergai ditugun toponimoetatik ateratako emaitzak ikusita, gure iker galderaren erantzuna nahiko argia da: Elgoibarko hizkera osatzen duten zenbait isoglosa denboran zehar aldatu egin dira.

Dena den, ondorio horren azalpenera iritsi aurretik esan nahi dugu toponimoetatik informazioa atera daitekeela; toponimoen azterketa diakronikoak gainontzeko lekukotasun idatzirik ez dagoenean eta, testu idatzietan oinarritutako azterketei laguntzeko balio dezakete.

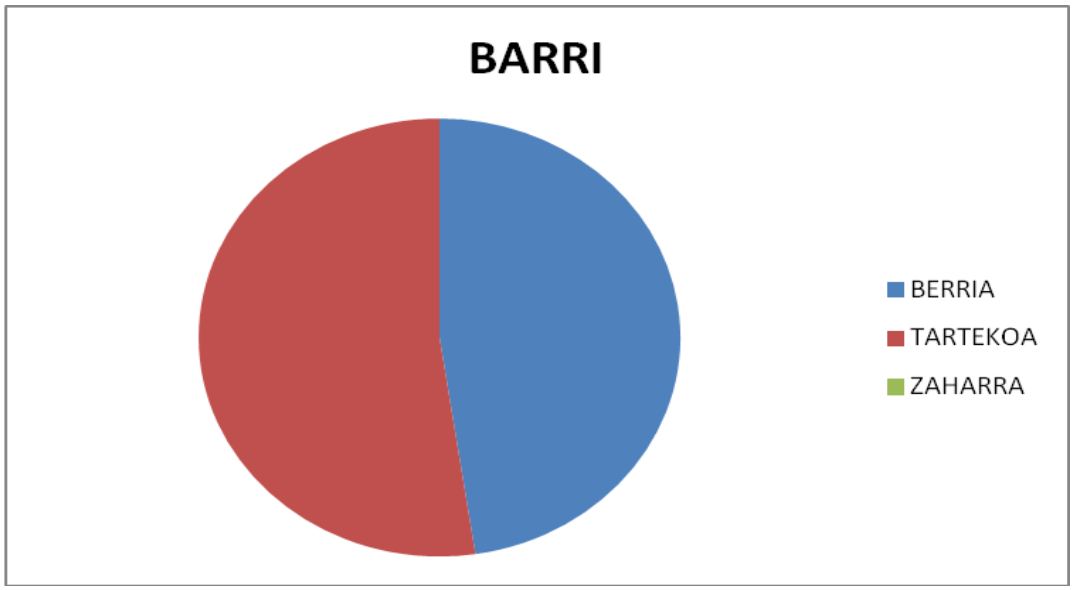
## 5. Etorkizuna

Aztertu ditugun toponimoetatik ateratako emaitzak adierazten dutenez, Elgoibarren zenbait isoglosa lexiko aldatu da. Horrenbestez, esan genezake, lexikoak mendebaldeko hizkeratik erdialderako joera izan badu, segur aski, hizkerak, bere osotasunean hartuta, bide bera egingo zukeen.

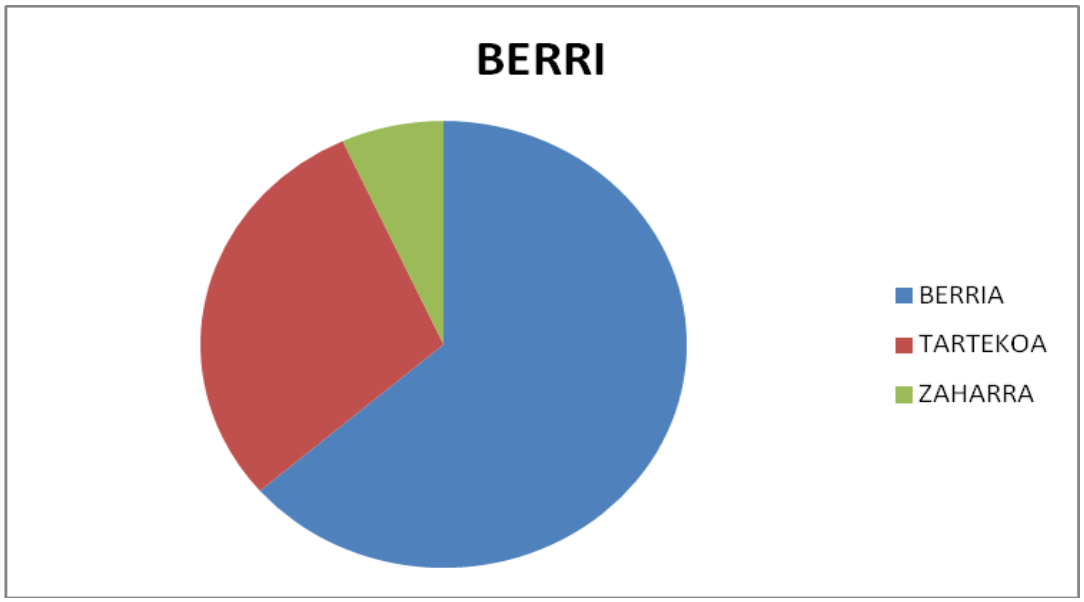
Beraz, ikerlan honen bidez urgaineratu ditugun datuetan oinarrituta, gure ondorio nagusia honakoa da: herriko hizkeraren isoglosa mendebaldeko hizkeratik, denboran zehar, erdialderantz jo du.

Esaterako, oso argigarria da BARRI/BERRI osagai lexikotik atera dugun ondorioa: BARRI aldaerak garai zaharretan eta egungoan baino indar handiagoa zuela tartekoa deitu dugunean, hau da, 1800 urte inguruan. Hona hemen adibide grafikoa:

**1. Irudia. Barri osagaia duten aldaerak**




**2. Irudia. Berri osagaia duten aldaerak**




## 6. Erreferentziak


- Alaba, N. eta Pinacho, A. (2009-2011). Elgoibarko toponimiaren ikerketa.
- Camino, I., (2009), *Dialektologiatik euskalkietara tradizioan gaindi*, Donostia, Elkar argitaletxea.
- Makatzaga, J.M., (2010), *Elgoibarko ahozko euskara*, Bilbo, IKER 25, Euskaltzaindia.
- Ruiz de Larrinaga, J., (1954), Cartas del P. Uriarte al Príncipe Luis Luciano Bonparte in *ASJU 1* [1. aroa]: 35-106.
- Zuazo, K., (1999), *Deba Ibarreko euskeria*, Oñati. Argitaratzaileak: Antzuolako, Aramaioko, Aretxabaletako, Arrasateko, Bergarako, Eibarko, Elgoibarko, Eskoriatzako, Leintz-Gatzagako, Oñatiko eta Soraluzeko Udalak.

# Izen eta Aditzen frekuentziak SVO eta SOV hizkuntzetan

L. Pastor*

*Euskal Herriko Unibertsitatea
luis.pastor@ehu.es

## Laburpena

Hizkuntza guztiek desberdintzen dute Izen eta Aditz kategoria sintaktikoak eta unibertsaltasun horretan oinarrituz hainbat ikerketek erakutsi dute badagoela korrelazio bat hizkuntzen artean bi kategori hauen eta zenbait ezaugarri linguistikoen artean: komunztadura eta hitz-ordena. Hemen erakusten dugu izen-aditz erratioen datuak hainbat hizkuntzetan. Hori lortzeko, corpus digitalak erabili dira eta hizkunza bakoitzeko corpusa 300.000 hitzez osatuta dago, prentsa artikuluez osatuta. Emaitzek erakusten dute badagoela korrelazio bat izen-aditz erratioaren eta hitz-ordenaren artean: izen-aditz erratioa baxua duten hizkuntzek OV dira eta erratio handia dutenek VO. Halaber, emaitzek ez dute erakusten inolako korrelaziorik izen-aditz erratioaren eta komunztaduraren artean.

Hitz gakoak: izena, aditza, hitz-ordena, komunztadura, gaztelania, euskara

## Abstract

All languages distinguish the syntactic categories Noun and Verb and based on this universality some studies have observed correlations between the relative distribution of these two categories cross-linguistically and certain linguistic traits: agreement and word-order. Here we present data from a cross-linguistic study of the noun-verb ratios in some languages. To this end, we used digital corpora and each digital corpus contains about 300,000 words for each language, obtained from newspaper articles. Our results reveal that there is a correlation between the noun-verb ratio and the headedness: languages with low noun-verb ratio are OV languages, and those with high noun-verb ratio VO languages. However, our results do not show a correlation between the noun-verb ratio and agreement.

Keywords: noun, verb, word order, agreement, spanish, basque

## 1. Sarrera

Munduko hizkuntza guztietan “izen” eta “aditza” kategoria lexikoak/sintaktikoak desberdindu daitezke (Croft, 1991). Tradizionalki, desberdintasun hori hiru ezaugarrien arabera egin ohi da: (a) semantiko, (b) morfologikoa, eta (c) sintaktikoa (Hopper y Thompson, 1984; Schachter, 1985; Evans, 2000; Givón, 2001; Haspelmath, 2001; Beck, 2002; Schachter y Shopen, 2007). Ezaugarri semantikoaren arabera, izenek “gauzak” edota “entitateak” adierazten dute; aditzak, berriz, “ekintzak”, “egoerak” edota “gertaerak”. Morfologikoki, izenak numeroa eta generoa markatzen duten atzizkiak eraman ohi dute, eta aditzak, ordea, aldia, modua, pertsona markak. Eta sintaktikoki, izenak perpausaren subjektua ala objektua izan daiteke, baina aditzak subjektua zein objektuaren egoerari buruz adierazten du. Hala ere, hainbat kasutan ezaugarri hauek huts egin dezakete, adibidez “suntsipen” hitzean, “ekintza” bat adierazten duelako eta ez “gauza” edota “entitate” bat. Beraz, unibertsaltasun honetan oinarrituz, hainbat ikerketak ikusi dute nolabaiteko korrelazioa dagoela izen-aditzen distribuzio erlatiboaren (izen-aditz erratioa, hemendik aurrea) eta zenbait ezaugarri linguistikoen artean: aditz-komunztadura eta hitz-ordena, batik bat.

Seifartek (2010, 2011) izen-aditz erratioa eta aditz-komunztaduraren arteko korrelazioa ikusi du. Erratio hori bost hizkuntzetan ikertzen ditu (Baure, Chintang, Bora, N|uu and Sri Lanka Malay), DoBeS corpusa erabiliz, genero desberdineko narrazioz, elkarrizketaz, epai-testuz, eta abestiz osatuta dagoena; eta izen-aditz erratioa kalkulatzeko hurrengo formula erabiltzen du: izenak / izenak + aditzak. Haren emaitzek eraskuten dute korrelazio bat dagoela izen-aditz erratioaren eta aditz-komunztaduraren artean: zenbat eta komunztadura gehiago eduki hizkuntza batek, orduan eta izen-aditz erratio txikiago edukiko du. Polinskyk (2012), berriz, izen-aditz erratioa eta hitz-ordenaren arteko korrelazioa ikusi du. Izen-aditz erratioa hogeita hamar hizkuntzetan ikertzen ditu WordNet (Miller et al. 1990) datu-base lexikoa erabiliz, eta erratioa kalkulatzen du izenak aditzekin zatikatuz (izenak / aditzak). Haren emaitzek eraskuten dute korrelazio bat dagoela izen-aditz erratioaren eta hitz-ordenaren artean: VO hizkuntzek izen-aditz erratio baxua daukate eta OV hizkuntzek erratio handiagoa.

Ikerketa honen helburua aurreko bi ikerketen erreplika egitea da, hau da, izen-aditzen distribuzioak eakorrelazioa daukan hitz-ordena eta komunztadurarekin ikusi. Izan ere, era berean, korrelazio bat dagoelako hitz-ordena eta komunztaduraren artean: VO hizkuntzek komunztadura gutxi edo eza dute eta OV

hizkuntzek komunztadura gehiago.

## 2. Ikerketa

Corpus ikerketan honetan sei hizkuntzetan oinarritu da eta hitz-ordenaren arabera bi taldetan banatu dira: VO hizkuntzak (gaztelania, katalana, galegoa, ingelesa eta portugera) eta OV hizkuntzak (euskara, japoniera, koreera, turkiera eta armeniera). Polinskyren ikerketan euskara, gaztelania eta japoniera erabili arren, hizkuntza hauek erabiltzea erabaki da berak erabiltzen dituen corpusak txikiak eta desorekatuak daudelako. Hemen erabilitakoan, ia hizkuntza guztietarako tamaina berako corpusa erabili izan da, 300.000 hitzezkoa alegia (1. taula). Corpus guztiek prentsako artikuluez osatuta daude eta kategoria lexikoen (*Parts-of-Speech – PoS*) arabera etiketatuak.

1. taula. Hizkuntza bakoitzeko corpusaren datuak.

| | *Corpus* | *Hizkuntza* | *hitz kopurua* |
|---|---|---|---|
| **VO** | **AnCora** | *gaztelania* | 302.017 |
| | **AnCora** | *katalana* | 302.927 |
| | **CORGA** | *galiziera* | 300.257 |
| | **COCA** | *ingelesa* | 301.043 |
| | **CETEMPúblico** | *portugesa* | 300.034 |
| **OV** | **EPEC** | *euskara* | 300.000 |
| | **METU-Sabanci Turkish Treebank** | *turkiera* | *7262 perpaus[1] |
| | **JEITA** | *japoniera* | 301.789 |
| | **HQMSAC** | *koreera* | 299.532 |
| | **EANC** | *armeniera* | *653 dokumentu[2] |

Izen eta aditzen maiztasunak kontatzeko orduan, kontutan eduki dira izen eta aditz bezala agertzen diren hitz guztien agerpenak. Era berean, izen etiketa dutenen artean bakarrik izen arruntak direnak kontutan hartu dira, hau da, alde batera utzi dira izen bereziak, leku izenak eta siglak. Aditzei dagokienez, aditz laguntzaileak bakarrik geratu dira kontaketatik kanpo. Izenordainen agerpena ere kontutan eduki da, Seifartek (2010, 2011) bere izen-aditz erratioan erabiltzen dituelako, izenak bezala aditzarekin komunztadura ere baitute. Izen-aditz erratioa kalkulatzeko bi formula erabili dira: bata komunztadura erlaziorako (1), eta bestea hitz-ordena erlaziorako (2).

(1) Izen-aditz erratio eta komunztadura korrelazioa

$$\text{izen-aditz erratioa} = \frac{\text{(izenak + izenordainak)}}{\text{aditzak}}$$

(2) Izen-aditz erratio eta hitz-ordena korrelazioa

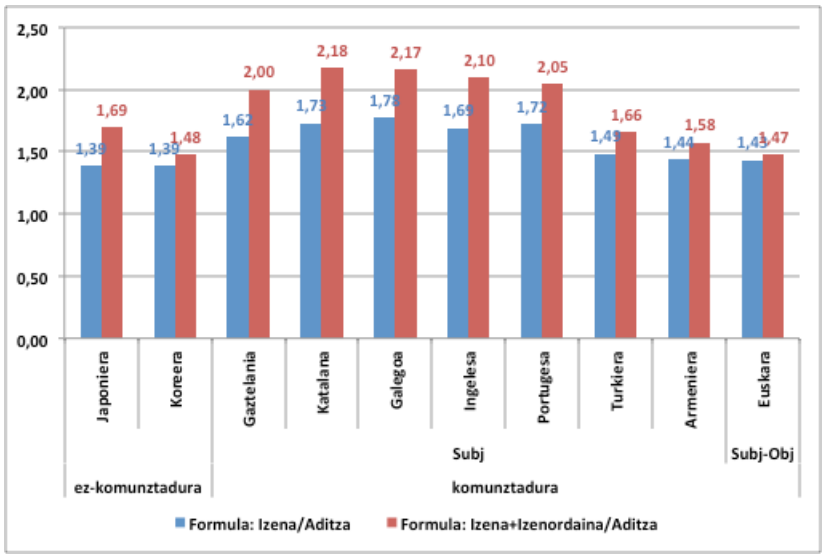
$$\text{izen-aditz erratioa} = \frac{\text{izenak}}{\text{aditzak}}$$

Lortutako izen-aditz erratioak eta komunztadura zein hitz-ordena korrelazioak aztertzeko Wilcoxon testa erabili da, izen-aditzen banaketa VO-OV hizkuntzen artean eta komunztadura eta komunztadura ez duten hizkuntzen artean esanguratsua den ikusteko. Bi azterketarako (p) .05 alfa-maila erabili da.

[1] *METU-Sabanci Turkish Treebank* corpusa *METU Turkish Corpus*etik ateratako perpausez osatuta dago.
[2] Ezin izan da artxiboetara jo, beraz datuak EANCen 2002ko prentsa artikuluetara mugatutako bilaketatik atera dira.
[3] Grafikoetan kolore desberdineko bi zutabe ikus daitezko. Urdinezko zutabeak "izenak / aditzak" formula erabiliz lortutako izen-aditz erratioak erakusten dute, eta gorrizko zutabeak, berriz, "izenak + izenordainak / aditzak"
[2] Ezin izan da artxiboetara jo, beraz datuak EANCen 2002ko prentsa artikuluetara mugatutako bilaketatik atera dira.

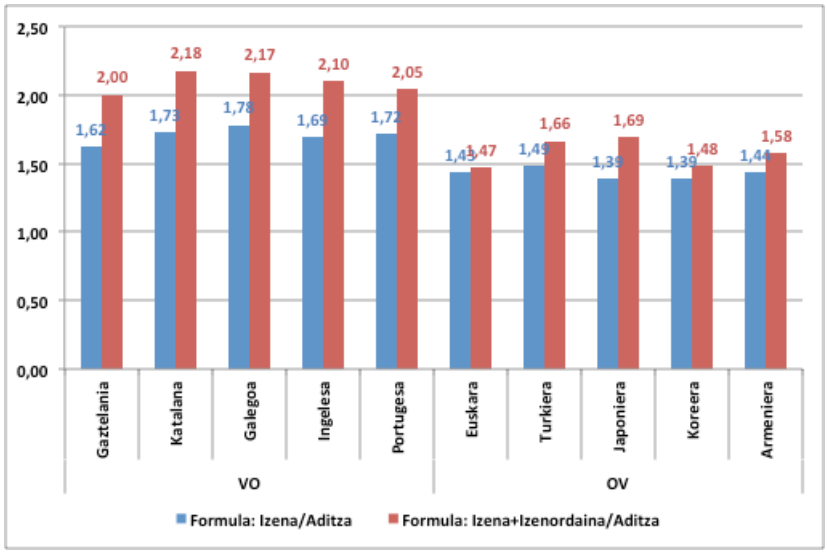
Emaitzek erakusten dute ez dagoela desberdintasun esanguratsurik izen-aditz erratioaren eta komunztaduraren artean (1. irudia). Ez dago inolako desberdintasunik komunztadura (gaztelania, katalana, galegoa, ingelesa, portugesa, turkiera, armeniera eta euskara) eta komunztadura ez duten hizkuntzen artean (japoniera eta koreera), izen-aditzen erabilera erlatiboari dagokionez [$Z = 1.045$, $p = .296$].[3]

1. irudia. Izen-aditz erratioa komunztadura eta komunztadura ez duten hizkuntzetan.




Izen-aditz erratio eta hitz-ordena korrelazioari dagokionez, ordea, bai aurkitzen da desberdintasun esanguratsua (2. irudia). OV hizkuntzek (euskara, turkiera, japoniera, koreera eta armeniera) izen-aditz erratio baxuagoa erakusten dute VO hizkuntzekin konparatuta (gaztelania, katalana, galegoa, ingelesa eta portugesa) [$Z = -2.611$, $p < .009$].

2. irudia. Izen-aditz erratioa VO eta OV hizkuntzetan.




Emaitza hauek erakusten dute ez datozela bat Seifart (2011) eta Polinskyk (2012) proposatutako hipotesiekin. Alde batetik, Seifarti (2011) dagokionez, komunztadura edukitzeak edo ez edukitzeak ez du inolako eraginik izen-aditz erabilera erlatiboan. Bestetik, Polinskyri (2012) dagokionez, bai ikusten dela

[3] Grafikoetan kolore desberdineko bi zutabe ikus daitezko. Urdinezko zutabeak "izenak / aditzak" formula erabiliz lortutako izen-aditz erratioak erakusten dute, eta gorrizko zutabeak, berriz, "izenak + izenordainak / aditzak" formularen erratioak. Bi formulak irudikatu dira grafikoetan erakusteko ez dagoela desberditasunik formula bat edo beste erabiltzeagatik korrelazioak aztertzerakoan.

desberdintasuna VO-OV hizkuntzen artean izen-aditzen erabilera, baina hemen aurkitzen dena Polinskyk planteatutako hipotesiaren kontrako joeran doa: OV hizkuntzek izen-aditz erratio baxua erakusten dute eta VO hizkuntzek erratio handiagoa.

Hau dena kontutan izanda, bigarren ikerketa bat egin da testu beraz osatutako corpus batean. Honen arrazoia izan da ikustea ea testuaren jatorrizko hizkuntzak bere izen-aditz erratioa beste hizkuntzetan eragina duen edo hizkuntza bakoitzak bere izen-aditz erratioa erakutsiko duen. Lau hizkuntza erabili dira konparaketa honetan: bi VO hizkuntza (ingelesa eta gaztelania) eta bi OV hizkuntza (gaztelania eta euskara). Aukeratu den testua Steven Pinkerren *The Language Instinct*-eko lehenengo kapitulua izan da: jatorrizko testua (ingelesez) eta bere itzulpenak (gaztelaniaz, euskaraz eta koreeraz) (2. taula).

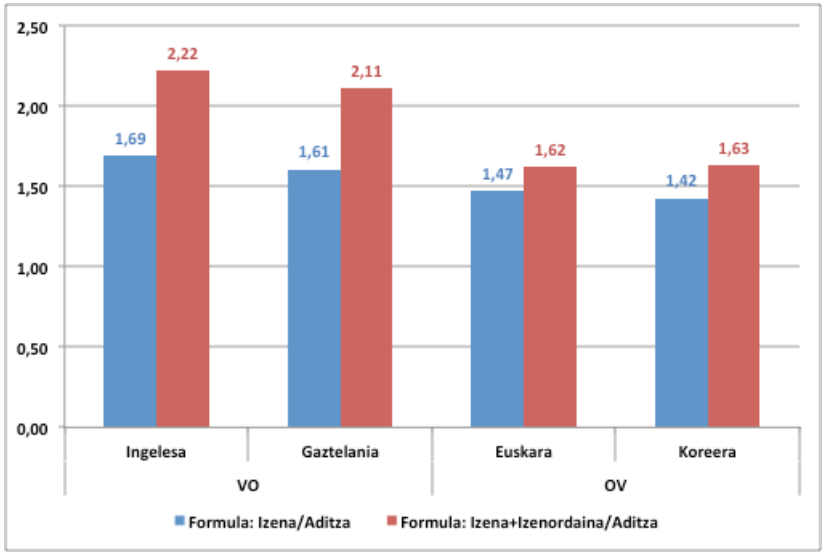
2. taula. Hizkuntza bakoitzeko "Pinker" corpusaren datuak.

| | ***hizkuntza*** | ***hitz kopurua*** | ***Corpus*** |
|---|---|---|---|
| **VO** | *ingelesa* | 3.861 | Pinker (1994) |
| | *gaztelania* | 4.477 | Pinker (1995a) |
| **OV** | *euskara* | 3.158 | Pinker (2010) |
| | *koreera* | 3.046 | Pinker (1995b) |

Testuak etiketatzerako orduan, bakarrik izen bezala etiketatu dira izen arruntak eta aditz bezala aditz nagusiak, aditz laguntzaileak alde batera utzirik. Era berean, izen-aditz erratioa kalkulatzeko aurreko corpus azterketan erabilitako "izenak / aditzak" formula erabili da (ikus (2)), eta lortutako izen-aditz erratioak eta hitz-ordena korrelazioa aztertzeko Wilcoxon testa erabili da. Ez da izen-aditz erratioa eta komunztaduraren arteko korrelazioa konparatu, aurreko corpus azterketan ez delako desberdintasun esanguratsurik ikusi. Azterketarako (p) .05 alfa-maila erabili da.

Emaitzek erakusten dute ez dagoela desberdintasun esanguratsurik izen-aditz erratio eta hitz-ordenaren artean (3. irudia) [$Z$ = -1.549, $p$ = .121]. Hala ere, bai ikusten da OV hizkuntzek (euskara eta koreera) izen-aditz erratio baxuago edukitzeko joera dutela VO hizkuntzekin (ingelesa eta gaztelania) konparatuta. Baliteke hizkuntza gehiago erabiliko balira konparaketan, desberdintasun esanguratsuak aurkituko liratekeela.

3. irudia. Izen-aditz erratioa VO eta OV hizkuntzetan.




## 3. Ondorioak

Orokorrean, eta kontutan izanda emaitza guztiak, ondoriozta daiteke badagoela korrelazioa bat izen-aditz erratio eta hitz-ordenarean artean. Halaber, ez dago korrelaziorik izen-aditz erratio eta komunztaduraren artean. Polinskyren lanak (2012) erakusten du OV hizkuntzek izen gehiago erabiltzen dituztela aditzekin konparatuta, eta VO hizkuntzek, ordea, izen gutxiago aditzekin konparatuta. Beraz, badago korrelazio bat izen-aditz erratio eta hitz-ordenaren artean. Hamen ere ikusi eta erakutsi egin da badagoela korrelazio hori,

baina ez Polinskyk (2012) planteatzen duen moduan. Corpus ikerketa honetako emaitzek kontrako joera erakusten dute: OV hizkuntzek izen gutxiago erabiltzen dituztela VO hizkuntzekin konparatuta. Honen arrazoietako bat izan daiteke *pro*-droparen (argumentuen murrizketa) erabilera, OV hizkuntzek pro-drop kasu gehiago dituztelako VO hizkuntzen aldean (Ueno & Polinsky, 2009; Pastor & Laka, 2013).

## 4. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Hurrengo pausoak izango dira, alde batetik, Pinkerren testua beste hizkuntza gehiagotan aztertzea ikusteko ea izen-aditz erratioen desberdintasunak esanguratsuak diren OV-VO hizkuntzen artean; eta bestetik, ikusi *pro*-droparen eragina izen-aditz erratioetan.

## 5. Erreferentziak

Beck, D. (2002). *The Typology of Parts of Speech Systems: The Markedness of Adjectives*. New York: Routledge.

Croft, W. (1991). *Syntactic Categories and Grammatical Relations*. Chicago: The University of Chicago Press.

Evans, N. (2000). Word classes in the world's languages. In G. Booij, C. Lehmann, J. Mudgan & S. Skopeteas (Eds.), *Morphology: An International Handbook on Inflection and Word-Formation* (Vol. 1, pp. 708-732). Berlin: de Gruyter.

Givón, T. (2001). *Syntax* (Vol. 1). Amsterdam: John Benjamins Publishing.

Haspelmath, M. (2001). Word Classes and Parts of Speech. In P. B. Baltes & N. J. Smelser (Eds.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 16538-16545). Amsterdam: Elsevier.

Hopper, P. J., y Thompson, S. A. (1984). The Discourse Basis for Lexical Categories in Universal Grammar. *Language, 60*(4), 703-752.

Pastor, L., Laka, I. (2013) Processing facilitation strategies in OV and VO languages: a corpus study. *Open Journal of Modern Linguistics, 3,* 252-258.

Pinker, S. (1994). An Instinct to Acquire an Art *The Language Instinct: How the Mind Creates Language* (2007, P.S. ed., pp. 15-24). New York: Harper Collins Publishers.

Pinker, S. (1995a). El instinto para adquirir un arte (J. M. I. González, Trans.) *El instinton del lenguaje* (2012, 2ª ed., pp. 15-24). Madrid: Alianza Editorial.

Pinker, S. (1995b). 기술 습득을 위한 본능 *언어본능* (pp. 15-30). Korea: Greenbee Publishing Co.

Pinker, S. (2010). Arte bat gureganatzeko sena (G. Knörr, Trans.) *Hizkuntza-sena* (pp. 7-18). Zarautz: ehupress.

Polinsky, M. (2012). Headedness, again. In T. Graf, D. Paperno, A. Szabolsci & J. Tellings (Eds.), *Theories of Everything: In Honor of Ed Keenan* (Vol. 17, pp. 348-359). Los Angeles: UCLA.

Schachter, P. (1985). Parts-of-speech systems. In T. Shopen (Ed.), *Language Typology and Syntactic Description* (Vol. 1, pp. 3-61). Cambridge: Cambridge University Press.

Schachter, P., y Shopen, T. (2007). Parts-of-speech systems. In T. Shopen (Ed.), *Language Typology and Syntactic Description* (pp. 1-60). Cambridge: Cambridge University Press.

Seifart, F. (2011). *Cross-linguistic variation in the noun-to-verb ratio: the role of verb morphology and narrative strategies*. Paper presented at the Association for Linguistic Typology 9th Biennial Conference, University of Hong Kong, Japan. Poster retrieved from

Seifart, F., Meyer, R., Zakharko, T., Bickel, B., Danielsen, S., Nordhoff, S., y Witzlack-Makarevich, A. (2010). *Cross-linguistic variation in the noun-to-verb ratio: Exploring automatic tagging and quantitative corpus analysis*. Paper presented at the DobeS Workshop "Advances in Documentary Linguistics", Nijmegen.

Ueno, M., y Polinsky, M. (2009). Does headedness affect processing? A new look at the VO-OV contrast. *Journal of Linguistics, 45*, 675-710.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Ikertzaileek BES-2010-030196 (MICINN), FFI2012-31360 (MICINN) eta IT665-13 (Eusko Jaurlaritza) proiektuen babesa jaso dute. Masha Polinsky (Harvard) eta Maxux Aranzabe (EHU) irakasleak beraien denbora eta laguntza eskertzekoa da ere.

# Gizarte-Zientziak

# Iraupen luzeko irakasleriaren garapenaren eraginkortasuna: irakasleriaren kontzepzioetan, hurbilketan eta kultura instituzionalean

UPV/EHUko ERAGIN kasuaren azterketa

Madinabeitia Ezkurra, A.
*Hezkuntza aldaketa unibertsitatean, goi-mailako irakasleriaren garapena, kultura instituzionala, curriculumaren garapena*
*alba.madinabeitia@gmail.com*

## *Laburpena*

Artikulu honek unibertsitateko irakasleriaren garapenaren (IG) kontzeptu konprensiboan du abiapuntua[1], eta ERAGIN garapen estrategiaren inpaktua du aztergai. Horretarako bi inpaktu-eremu hartzen dira kontutan, batetik irakasleriaren maila indibiduala eta bestetik antolakuntza zein erakunde arloan.

Azterketa hau burutzeko metodologia aktiboen (arazoetan, proiektuetan eta kasuetan oinarritutako ikaskuntza) garapenerako ERAGIN programaren lehendabiziko promozioa hartuko da kasu gisa. Iraupen luzeko estrategiaren (350 ordu) bidez eta ko-mentoria taldeen funtzionamenduan oinarrituz, ikerlan enpirikoak IG-ak irakasleriaren ikas-irakaskuntza kontzepzioetan eta hurbilketan izandako inpaktuaz ageriko ebidentziak ematen ditu, baina baita ikas-irakaskuntzaren inguruan ikertzeko (*scholarship of teaching and learning*) eta irakaskuntza eremuetan liderra izateko gaitasunaz ere. Honako alderdiok erakundearen antolakuntza mailako aldaketan murgiltzen gaituzte eta curriculum hibridoaren pausokako gauzapenaren alde lan egiten dute.

Beraz, artikuluan zehar honakoak aztertuko ditugu: gure asmoak eta hauek sostengatzen dituzten oinarri teorikoak, ikerketa honek duen kokapen enpirikoa, aplikatutako metodologia, erdietsitako emaitzak eta amaitzeko jaso ditugun ondorio orokorrak eta etorkizunera planteatutakoak.

Hitz gakoak: Goi-mailako hezkuntza. Irakasleriaren garapena. Arazoetan oinarritutako ikaskuntza. Hezkuntza lidergo sakabanatua. Aldaketa instituzionala.

## *Abstract*

*This article is based on a comprehensive concept of faculty development and studies the impact of the ERAGIN development strategy. For this, two areas of impact are analyzed: the teacher individual level and the organizational and institutional levels.*

*To realize this analysis we take the first promotion of ERAGIN program to develop active teaching methodologies (Case Method, Problem-Based Learning and Project-Based Learning). Through a long-term strategy (350 hours) and working in co-mentoring groups, this research provides empirical evidence of the impact not only on teaching skills and conceptions about teaching and learning (T-L) but also on the ability for T-L research (scholarship of teaching and learning) as well as on educational leadership. Those aspects point out organizational change and support the progressive realization of the hybrid curriculum.*

*Therefore along the article we will discuss the following aspects: our goals and the theoretical keys that support them, empirical context of this research, the methodology, the results and finally, the general conclusions and purposes for the future.*

*Keywords: Higher education. Faculty development. Problem-based learning. Distributed educational leadership. Institutional change.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

XXI. mendeak erronka berriak ezarri dizkio goi-mailako hezkuntzari, herrialde bakoitzean ematen diren intentsitate eta ñabardura ezberdinak aintzat harturik. Unibertsitateak inflexio egoera horretara bideratu dituzten faktoreak askotarikoak dira, hala instituzio kanpokoak nola

[1] Hezkuntza, Kultura eta Gizartea' izena duen Prestakuntza eta Ikerkuntza Unitatearen (PIU_UFI 11/54) barruan kokatzen den IkasGura ikerketa talde kontsolidatuaren baitan (GIU 11/13) eginiko ikerketa.

barrukoak. Biek ala biek, elkarri eragiten diote eta azken batean, unibertsitatearen izaera eta helburua birdefinitzeko beharra eragin dute, malgutasuna eta moldagarritasuna unibertsitateen zeinu ikur bihurtuz (Boulton eta Lucas, 2008).

Goi-mailako hezkuntza instituzioak inguratzen dituen kanpoko testuingurua, geroz eta zorrotzagoa bilakatzen ari da eta neurri batean unibertsitateak gizartean bete behar duen funtzioa auzian jarri da. Herritarrak, hezkuntza eragileak zein gobernuak unibertsitatearen rolaz itauntzeaz gain, hezkuntza instituzioetan eginiko inbertsio publikoen emaitzen ebidentzia eske datoz, fokua unibertsitatearen azken helburua den ikasleak modu egokian prestatzean ipiniaz. Honenbestez, eskakizun publikoak, merkatuen indar korrelazioak eta bikaintasunaren betebeharrak, unibertsitatea kontu-errendizio zereginetan kokatu dute (Diamond, 2005). Kanpo eskakizun hauek unibertsitateak eginkizun ezberdinak orekatzeko presioa isuri dute: irakaskuntzari dagokionez, ezagutzaren hedapena (ikas metodo berriak eta material inklusiboak); ikerketaren eremuan, berriz, ezagutzaren ekoizpena; eta unibertsitatetik kanpo begira ezagutza horren erabilpena, esperientzia instituzionala gizarte arazoekin lortzen dituen proiektu edota zerbitzu askoren bidez. Betekizun hauek bikaintasunez aurrera eramateak, goi-mailako hezkuntza instituzioen arteko lehiakortasuna areagotu dute.

Kanpoko testuinguruak eragiten dituen presioekin bat, badira ere unibertsitatearen baitan profilatuz doazen aldaketa eragileak ere. IKT-en erabilera areagotzeak, elitismoaren hausturak ekarritako ikasleen masifikazioak eta aniztasunak (Gibbs, 2004), eta diziplinarteko programei begirako ikuspegia hedatzeak, errealitate aldakorra konfiguratu dute. Irakasleriaren aldetik, fenomeno hauei guztiei erantzuna eman behar izanak, irakaslana beste klabe berrietan burutzea eragin du. Oro har, irakasleak zeregin berri hauetara egokitzeko abiarazi diren irakasleriaren garapen programa anitz dago (Fernández eta Márquez, 2014), baina tradizionalki, irakasleriaren garapen indibidualari egotzi izan zaio, hau da, irakasleriaren irakaskuntza trebetasunen entrenamendura soilik mugatzen diren prestakuntza ereduei. Egitate honetatik urrun, goi-mailako hezkuntza aldaketa sakona gauzatzeko, irakasleriaren garapen programek hezkuntza jardunean engaiamendu akademikoak betetzen dituen maila ezberdinak aintzat hartu behar dituztela azpimarratzen dutenak ere badaude. Garapen eredu konprensiboaren izendapenean, (Wilkerson eta Irby, 1998) irakasleek indibidualki behar dituzten konpetentziak baina, aldi berean, goi-mailako instituzioa biltzen duen globaltasunaren ikuspegi hau jasotzen dute.

Orain bai, ingurumari berri honek egiten dituen eskabideei erantzuteko nolako sostengu akademikoa beharko lukete irakasleek? Nagusiki, irakaskuntza jardunarekin inbrikatutako hiru arlo menderatu behar dituzte: batetik, metodologiekin bat doazen balorazio eta ebaluazio gaitasunak garatzea (Angelo eta Cross, 1993); bestetik, irakaskuntzaren inguruan ikertzea (Hutchings eta Shulman, 1999); eta azkenik, euren praktikaren gainean ekoiztutako ezagutza beste kideekin kontrastatzea eta partekatzea (Boyer, 1991; Glassick, 2000; Shulman, 2000).

Honek guztiak, irakasleriaren garapenaren helburuetan indarra kokatzera garamatza, kalitate zein aldaketa instituzionala ziurtatzeko eta bultzatzeko gako estrategikoa den heinean. Urrats honek ahalbidetuko baitu goi-mailako hezkuntza instituzioa organizazio eraginkorra izatea, unibertsitatea (Senge, 1990) ekarri duen ikas erakundea (*learning organizations*) kontzeptuaren norabidean kokatuz. Honenbestez, irakasleriaren garapenari aitortzen zaion balioa erabatekoa izaki, ekintza hauek ikas-irakaskuntza prozesua benetan hobetzen dutenetz aztertu beharko da. Eta hemen topo egiten dugu artikulu honek aztertu nahi duen inpaktuaren gaiarekin. Izan ere, hezkuntza erreformarako gakoa den goi-mailako hezkuntzan irakasleriaren garapenari arreta berezia eskaini bazaio ere, orain arte, programa hauen inpaktu globalaren ebidentziarik ez da, parte hartzaileen asebete-maila klabeetan soilik neurtu izan delarik (Brew, 2007). Inpaktuari buruzko ebidentzia beharrezkoa da irakasleriaren garapen ekintzak diseinatu ahal izateko, eta are gehiago, ebidentzia horiek ikerkuntza eremu gisa irakasleriaren garatzaile edo formatzaileen (*developer*) talde profesionala sortzeko lanean lagun dezakeen heinean (Lynn Taylor eta Rege Colet, 2010).

Artikulu honen ekarpena, hain zuzen ere, irakasleriaren garapenak norbanakoaz landa, goi-mailako hezkuntza organizazio batean duen inpaktua ulertzea ahalbidetuko duten analisi

zientifikoak garatzea da. Hemen planteatzen den azterlanaren muina honakoa izaki: Zein da ERAGIN irakasleriaren garapen programak maila ezberdinetara eragin duen inpaktua? Honakoa esanda, garapen programa honek irakaslerian (ikas-irakaskuntza kontzepzioetan eta hurbilketan) zein organizazio-mailan (kultura instituzionalean) izan duen inpaktua aztertuko dugu.

## 2. Kokapen enpirikoa eta ikerketaren helburuak

### 2.1 Irakasleak irakaskuntza metodologia aktiboetan trebatzeko ERAGIN programa

Euskal Herriko Unibertsitatean (UPV/EHU) irakasleek irakaskuntza metodologia aktiboetan (MA) trebatzeko ERAGIN izenez ezagutzen den programan parte har dezakete. Programak irakaskuntza MA-ak garatzeko hiru modalitate proposatzen ditu: a) arazoetan oinarritutako ikaskuntza (AOI), b) proiektuetan oinarritutako ikaskuntza (POI), eta d) kasuaren metodoa (KM).

Programan parte hartzea borondatezkoa da eta ez dio bestelako lan-zama deskargurik ekartzen parte hartzen duen irakasleari. Modalitate metodologiko bakoitzean parte hartzen duten irakasleek (batez beste 25 bakoitzeko) talde heterogeneoa osatzen dute diziplinari begiratzen badiogu.

ERAGIN programaren helburuak laburbilduz, irakasle indibidualekin egiten du lan baina ez instrukzioan oinarritutako helburu soil batekin (hau da, irakasle banako bakoitzak bere gelan gauzak beste modu batez egin dezan), baizik eta lidergo gaitasuna sustatuz eta bereganatuz, irakasle sareak indartzeko eta unibertsitatearen maila desberdinetan elkarlana hedatzeko, hauek denak kultura instituzional berriarekin sintonian daudelarik.

Oinarri teoriko hauek aintzat harturik, zuzendaritza taldeak izaera boluntarioa eta iraupen luzeko (14 ECTS eta 350 orduko lan akreditatua) programa diseinatu zuen, zeinetan garapen estrategia edo modalitate ezberdinak uztartzen diren. Lehendabiziko hiru modalitateak urte naturalaren hasierako sei hilabeteetan zehar garatzen dira; 4.ak eta 5.ak berriz, ikasgelan abiatzen dira eta MA-a ardatz duen diseinuaren egikaritze praktikoa osatzen dute. Ko-mentoria prozesu osoa modu iraunkorrean zeharkatzen duen estrategia da. Mentoreak aldez aurretik metodologia hauen praktikan esperientzia frogatua duten irakasleak dira eta aukeraketa metodologiaren garapenean erakutsi duten gaitasunaren arabera egiten da, bai eta elkarlanean arituko diren taldearekiko diziplinazko hurbilpenagatik ere. Azken puntu honek berebiziko garrantzia du, aholkulari lanetan ariko diren edukietan aditu diren heinean.

### 2.2 Ikerketaren helburuak

Ikerketa honek irakasleriaren garapen (IG) estrategiak duen eraginkortasunaren inguruan luzeka ebidentzia enpirikoa ekoiztea du helburu orokortzat, horretarako berriki deskribatu dugun ERAGIN programa kasu gisa hartuta. Modu zehatzago batean honakoa bete nahi da:

Helburua: Iraupen luzeko eta estrategia alternatiboak –ko-mentoria, komunitate praktikak eta ikaskuntza aktiboa, kasu- oinarri dituen IG-erako estrategia batek duen eraginkortasuna honako mailetan aztertu nahi da,

- Ikas-irakaskuntzarekiko irakasleriak dituen kontzepzioen aldaketan.
- Irakasleriak ikasgelako jarduera praktikoan atzematen dituen hurbilketen aldaketan.
- Irakats-jardunaren modalitate alternatibo gisa, parte hartzaileek ko-mentoriaren inguruan egiten duten balorazioa ezagutzea, hala diseinu fasean nola metodologiaren inplementazio praktikoan ikasgelan.
- Hezkuntza lidergoaren baitan (rol berrien agerketan, irakasleen arteko harremanetan) parte hartzaileen aktibazio-maila eta irakaskuntzaz ikertzeko gaitasun-maila (garapen organizatibo-instituzionala) baloratzea.

### 2.3 Ikerketaren metodoa

Ikerketaren xede nagusiena IG-erako zenbait estrategiak izan dezaketen eraginkortasunaz ezagutza berria ekoiztea den unetik, IG programak, irakasleengan sorrarazi dituen eragin

indibidualak, eta eta erakunde mailakoak aztertzeko, teknika kuantitatiboak zein kualitatiboak erabili dira. Kontuan izan behar da, UPV/EHUaren baitako errealitate konkretu hau ulertzea, interpretatzea eta ahal den neurrian bertan eragitea helburu izaki, ikerketa hau batez ere, paradigma hermeneutiko edo interpretatzailearen argipean hezurmamitu da.

- *Ikerketaren partaideak*

Ikerketa honetan proposatu diren hiru helburu nagusiak analizatzeko, ERAGIN IG programaren lehendabiziko deialdian (2009-2010) parte hartu duen irakasleriaren populazio osoarekin lan egin da (z=72). Hots, IG estrategiaren eraginkortasuna maila indibidualean (irakasleen ikas-irakaskuntzarekiko kontzepzioen aldaketa, ikasgelako jarduera praktikoan, hau da, hurbilketaren aldaketa) analizatzeko 65 partaideen (%90,3a) inplementazio txostenak aztertu dira. Inpakuaren globaltasunean aurreratze aldera, elkarrizketa sakonetan parte hartu duten 17 irakaslez (%24a) osatutako laginarekin lan egin da. Honekin batera, ERAGINen bereganatutako ikaskuntzak denbora zehar iraunkorrak zirenetz egiaztatzeko, on-line galdetegiei erantzun dieten 45 pertsonek (%63) osatutako lagina ere izan da aztergai.

- *Datuak biltzeko teknikak eta analisirako prozesua*

Ikerketa hau aurrera eramateko ikerketa kualitatiboan ohikoak diren hiru teknika erabili dira (Flick, 2004; Gil Flores, 1994; Goetz eta LeCompte, 1988; Ruiz Olabuénaga, 2009; Taylor eta Bogdan, 1987; Vasilachis, 2006): dokumentuen analisia (programarekin zerikusia duten dokumentu publikoak eta partaideen lan-dokumentuak), galdeketa (prozesuari buruzko iritzia zein asetasun-maila eta programa amaitu eta urte baterako inpaktua neurtzea) eta elkarrizketa sakona (ERAGIN programak bultzatutako aldaketa indibidualean eta erakunde mailakoan arakatzea).

Hiru datu iturri hauen analisi kualitatiboa burutzeko, hiru fase ezberdin igaro dira (McMillan eta Schumacher, 2005:482; Taylor eta Bogdan, 1987:160) Nvivo 9.0 programa informatikoa erabiliaz; batetik, aurkikuntzaren analisia lan eremuan; bestetik, gai eta kategorien kodifikazioa; eta azkenik, ereduen eraikuntza. Programa informatiko honek erabilera anitzeko baliabideak eskaintzen ditu datuen analisirako prozesuan, hain zuzen ere, datu-iturrien antolaketari, kategorizazio-lanari eta esplorazio teknikei dagokienez.

## 3. Ikerketaren emaitzak

Datuekin burututako analisiak inpaktuaren ebidentziak maila indibidualean eta baita erakunde mailan ere ezagutarazten ditu. Irakasleen dokumentu pertsonalen analisiek trinkotasun handiagoa erakutsi dute norbanakoaren mailako inpaktuan, eta elkarrizketa sakonen eta galdetegien azterketek berriz, denboran zehar eman den IG-aren inpaktu globala agerian utzi dute. Gatozen banan eta labur emaitzok aztertzeari:

1) ERAGIN programan parte hartu duen irakasle taldeak, hein handi batean, ikas-irakaskuntza tradizionalaren eredua krisian jarri ez ezik, hezkuntza berrikuntzaren eta praktika alternatiboen aldeko kezka ere agertzen du irakasleriaren garapen prozesuaren atarian.
2) Parte hartzaileen %90ak sakoneko ikas-irakaskuntza kontzepzioen aldaketa bizi izan du, ikasgaiaren orden lineala apurtu eta praktika alternatiboen eraikuntza gauzatu behar izan dutenean. Planteamendu metodologiko alternatiboak diseinatzeko orduan hiru gatazka kognitibo nagusi azaldu direla dokumentatu da: i. Teoriarik jaso gabe ikasleek ezin dute ikaskuntza prozesurik abiarazi; ii. Gai ezberdinak integratzen dituen arazo egituratzailea planteatzeko zailtasuna; eta iii. Ikaskuntza estrategia aktiboak helburu eta gaitasunekin kateatzeko zailtasuna. Hauen aurrean mentoreek honako bide nagusiak baliatu dituzte: A. Eszenatokiak ikasleei ikasteko premia sentiarazi behar die eta ondoren ikaskuntzarako ariketak diseinatuko dira; B. MA-etan lehenik arazoa planteatu behar da eta ondoren analisiak, eduki berrien eraikuntza... etorriko dira; D. Arazoa garatzeko ariketak ongi

sekuentziatu behar dira eta ikaskuntza adierazleei erantzun behar diete, eta hein handi batean bideratzea lortu dela erakutsi dute datuek.

3) Inplementazio fasea iraun bitartean, ERAGIN programako partaideen ikas-irakaskuntza hurbilketan bi transformazio egikaritu dira: i. Ikaslearengan ardazturiko ikas-irakaskuntza planteamendua (ikasle-taldeen kudeaketa egokian eta ebaluaketa jarraiaren koherentzian enfasia eginez); eta ii. Metodologia aktiboak modu partekatuan aurrera eramateko aliantza berrien sorrera. Honek IG-aren inpaktua norbanakotik landa kokatzeko lehendabiziko keinua irudikatzen du. Irakasleriaren ikas-irakaskuntza hurbilketaren eraldaketak direla medio, ikasleek euren ikaskuntza prozesuarekiko erantzule/subjekto aktiboruntz urratsak egin dituztela pentsatzeko arrazoirik bada, emaitza hobeak erdietsiz. Aldi berean, irakasleen arteko aliantza berriak bitarteko direlarik, MA-en bidezko ikasleen ikaskuntza bermatzeko aurrera pausoak eman dira. MA-ekin lan egiterakoan irakasleek lez ikasleek rol tradizionaletik aldentzen diren gaitasun berriak garatu dituzte, besteak beste, arrazonamendu kritikoaren aktibazioa, ikaskuntza autonomoa eta kolaboratiboa, arazoen taldekako ebazpena eta erabakitzeko gaitasuna.
4) Ko-mentoria eta hezkuntza lidergo banatuaren arteko erlazioak irakasle-sareak indartu eta unibertsitateko maila ezberdinetan elkarlana hedatu du. Emaitzek, kultura instituzional berriarekin sintonian dauden rol berrien aktibazioa erakutsi dute: i. kideak MA-etan engaiatzen eta prestatzen dituzten irakasleak (%31,7); eta ii. ERAGINen hurrengo deialdiko mentore bihurtu eta tailerren bidezko hedapena egin dutenak (%36,5). Honekin batera, hezkuntza aldaketaren iraunkortasuna eta hazkunde intrintsekoa erakusten dituzten datuak ere jaso dira: i. Irakasleen %92,6k 2011-2012 ikasturtean MA-k mantendu du eta hurrengo urtera begira (2012-2013), %86k MA-ekin lanean jarraitzeko konpromisoa hartu du. Honek guztiak, MA-k integratzen dituen curriculum modu alternatiboen hezurmamitzea bideragarri izatea ekartzen du.
5) Ikas-irakaskuntzaz ikertzeko gaitasunari dagokionez, datuek adierazi digute, aztertu dugun kasuan irakasleek burututako proposamen metodologiko berriak kideen artean baloratuak, aztertuak eta hobetuak izan direla, eta, ariketa kritiko honetan oinarri hartuta esperientziaren balidazioa eta areago, argitarapena gertatu dela. Honenbestez, parte hartzaileen % 92,3ak IKD baliabide zentroan ekoiztutako materialaren publikazioa igo du eta %78ak berrikuntza metodologikoa kongresu zein aldizkari zientifikoetara eraman du.
6) Beraz, labur esanda, IG-ak irakasleria ikas-irakaskuntza prozesua beste modu batean pentsatzea eta ulertzea eragin du; baina baita kontzepzio alternatibo horiei erantzuten dioten planteamendu aktiboak eraiki eta modu kolektiboan praktikara eramatea ere ahalbidetu du. Irakasleek aktibazio-maila ezberdinek (curriculum garatzaileak eta akademiko rolak) praktika kultural instituzionalen aldaketa eragin du eta honek inpaktua kultura organizazionalaren aldaketa mailan kokatu du.

## 4. Ondorioak

Aztergai izan dugun iraupen luzeko IG programaren analisiak, ekoizpen zientifikoek aurretik kokatu izan duten premisa mahai gaineratzen du beste behin ere, eta da irakasleriaren garapenaren inpaktuaren ingurumariak berekin duen konplexutasuna; hala irakasle norbanakotik hasita (kontzepzioen eta hurbilketaren dimentsioa) nola unibertsitatea bere globaltasunean integratzen duten inpaktu-maila ezberdinetan (kultura instituzionala, maila organizazionala edota ikasleriaren ikaskuntza kalitatea) eragiteko eraginkortasunari dagokionean; eta baita inpaktu anitz horien nolakotasunak ebaluatzeaz mintzo garenean ere, jakina. Azter ditzagun modu laburrean ikerlan honetatik eratorritako ondorio nagusienak:

- Egun unibertsitateko irakasleria, oro har, ikas-irakaskuntza kontzepzioei dagokienez diziplinazko ezagutzaren transmisioaren ondoan kokatzeko joera atzeman daiteke. Halere, aztertu dugun kasuak baieztatu du diziplinan oinarritutako kontzepzioez gain bestelako sinesmen eta praktikak aurrera eramaten dituzten irakasleak badirela. Parte hartu duen populazioaren baldintzak aztertuz, alegia, ikas-irakaskuntza aktiboa gauzatzeko ahaleginei erreparatuz, IG-aren bidez aldaketa globalagoa gauzatzeko aukerak egon daitezkeela

ondoriozta dezakegu, hain zuzen ere, IG estrategiak irakasleriaren sentsibilitatearekin konektatzen duelako.

- Ikaskuntza aktiboan eta esperientziazkoan, praktika hegemonikoen deuseztapenean, kideen arteko feedbackean eta taldekako gogoetan oinarritutako IG prozesuak, ikas-irakaskuntza kontzepzioen sakoneko transformazioa gauzatzeko estrategia eraginkorrak eta baliagarriak ez ezik, parte hartzaileek prozesuan profesionalki zein emozionalki engaiatzeko gaitasuna ere dutela ondoriozta daiteke. IG estrategia hauek ez baitira irakasleek imitazioz ikasten dituztenen parekoak. Hau da, irakasleen gaitasunetatik – entrenamendu tekniko gisa ulertuak- landa, hauek ikas-irakaskuntza prozesuaren inguruan dituzten kontzepzioak ere eraldatuko dituzten ekintzak diseinatu behar direla, beste gauzen artean, kontzepzioak aldatu ezean ikas-irakaskuntza hurbilketa aldatzerik ez baita posible izanen.
- Inplementazio fasea iraun bitartean, ERAGIN programako partaideen ikas-irakaskuntza hurbilketan bi transformazio egikaritu dira: i. Ikasleengan ardazturiko ikas-irakaskuntza planteamendua (ikasle-taldeen kudeaketa egokian eta ebaluaketa jarraiaren koherentzian enfasia eginez); eta ii. Metodologia aktiboak modu partekatuan aurrera eramateko aliantza berrien sorrera. Honek IG-aren inpaktua norbanakotik landa kokatzeko lehendabiziko keinua irudikatzen du.
- Iraupen luzekoak ez ezik, ko-mentoria bezalako estrategia horizontal, komunikatibo eta kolaboratiboak martxan ipintzen dituzten IG prozesuek, transformazio globala gauzatzeko eraginkorrak eta baliagarriak direla frogatu da.
- Ko-mentoria eta hezkuntza lidergo banatuaren arteko erlazioak irakasle-sareak indartu eta unibertsitateko maila ezberdinetan elkarlana hedatu du. Emaitzek, kultura instituzional berriarekin sintonian dauden rol berrien aktibazioa erakutsi dute: i. kideak MA-etan engaiatzen eta prestatzen dituzten irakasleak; eta ii. ERAGINen hurrengo deialdiko mentore bihurtu eta tailerren bidezko hedapena egin dutenak.
- Ko-mentoria ardatz duen iraupen luzeko IG-ak irakasleek irakaskuntza-akademiko rolak eta MA-ak zabaltzeko eragileak gorpuzteko ahalmena erakutsi du. Partaideen kopuru esanguratsu batek, curriculuma planifikatzeko eta curriculum aldaketa kudeatzeko trebezia eta irakaskuntza programen kalitatea ebaluatzeko gaitasuna landu edota hezkuntza aldaketa zein hobekuntza organizazionala gidatzeko autoritatea bereganatu du. Konklusio orokor modura esan daiteke, hezkuntza lidergoaren gain hartze banaturik gabe, elkar erantzukizun gisa ulertua, ez dagoela ikas-irakaskuntza bertsio berrietara iristeko biderik.
- Irakaslea bere praktikaren ikertzailea izateak zera suposatzen du: unibertsitateko profesioan jorratu beharreko arlo guztietan jokaera akademikoaren printzipioak jarraituz aritzea, hau da, ikas-irakaskuntza prozesuak zorroztasunez taxutzea eta komunitate akademikoaren baitan zabaldu, eztabaidatu eta pareen artean balioestea (Boyer, 1991). Galbahe hauek guztiek unibertsitatea benetan ikasteko tokia bilakatzen dute (Senge, 1990), Hortaz, IG-erako formula estrategikoak bere diseinuan irakasleak euren praktiken ikertzaile bihurtzea eta jokaera akademikoa hura bereganatzea integratu beharko du.
- Ondorio orokor modura, esan behar da ko-mentoria estrategiaren nolakotasunak, hau da, kideen arteko kontrasteak, horizontaltasunak eta alderdi emozionalak, zerikusi estua duela irakasleriaren kontzepzio zein hurbilketa mailan eta baita maila instituzionalean ere izandako inpaktuarekin.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Irakasleriaren garapena aztergai duen ikerketaren esparruan, oraindik orain, ibiltzeke bide luzea ikustatzen da. Lerro nagusietan eta eztabaidan mintzagai izan ditugunak ahotan hartuaz, etorkizunera begira inpaktuaren azterketa zeharkatzen dituen hiru eremuri arreta eskaintzeak saihestezina dirudi. Fronte batetik eta akaso halabeharrezko premiaz, ikasleengan ikaskuntzan metodologia aktiboek duten inpaktua neurtzea ahalbidetzen duten estrategien definizioak ezinbestekoa ematen du; beste alor batean, metodologia aktibo hauek (arazoak/proeiktuak/kasuak) curriculumaren hibridazioan duten inpaktuaren analisi

sistematikoari atenditzea ere beharrezkoa izateko arrazoiak badira eta azkenik, goi-mailako hezkuntza instituzioak hezkuntza lidergo banatuari bai eta ikas-irakaskuntzara ekarritako ikerkuntzari ere emandako sostengu esplizituaren garapena sakontasun handiagoz analizatzen jarraitzea aldarritzat hartzen da egungo goi-mailako hezkuntza sisteman. Hauek guztiak zinez ikasten duen unibertsitatea bilakatzeko oinarrizko baldintzak direlakoan. Ikerketa honetan xeheki askatu ditugun hari solteei dagokienez, aipatu bezala, ERAGINeko lehenengo promozioa soilik hartzen duen aurkeztutako lagina murritza izanik, partaideen kopurua ERAGIN programaren inguruan burutu diren deialdi guztietara zabal zitekeen hemen jasotako datuek markatu dituzten joerak betetzen direnetz aztertzeko (azpimarratzea berriz dagoeneko hiru deialdi guztiz bukatu direla eta laugarrena eta bosgarrena martxan daudela orain). Etorkizuneko erronka gisa honako aspektuen inguruan ikertzeak garrantzia eta interesa badituelakoan gaude.

## 6. Erreferentziak

Angelo, T. A., eta Cross, K. P. (1993). *Classroom assessment techniques: A handbook for college teachers* (2nd ed.). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Boulton, G., eta Lucas, C. (2008). What are universities for? *LERU (League for European Research Universities)*.

Boyer, E. L. (1991). The scholarship of teaching from: Scholarship reconsidered: Priorities of the professoriate. *College Teaching, 39*(1), 11-13.

Brew, A. (2007). Evaluating academic development in a time of perplexity. International Journal for *Academic Development*, *12*(2), 69-72.

Diamond, R. M. (2005). The institutional change agency: The expanding role of academic support centers. In E. Sandra Chadwick-Blossey (Ed.), *To improve the academy: Resources for faculty, instructional and organizational development*. 24-37. Bolton, M.A.: A publication of the POD Network. Anker Publishing Company.

Fernández, I., eta Marquez, D. (2014). Formación docente ¿un concepto en crisis? Situación actual y tendencias emergentes en las universidades del Estado Español. In Carles Monereo (Ed.), *Enseñando a enseñar en la universidad. Sistemas alternativos de formación del profesorado*: Octaedro.

Flick, U. (2004). Introducción a la investigación cualitativa. Madril: Morata.

Gibbs, G. (2004). Mejorar la enseñanza y el aprendizaje universitario mediante estrategias insitucionales. Educar, 33, 11-30.

Gil Flores, J. (1994). Análisis de datos cualitativos. Aplicaciones a la investigación cualitativa. Bartzelona: Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A.

Glassick, C. (2000). Boyer's expanded definitions of scholarship, the standards for assessing scholarship, and the elusiveness of the scholarship of teaching. Academic Medicine, 75(9), 877-880.

Goetz, J. P., eta Lecompte, M. D. (1988). Etnogragía y diseño cualitativo en investigación educativa. (A. Ballesteros Trans.). Madrid: Ediciones Morata, S.A.

Hutchings, P., eta Shulman, L. (1999). The Scholarship of teaching: New elaborations, new developments. Change: The Magazine of Higher Learning, 31(5), 10-15.

Lynn taylor, K., eta Rege colet, N. (2010). Making the shift from faculty development to educational development. In A. Saroyan, eta M. Frenay (Eds.), Building teaching capacities in higuer education. A comprehensive international model (First ed.). Virginia: Stylus Publishing.

Mcmillan, J., eta Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa: una introducción conceptual* [*Research in Education. A conceptual introduction 5th edition*] (Joaquín Sánchez Baides Trans.). (5º ed.) Pearson.

Ruiz Olabuénaga, J. I. (2009). Metodología de la investigación cualitativa (4. ed.). Deustoko Unibertsitatea. Bilbo.

Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. New York: Doubleday.

Shulman, L. (2000). From minsk to pinsk: Why A scholarship of teaching and learning? *Journal of Scholarship of Teaching and Learning, 1*(1), 48-53.

Taylor, S. J., eta Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación.* Bartzelona: Paidós/MEC.

Vasilachis DE Gialdino, I. (koord.). (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Bartzelona: Gedisa.

Wilkerson, L., eta Irby, D. M. (1998). Strategies for improving teaching practice: A comprehensive approach to faculty development. *Academic Medicine, 73*(4), 387-396.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Esker onak UPV/EHUko IkasGura ikerketa taldeari, doktorego tesia iraun bitartean gogoz heldu baitio talde mailako sostenguari eta, batez ere, eztabaidarako tarteari. Modu berezi batean, bertako partaideak eta tesiko zuzendariak izan diren Idoia Fernandez Fernandezi eta Clemente Lobato Fraileri.
- Eusko Jaurlaritzari, 2010 eta 2012 artean, Ikertzaileak Prestatzeko eta Hobetzeko Programetarako diru-laguntza izan nuelako eta epealdi horren baitan, zehazki, 2011ko abuztuan Mexikoko UNACH-en 3 hilabetetako egonaldiarekin osatu bainuen lana.
- Lan hau ere 2012ko urriaren 22tik 26ra Angelun ospatu zen ‘Cross-border Doctorials UPV/EHU and UPPA’ izeneko egonaldiaren ondorioz aberastu eta zorroztu zen. Zentzu berean, 2014ko martxoaren 2tik 16ra Zürich-eko Center of Higher Education Teaching and Learning delakoan burututako egonaldia interesgarria bezain baliagarria izan zen lan zientifiko honen emaitzak borobiltzeko.

# Generoa, diskriminazioa eta erresistentzia: espetxeratutako emakumeen agentzian sakonduz, kasu baten azterketa abiapuntu

Ruiz, M.
*Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)*
*maria.ruizt@ehu.eus*

***Laburpena***

Espetxeratutako emakumeentzat kartzela instituzio sexista, androzentrikoa eta diskriminatzailea da, ondorioz, genero-desberdinkeria eta harreman desorekatuak (bir)sortzen dituena. Hala eta guztiz ere, emakumeek itxialdiaren eta askatasun-gabetzearen zailtasunei eta mugei –nola edo hala– aurre egiteko erresistentzia-praktikak gauzatzen dituzte. Artikulu honetan, batzuk eta besteak landuko ditugu, hots, genero-bereizkeriak zein emakume presoen eraldaketa-estrategiak. Horretarako oinarri izango ditugu *Kartzela genero-erakundea: emakume presoen bizipenak, erresistentziak eta estrategiak* doktore-tesia, eta, bereziki, preso baten testigantza, Marcela izena emango dioguna.

Hitz gakoak: espetxeratutako emakumeak, genero-diskriminazioa, erresistentzia, agentzia.

***Abstract***

*Prison is a sexist, androcentric and discriminatory institution for imprisoned women which therefore (re)creates gender inequality and unequal relationships. Nevertheless, women perform some practices of resistance in order to confront –in one way or another– the difficulties and limitations that imprisonment and loss of liberty cause. The current article analyses these topics, that is to say, gender discriminations and transformation strategies of women prisoners. The analysis is based on a doctoral thesis entitled* Prison as a gender institution: experiences, resistances and strategies of women prisoners*, and special attention is given to the testimony of an inmate who has been named Marcela.*

*Keywords: imprisoned women, gender discrimination, resistance, agency.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Artikulu honek oinarritzat du egun lantzen ari naizen doktore-tesia; hau da, *Kartzela genero-erakundea: emakume presoen bizipenak, erresistentziak eta estrategiak* ikerketa, jomuga duena emakume preso sozialen esperientzietan barrentzea eta haien agentzia[1] nabarmentzea. Baina, era berean, ohargarria da horrek aurretik egindako beste ikerlan bat duela abiapuntu: hain zuzen ere, taldean burututako[2] *Emakume preso-ohiak: hauskortasuna eta autonomia* (*Mujeres ex-presas: vulnerabilidad y autonomía*, 2012); xede izan zuena kartzelan egondako emakumeen zailtasunak eta desabantailak jorratzea. Bietan dira ikergai Euskal Herriko presondegietan izandako hainbat emakumeren kontakizunak. Artikulu honetan, zehazki, hizpide izango ditugu doktore-tesiaren testuinguruan elkarrizketatutako Marcelaren[3] lekukotzaren pasarte batzuk. Horretarako, aurretik ikerketaren nondik norakoak kokatzen ahaleginduko naiz.

Laburki esanda, honakoek osatzen dute doktore-tesiaren ikerketa-objektua: espetxeratutako emakumeen bizipenek, erresistentzia-ekintzek eta estrategiek; betiere, kartzela genero-erakunde gisa hartuta, hots, espetxe-sistema genero-sortzailea dela ulertuta, generoa egiten edo eraikitzen duen heinean. Konkretuki, abiaburu dut itxialdi penala erabat sexista, androzentrikoa bezain diskriminatzailea dela emakumeentzat, eta genero-rol tradizionalak zein harreman hierarkikoak (bir)sortzen dituela; hala, bai genero-bereizkeriak bai gizarte-desorekak areagotuta. Hori horrela izanik, alde batetik, emakume presoen bizipenak, ibilbideak, aldaketak zein ikaskuntzak ezagutu nahi ditut, genero-desberdinkeriei buruzko esperientziak anitzak izan daitezkeela ahaztu gabe;

[1] Sherry B. Ortner (2006) antropologoak definituriko moduan erabiltzen dut "agentzia", honakoa adierazteko: gizarte-harremanen baitan, norbanakoek betiere duten ahalmena edo gaitasuna, bai eremuan jokatzeko, bai elkarri eragiteko, baita boterea negoziatzeko eta, beraz, egoerak aldatzeko ere. Autoreari segituz, agentziaren gakoa nahitasuna da, berariazko praktiken bitartez –kontzienteagoak nahiz inkontzienteagoak izan–, aktore sozialek euren proiektuen edota egitasmoen lorpena bilatzen baitute, kulturalki eratutako asmoen, desioen, jomugen, premien, usteen zein ezagueren arabera; nahiz eta, betiere, posibilitate-baldintza jakinen barnean –egiazko hertsapenak, mugak eta murrizketak daudenez gero–.

[2] Honakoak izan ziren nire taldekideak: Alma Méijome, Edurne Bengoetxea, Laura Vara eta Miren Arbelaitz.

[3] Konfidentzialtasuna ziurtatzeko, izen faltsua darabilt.

eta, bestetik, espetxealdiak dakartzan zailtasunei nahiz mugei aurre egiteko eurek eratutako eta gauzatutako erresistentzia-erak eta estrategiak azaleratu nahi ditut, agentziaren gaiari helduta. Azken finean, emakume atxiloek genero-zapalkuntza zehatza topatuko dute kartzela-sistemaren baitan; baina, oztopoak oztopo, zirrikituak nahiz arrakalak egiten edota aurkitzen dituztelakoan nago. Hortaz, ez dut presondegien izaera murriztailea inola ere ezeztatu nahi; alabaina, ezta emakumeek egoerari nola edo hala aurre emateko burututako eginahalak ukatu nahi ere –horien nolakotasuna zeinahi ere izan–.

Hainbat arrazoiek aztergai hori lantzea behar-beharrezkoa egiten dutela esango nuke. Lehenik eta behin, kontuan hartu behar dugu emakume preso sozialak nahiko ezezagunak direla euskal jendartearen zati handi batentzat; eta, horrenbestez, beraien bizipenak, oro har, ahaztutako nahiz gutxi jorratutako ikerketa-eremuak direla. Beraz, bai ikusezintasuna bai ezjakintasuna agerikoak dira. Baina, halaber, nabarmenak dira aurreiritziak, estereotipoak eta era askotariko ikuspegi negatiboak ere. Batzuen zein besteen ondorioz, kartzelatutako emakumeek estigmatizatze izugarria bizi dute; esan nahi baita, gizarte-gaitzespen eta zaurgarritasun handia pairatzen dutela. Dudarik gabe, nahitaezkoa da bestelako usteak edota jarrerak bultzatzea, bai errespetua bai aintzatespena giltzarri hartuta, eta kriminalizatzea zein bazterketa soziala alboratuta.

Bigarrenik, testuinguru penalaren eta espetxekoaren aldaketak ere aintzat izan behar ditugula uste dut. Izan ere, eraldaketa handiko egunak bizi ditugu; dela kontrol-politiken handiagotzea, preso-kopuruen areagotzea[4] edota Kode Penalaren erreforma-saialdia, dela Iruñeko eta Zabaiako makrokartzelen eraikuntza edo bestelako diziplinazko erregimenen hedapena. Nolanahi ere, argi dago markoa itxuraldatzen ari dela eta, ezinbestean, generoaren esparruan ere aldakuntzak ari direla gertatzen. Horrenbestez, premiazkoa da jazotzen ari denari erreparatzea; itxialdiaren zein askatasun-gabetzearen inguruan hausnartzea nahiz espetxeratzeak dituen funtzioen, ondorioen, eraginen eta esanahien gainean gogoeta egitea.

Hirugarrenik, eta azkenik, hutsune handi bat gainditu beharrean gaudela ere aipatuko dut; bada, espetxea genero-ikuspegitik aztertzerakoan, gabezia nabarmenak egon dira boterearen eta erresistentziaren arteko hartu-emanei dagokienez, eta, ondorioz, emakumezko atxiloen agentzia gehienetan gutxietsia nahiz ezkutatua izan da. Gure planteamenduaren arabera, behin eta berriro utzi dira alde batera kartzelaratutako emakumeen ekintza-gaitasuna eta transformazio-ahalmena; salbuespenak salbuespen (Bhavnani eta Davis, 1996; Bosworth, 1999; Nari eta Fabre, 2000; Ribas et al., 2005), haien trebetasunak ez direlako aintzatetsi, ezta baloratu ere, edo, are gehiago, zenbaitetan, ez direlako aurreikusi ere egin. Beraz, isilarazitako errealitate baten aurrean gaudela esan genezake; hori dela eta, emakumezko presoek egiten dutenaren eta jendarteak hautematen duenaren artean ikaragarrizko aldea dagoela. Espetxe-sistemari buruzko ikerlan gehienek soilik instituzioaren botereak presoengan duen eragina hartu dute kontuan, haien ekintza-ahalmenari erreparatu gabe eta genero-ikuspegia erabili gabe. Halaber, ikerketa feministen eta generokoen baitan egindako lanek ere ez diete garrantzi gehiegirik eman emakume atxiloen praktika jakinei; presondegietako diskriminazioen zein desberdinkerien azterketari ekin diotelako, nagusiki. Argi dago, inolako ezbairik gabe, kartzela-sistemaren baitan gauzatzen diren bidegabekeriak ikertzea eta salatzea nahitaezkoa dela; baina funtsezkoa da ere harago joan daitekeen begirada feminista ahalbidetzea, biktimizatzailea suerta daitekeen edozein ikuspuntu bazter utzita. Emakume preso sozial gehienak zaurgarriak diren edo bazterketa-egoeran dauden taldeetakoak dira[5], eta, horrela izanik, iruditeria kolektiboak ezgauzak, ezjakinak edo abileziarik gabeak izango bailiran ikusten ditu; errealitatea oso ezberdina izan arren. Hortaz, garrantzitsua da bestelako norabide batzuetan lan egitea eta agentziaren dimentsio anitzetan sakontzea.

Aipatutako ikerketa-objektua eta interesak miran, doktore-tesian buru-belarri lanean nabil 2013ko urtarriletik. Denbora horretan, metodologia kualitatiboa jarraitu dut, lehen mailako eta bigarren mailako informazio-iturriak baliatuta. Alde batetik, ikergaiarekin lotura duten hainbat irakurketa bibliografiko burutu ditut; eta, bestetik, elkarrizketa sakonak egin ditut. Ezbairik gabe, azken horiek gako izan dira niretzat, testigantzak jasotzea eta aktore sozialen ahotsa

[4] Aipagarria da Hego Euskal Herrian kartzelatutakoen zenbatekoak proportzionalki Europako altuenetarikoak direla eta egitate hori are nabarmenagoa dela emakumeen kasuan. Izan ere, 2015eko otsailean, emakumeak presoen guztizkoaren %10,77 ziren (185 emakume) (http://www.institucionpenitenciaria.es); eta Europako azken urteotako batez bestekoa, ordea, %4,9ren inguruan dabil (Walmsley, 2012; Aebi eta Delgrande, 2013).

[5] Azpimarragarria da emakume atzerritarren, ijitoen eta droga-kontsumitzaileen espetxe-gainordezkapena.

zuzenean entzutea betiere zinez aberasgarria delako. Guztira, hogeita hamasei elkarrizketa osatu ditut; banakakoak gehienak, taldekoak gutxi batzuk. Gehientsuenak atxilo egondako emakumeei egindakoak izan dira; baina elkarrizketatu ditut espetxeetako hainbat langile, presoekin zuzenean edo zeharka lan egiten duten eta nolabaiteko genero-ikuspegia duten elkarteetako zenbait kide ere, baita feministak diren EPPK Euskal Preso Politikoen Kolektiboko atxilo ohi batzuk ere[6]. Une zehatz honetan, edukiaren analisiarekin nabil eta, horrenbestez, jada aipatu bezala, artikulu honetan elkarrizketatutako emakumeetako baten kasu zehatzean sakonduko dut.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gutxitan ikertutako gaia izan da emakume presoen espetxeko bizipenena. Hala ere, ezin ukatuzkoa da nabarmengarriak diren hainbat ekarpen burutu direla bai antropologiatik bai soziologiatik, baita ikerketa feminista eta generokoetatik ere; kasu baterako, giltzapetutako emakumeek pairatutako estigmatizatzea nahiz kartzelako diskriminazioak landu baitira.

Estigmaren nondik norakoei dagokienez, kontuan izan behar dugu, teorian, legearen aurrean emakumeen eta gizonen artean balizko berdintasuna egon arren, begi-bistakoa dela praktikan, egunerokotasunean, ezberdintasunak eta desorekak daudela batzuen eta besteen artean. Ikuskera sozialak zinez bestelakoak dira, eta, genero-eredu hegemonikoen ondorioz, emakumeen arau-hausteak eta gizonenak ez dira modu berean ulertzen, ezta baloratzen ere (Juliano, 2009; 2011). Oro har, lehenengoen transgresioak zorrotzago epaitzen edota zigortzen dira (Davis eta Faith, 2002), eta, delituen kasu zehatzean, gizarte-gaitzespena agerikoa da; nolabait, ekintza emakume batek egin izanak gertatutakoa larriagotuko balu bezala. Azken batean, badirudi gizartearen zati handi batentzat emakumeen delituzko ekintzek hutsegite astunagoa dakartela, lege penalak haustearekin batera, arau sozialak ere urratu dituztelako (Juliano, 2009; 2011). Hori dela eta, estigmatizatzea izugarria izango da; estigma ez baita soilki delitugile bezala izango, "emakume delitugile" gisa baizik (Herrera, 1993). Etiketa pisutsu horren ondorioak izango dira errespetua, begirunea zein zilegitasuna ukatzea, eta zaurgarritasuna eta babesgabetasuna areagotzea; edo, bestela esanda, balio-galera, gutxiespena nahiz mespretxua, eta diskriminazioen nahiz gizarte-desberdinkerien gehiagotzea (Juliano, 2004).

Itxialdi penalaren baitako bereizkeriei buruz, azpimarratu behar dugu, hasieran adierazi bezala, sistema erabat sexista, androzentrikoa zein diskriminatzailea dela emakumeentzat. Izan ere, botere-egitura eta eredu hegemonikoen sostenguari lotuta, genero-rol tradizionalak eta harreman hierarkikoak sustatzen ditu, genero-desberdinkeriak handiagotuta (Almeda, 2003; Del Val eta Viedma, 2012). Laburki esanda, presondegien artean ezberdintasun nabarmenak egonda ere, kondena betetzean, emakumeentzat honakoak dira nagusi: bai sakabanaketa geografiko bai pilaketa handiagoak, eta bizigarritasun-baldintza okerragoak, beraientzako zentro eta modulu gutxiago egotearen kausaz; baliabide eskasagoak eta azpiegitura batzuk erabiltzeko mugak, gizonei lehentasuna ematearen ondorioz; "etxekotzea" eta "feminizatzea" bultzatzen dituzten tailerrak nahiz ikastaroak (josketa, jantzigintza, broderia, makillajea, ile-apainketa, etab.); kartzelako lanpostu urrien kasuan, soldata baxuagoak, okerren ordaindutako zereginetan aritzeagatik; esanekotasun eta mendetasun agerikoagoen eskakizuna; medikalizatze handiagoa; etab. Horrelako testuinguru batean, ezinbestean, emakumeen desabantailak eta zailtasunak ugaritu egiten dira (Almeda, 2003).

Hala, espetxeratutako emakumeen egoeraren inguruan egindako horrelako lanak aintzakotzat hartuta, jadanik zerrendatutako interesen harira eta azaldutako ikerketa-objektuari helduta, ondorengoak finkatu ditut helburu nagusitzat:

- Kartzela genero-erakunde bezala aztertzea, eta bere jarduera zein esanahien gainean gogoeta egitea; ezarritako sistemaren eta arauen sostenguari lotuta, espetxe-sistemak emakumeen eredu hegemonikoa eta rol tradizionalak nola bultzatzen dituen, eta, modu horretan, harreman desorekatuak, bereizketa hierarkikoak zein diskriminazioak nola gehitzen dituen jorratuta; betiere, aldaketa handiko testuinguruan gaudela ahaztu gabe.

[6] Zehatz-mehatz, kopuruak honakoak dira: banakako hogei elkarrizketa emakume preso sozialei, eta talde-elkarrizketa bat haietako lauri; banakako nahiz taldeko sei elkarrizketa kartzelatako langileei (hiru gizarte-langile, bi hezitzaile, hiru irakasle, bi jurista eta psikologo bat); banakako nahiz taldeko sei elkarrizketa emakume presoekin lan egiten duten elkarteetako kideei; eta banakako hiru elkarrizketa EPPKko kide ohiei.

- Emakume presoen espetxeko bizipenen berri izatea, emakumeek eurek bizi dutenaren inguruan pentsatzen dutena eta esateko dutena jasota; egon daitekeen aniztasuna bazter utzi gabe, haien iritziak eta usteak, jarrerak, portaerak zein ekintzak, diskurtsoak nahiz jarduteak landuta, haien irakurketetara edo interpretazioetara hurbilduta.
- Kartzelatutako emakumeen agentzia azaleratzea, itxialdiak zein askatasun-gabetzeak eragindako oztopoak edo zailtasunak gainditzeko gauzatutako erresistentzia-praktiken eta estrategien azterketaren bitartez; espetxe-sistemaren izaera murriztailea abiapuntu hartuta, nola hala ondorioak arintzeko nahiz genero-zapalkuntzari kontra egiteko bideak jorratzea.

## 3. Ikerketaren muina

Lehenengo atalean esan bezala, une honetan bildutako informazioaren analisia egiten ari naiz, eta, horren erakusgarri, jarraian doktore-tesian elkarrizketatutako emakume baten kontakizunari helduko diogu: Marcelaren testigantzari, hain zuzen. Batetik, eta labur bada ere, espetxealdiak ekarri dizkion arazoak islatzen ahaleginduko naiz; eta, bestetik, horiei –neurri batean, bederen– aurre egiteko erabili dituen estrategietara gerturatzen saiatuko naiz. Baina, beste ezer baino lehen, Marcelaren esperientzia ulertzeko nahitaezkoak suertatzen diren iruzkin batzuk egingo ditut.

Hasteko, ohargarria da Marcela emakume atzerritarra dela eta Langraiz Okako kartzelara (Araba) iritsi zela aldez aurretik Euskal Herriarekin inolako kontakturik edo hartu-emanik izan gabe, hortaz, inolako sostengurik gabe. Nahiz eta ez dudan bere kasua zio horregatik hautatu, bere hitzen argitasuna eta zehaztasunagatik baizik, begietan izan behar dugu gizarte-errotzerik gabeko egoera batean egoteak dakarren guztia. Hainbat lanek (Ribas et al., 2005; Imaz eta Martín-Palomo, 2007) adierazi dutenez, jatorri atzerritarreko emakumeek zaurgarritasun handia bizi dute, gainordezkatuta daude espetxeetan[7] eta diskriminazio espezifikoak pairatzen dituzte, "nazionalak" ez izatearen ondorioz. Gehienetan, ez dute bisitarik jasotzen, ezta inolako laguntza ekonomikorik ere; maiz, gizarte-sustraitzea frogatzeko zailtasunak dituztenez, arazoak izan ohi dituzte baimenak, hirugarren gradua nahiz baldintzapeko askatasuna ere lortzeko; euren jatorrizko herriekin harremanetan jartzeko trabak ere aurkitu ohi dituzte, ordu-diferentzia ez delako kontuan hartzen, deien diru-kostu altua aintzat hartzen ez den bezalaxe; eta, hori guztia gutxi balitz bezala, asko egoera irregularrean daude, eta, kartzelatik irtetean, lurraldetik kanporatuak dira eta Schengengo Itunaren baitako edozein herrialdera[8] joateko debekua jasotzen dute, orokorki hamar urtekoa den epean. Horrelako egitateak kontuan izan behar ditugu Marcelaren istorioa behar bezala ulertzeko.

Era berean, elkarrizketatuari buruzko gutxieneko argibide batzuk ezagutzea komeni zaigu. Horrela, trazu orokor batzuk emanda, zehaztuko dut Marcela ekuadortarra dela eta, solasaldia egin genuenean, hogeita zortzi urte zituela. Azaldu zidanez, hemezortzi urte zituenean ikasketak uztea eta lanean hastea erabaki zuen, dirua aurreztu eta Madrilera bizitzera joateko. Halaxe egin zuen, baina prozesua ez zen batere erraza izan; bada, bere lehen hilabeteak Espainian zinez latzak izan ziren, inolako kontakturik ez izatearen ondorioz. Edonola, apurka-apurka bere egoera hobetzea lortu zuen; horretarako, enplegua aurkitzea funtsezkoa izan zela. Nagusiki, ostalaritzan egin zuen lan, baina bestelako zereginetan ere aritu zen. Eguneko ia ordu guztiak lanean ematen zituen eta ez zuen kasik harreman sozialik, Madrilen ezagututako bere neska-laguna salbu. Hogeita bost urte zituenean izan zen atxilotua eta espetxeratua, osasun publikoaren aurkako delitu bat egotzita; *mula*[9] bezala, Ekuadorretik Madrilera drogaz beteriko maleta garraiatzen atzeman baitzuten. Hasiera batean, bederatzi urteko espetxe-zigorra ezarri zioten, baina Kode Penalaren 2010eko erreforma eta gero[10], kondena zertxobait gutxitzea lortu zuen. Soto del

7 Hego Euskal Herriko kopuruak ez daude eskuragai, baina erreferentziaren bat ematearren, 2015eko otsailean Espainiako Estatuan emakumeen totalaren %30,42 zen atzerritarra (http://www.institucionpenitenciaria.es).

8 Gaur egun, Europako hogeita sei estatu daude Schengengo Itunean: Alemania, Austria, Belgika, Danimarka, Eslovakia, Eslovenia, Espainia, Estonia, Finlandia, Frantzia, Grezia, Herbehereak, Hungaria, Islandia, Italia, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxenburgo, Malta, Norvegia, Polonia, Portugal, Suedia, Suitza eta Txekiar Errepublika.

9 *Mula* edo *correo* izendatzen dira gorputzaren barruan edo ekipajean droga eramaten duten pertsonak. Asko emakumeak dira eta, normalean, garraiatzen duten droga-kopurua ez da oso handia.

10 2010 arte, osasun publikoaren aurkako delituak geroz eta zorrotzago zigortu zituzten. Baina, urte horretan, Europar Batasuneko herrietako joerekin bat egiteko asmoz, Kode Penalaren 368. artikulua aldatu zuten, kasu arinenen gehienezko espetxe-zigorra bederatzi urtetik seira gutxituta.

Realeko kartzelan (Madril) sartu zuten, eta, geroago, Langraiz Okara lekualdatu zuten. Elkarrizketaren unean, ia lau urtez itxialdian egon ondoren, baldintzapeko askatasunean zegoen. Bere kontakizunean xehetasun handiz azaldu zituen espetxean ekonomikoki bizirauteko erabili zituen estrategiak; une oro, nola edo hala "bizimodua ateratzen" dakiten horietakoa dela baieztatuta, baita inoren mende egotea gustuko ez dutenetakoa ere.

Marcelaren testigantzaren arabera, oso urduri eta izututa sartu zen kartzelan; ordura arte sekula ez zelako presondegi baten barruan egon eta ez zekielako zer gertatuko zen, ezta nola jokatu behar zuen ere. Pitin bat lasaitu zen beregana hurbildu zenean emakume hegoamerikarren talde bat; kideek harrera egin baitzioten, babesa eskainiz, aholkuak emanez eta orientatuz. Marcelak ez ditu "lagun" izendatzen; bai, ordea, *comadre*[11], haiek izan baitziren espetxearen funtzionamendua irakatsi ziotenak. Pixkanaka, ondo moldatzen ikasi zuen, eta, horrela, komeni zitzaionari buruzko erabakiak hartzen hasi zen, nola edo zeinekin hitz egin behar zuen jakinda. Esate baterako, enplegu bat eskuratzeko gai izan zen:

> *"Es que tienes que aprenderte a buscar la vida. En mi caso, yo necesitaba dinero... Yo veía que otras personas tenían dinero y decía "¿Cómo lo haces? Porque si no tienes familia, a ti no te ingresan dinero. ¿Cómo lo haces?". Me decían "Pues trabajando". (...) Los únicos trabajos que había entonces eran cocina, enfermería y una cosa que llaman Brigada, que es un grupo de mujeres que les dejan el permiso de salir fuera del módulo a limpiar lo que son ingresos, locutorios, vis-a-vises... Tienen esa libertad de poder moverse dentro de una cárcel. Pero les pagaban... vulgarmente, mal hablado, ¡una mierda! Y donde más se ganaba, y el más duro, era cocina. Yo decía "Vale, listo: yo quiero entrar a trabajar a cocina". Había una lista... que si tú veías la lista, decías "Pero, vamos a ver, ¿es la lista para entrar a trabajar o la lista que pasan todos los días contándonos?". "No, es la lista para entrar a trabajar" "Ah, vale, listo. O sea, ¿qué hay una lista de espera de dos años?". Digo "En dos años yo no voy a estar aquí... ¿Quién sabe?". Hice chanchullos... Venía el educador, yo le compraba el café. Venía el educador, yo le iba, le lloraba, le suplicaba… (...) Vi que eso no me funcionaba, porque pasaba el tiempo y yo seguía en las mismas. Entonces, yo dije "Vale, listo: voy a ver quién es la encargada de cocina". (...) En el módulo había la encargada interna, la encargada que trabajaba en cocina y que ella decía "Tú entras, tú no". Pues, yo me le pegué a ella como una lapa. Yo le compraba el café, le lavaba a ropa, le arreglaba el chabolo*[12]*... Lo que esa mujer pedía, yo lo hacía. (...) Estuve un mes así, dándole de todo. Yo dejaba de comprar una Coca Cola, para comprársela a ella. Era su chacha prácticamente, hasta que un día yo dije "Pues, vamos a ver, chica. No quiero ser tu chacha, no quiero ser tu perro faldero... Quiero que me des trabajo". Digo "Dame esa oportunidad de trabajar" y me dijo "Vale". Al día siguiente, yo ya estaba trabajando. Yo así me gané la vida."*[13]

Aipuak hainbat egitate azaleratzen ditu. Alde batetik, emakumeek presondegietan topatzen duten lan-egoera dugu. Izan ere, lanpostu bat lortzeko zailtasunak aipatzen ditu, oso gutxi egotearen kausaz; baita emakumeei eskaini ohi zaizkien lan-motak etxeko lanekin eta zaintzarekin loturikoak direla ere –hots, feminizatutakoak– eta soldatak oso txikiak direla. Azken urteotako datuen arabera, ordaindutako zereginetan dauden emakume presoen zenbatekoa gehiagotuz joan da, eta, horrela, egun, gizonen eta emakumeen enplegu-tasak antzekoak dira; baina desberdinkeriak ez dira amaitu, soldaten arteko aldea areagotu denez gero, emakumeak okerren ordaindutako lanak egitearen ondorioz (Viedma eta Frutos, 2012: 103), horiek, nagusiki, feminizaturikoak direla. Emakumeen enpleguen kasik hiru laurdenak espetxe-zerbitzuak dira, hala nola, sukaldaritza, okintza eta garbiketa; baita zeregin laguntzaileak ere, maiz, zehaztugabeak eta prestakuntzarik gabeak direnak (Espetxe Erakundeetako Idazkaritza Nagusia, 2009: 18).

Bestetik, kanpoko laguntzarik jasotzen ez dutenen egoera bereziki zaila adierazten dute Marcelaren hitzek. Bere kasuan, aintzat izan behar dugu emakume atzerritarra dela, eta, askoren moduan, urrun zuela bere sostengu- eta elkartasun-sarea, senide zein lagun gehienak Ekuadorren baitzituen. Madrilen, espetxeratua izan arteko bere bizilekuan, ez zuen ia adiskiderik; eta bere neska-lagunak, atxiloketaren berri izan eta gutxira, harremana uztea erabaki zuen. Euskal Herrian, irteteko lehenengo baimenak eta baldintzapeko askatasuna lortu zuen lurraldean, ez zuen inor ezagutzen, eta elkarte batengana jo behar

---

11 Hegoamerikan arrunki erabilitako kontzeptua da *comadre*, senideak ez diren emakumeen arteko lotura estua eta konfiantza adierazteko. Marcelaren kasuan, espetxeko elkartasun-kideak izendatzeko balio du.

12 Zelda.

13 Aipuetan jatorrizko hizkuntza mantentzea hautatu dut, Marcelaren izatea eta bere hitzak ahalik eta hobekien islatzeko.

izan zuen, nolabaiteko babesa izateko. Eskuarki, emakume presoek gizonek baino laguntza ekonomiko eta arreta eskasagoak jasotzen dituzte; eta, bisita gehiago izanda ere (García de Cortázar eta Gutiérrez, 2012: 152), neurri handiagoan galtzen dituzte beraien harreman sozialak, preso egoteagatik. Hortaz, gehienetan, emakumeek baliabide ekonomiko eta sozial gutxiago dituzte eta egoera larriagoan daude.

Marcelak, bere arazo ekonomikoak eta kanpoko laguntza-eza gainditzeko, bestelako diru-iturriak bilatu zituen, eta horiekin egokiro moldatzen ikasi zuen:

*"Y para vivir, porque a mí no me ingresaban dinero, yo tenía que trabajar, y yo trabajaba, pero también vendía cosas. Yo arreglaba televisores y vendía televisores, arreglaba radios, las vendía... (...) Vendía porros, vendía coca, vendía marihuana... Todo yo lo vendía. Lo que sea vendible, yo te lo vendía. ¡Aprendí! Cosa de la cual... Fue un sistema... un sistema de vida que tomé, porque... Me arriesgaba a cada momento, porque si me llegan a pillar con eso... ¡buah! Todo por lo que he luchado todo este tiempo, lo botaba a la basura. Pero es que no tenía otra. Si quieres vivir y tener dinero, para sobrevivir, tienes que hacerlo. Allá adentro, las gitanas, su sistema de vida es... Tienen a sus familias afuera, no sé lo que hacen afuera, y les entran ropa y ellas venden su ropa. Me parece fenomenal. Pero a mí no me ingresaba nadie nada. Yo estaba sola y yo tenía que buscarme la vida. Yo vendía eso, vendía droga. De no saber cómo... cómo se mira, cómo se huele, cómo se sabe si es harina, azúcar o droga... tener que aprender. (...) Eso fue lo que yo hice en la cárcel."*

Marcelak drogak saldu zituen, baita bere marrazkiekin apaindutako gutun-azalak eta orrialdeak ere, telebisten eta irratien konponketak kobratu zituen, etab. Azken finean, eskura izandako oro egin zuen gauza materialak lortzeko eta ekonomikoki bizirauteko. Prozesuan zehar, adi egon zen eta trebetasun berriak garatu zituen. Era berean, modu zehatzean negoziatzen nahiz jokatzen ikasi zuen, debekatuta zeuden bere ekintzen balizko arazoak ekiditeko:

*"Uno tiene que contactar con personas. Para vender, tienes que salir del módulo. Yo, como trabajaba en cocina, me era más fácil. Entonces, contacté con un chico de un módulo y... supuestamente, éramos novios. Ante los ojos de los demás, novios. Me tocaba besarme con ese hombre, cosa que me daba un asco... ¡puf! Pero él me pasaba lo que eran las huevas de chocolate*[14]*. (...) Yo iba al módulo y la vendía. Obvio, no vas a decir "Toma, dame", porque no se puede. Sino que yo las guardaba hasta cuando yo decía... ¡Veía! Tú tienes que saber ver a las personas a las cuales les puedes vender y a cuáles no. Todo el mundo consume. ¡Todas! Entonces... Pero no todas te pagan. Entonces, tú tienes que saber ver quién te puede pagar y quién se puede quedar callado. No es lo mismo que a ti te paguen, y cojan y vayan a la garita: "Mira, ella me vendió esto". No es lo mismo. Entonces, tienes que aprender a hacer eso. Cuando ya más o menos crees que lo tienes controlado, vas y lo vendes. (...) ¿Qué es lo que haces? Una [hueva] la vendes entera y la otra la cortas. La entera es para una persona en concreto que sabes que es fiel, como quien dice. Y las posturas*[15]*, pues a yonquis, a personas... normales, ¡a todo el mundo! ¿Y tú qué es lo que haces? Miras lo que tú necesitas. ¿Quieres dinero o quieres productos para ti? Vale, listo: con la entera, quiero dinero. Me lo depositan en la calle, lo tengo en el peculio*[16] *a los tres días. A los tres días, cojo y te la doy. Y con las posturas, vale, listo: necesito tarjetas para llamar, necesito tabaco, necesito... yo qué sé... champú, gel, desodorante, comida... Entonces, tú vas, me compras y yo te la doy. No es que yo te la doy y me la compras, porque siempre te van a engañar. Entonces, tú muestras "Mira, ve, yo la tengo. Cómprame lo que necesito". Tú coges, le das una lista, y van al economato, la compran, te la traen a ti, y tú se la das. Así es como tú ganas dinero allí dentro."*

Antzeman daitekeenez, Marcela zailtasun ekonomikoei aurre egiteko eta bizirauteko gai izan zen; behatuz, erne ibiliz eta espetxeko testuingurura moldatzen ikasiz. Irispidean zituen aukerak baloratu zituen, egokienak iruditu zitzaizkionak hautatuta, edo, bederen, okerrenak begitandu ez zitzaizkionak. Zalantzarik gabe, arriskatu egin zen, baina bere xede nagusia izan zen kartzelan bizirauteko baliabide ekonomikoak kosta ahala kosta lortzea; oso argi baitzuen ez zuela inolako kanpo-laguntzarik jasoko eta espetxeko aukerak zinez eskasak zirela. Alabaina, begi-bistakoa da emakumezko preso guztiak ez daudela horrela bizirauteko prest. Itxialdian jasandako diskriminazioak eta desberdinkeriak, hartutako erabakiak eta onartutako arriskuak atxiloaren nolakotasunaren araberakoak dira, murruetatik kanpo gertatzen den bezalaxe.

---

14 Gizon horrek ematen zizkion haxix-kopuruez ari da.

15 Haxix-zati txikiez ari da.

16 Presondegietan ezin da diru arrunta erabili. Horren ordez, erosketak egiteko txartel berezia dute; diru-sartzea "pekulio" deituriko kontuan egin behar dutela.

## 4. Ondorioak

Marcelaren kontakizunetik hautatutako pasarteetan, emakumeek presondegietan pairatu ohi dituzten genero-diskriminazioetako batzuen berri izan dugu; eta, era berean, horiek atzerritarra izatearen ondoriozko bereizkeriekin nola korapilatzen diren ikusi ahal izan dugu, nahiko laburki eta hurbilpen moduan izan bada ere. Bestalde, arazo eta zailtasun horiei guztiei –neurri batean, behintzat– aurre egiteko bere berariazko ekintzak islatu ditugu. Hortaz, Marcelaren hitzek espetxeko desberdinkeriak jaso dituzte, bere egite- eta eraldaketa-gaitasunekin batera. Horrela, ikuspuntu biktimizatzaileak alboratuta, adierazi dugu desabantailei aurre emateko kartzelatutako emakumeek erresistentzia-praktikak eta estrategiak gauzatzen dituztela. Jendartearen gehienak uste duenaren aurka, emakume atxiloek euren egoeraren inguruan hausnartzen dute, gertatzen zaiena aztertzen eta ulertzen dute, gaitasun berriak ikastearekin zein betetzearekin batean; itxialdiaren eta askatasun-gabetzearen ondorioak hala nola aldatuta, edo, gutxienez, arinduta. Arestian esan bezala, presondegietako mugak egiazkoak dira, eta, zalantzarik gabe, ez dira nolanahikoak, gure gizarteko testuinguru murriztaileenetako bat baita –murriztaileena ez bada–. Ezinbestekoa da genero-diskriminazioak erakustea eta salatzea, baita horien aurrean emakume presoak geldirik ez daudela azaleratzea ere, eta nola edo hala euren egoera hobetzeko saialdiak burutzen dituztela jakitea. Erresistentziarako aukera presente dago beti; anitzak, dinamikoak eta sortzaileak diren estrategien eta praktiken bidez. Marko okerrenetan ere, hantxe dago agentzia.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Esan bezala, artikulu honetan jasotakoak egiten ari naizen doktore-tesiko zertzelada orokor batzuk izan dira. Beraz, amaitu gabeko ikerlana denez, planteatutako norabidea ikergaian sakontzea da. Lanean jarraituko dut, Euskal Herrian kokatutako presondegietan gertatzen diren diskriminazioetan barrenduta, azken urteotako aldakuntzak miran; eta, halaber, giltzapetutako emakumeen agentzian murgilduta, haien ekintza- eta eraldaketa-ahalmenei buruzko hutsunea gainditzeko asmotan. Urratsez urrats, espetxe-sistemaren bidegabekerien inguruko ezagupena areagotu nahi dut eta ekarpenen bat egin emakume preso sozialei buruzko bestelako ikuspegien hedapenean; betiere, errespetua, aintzatespena zein elkartasuna oinarri hartuta, baita ñabardurei helduta ere. Ardatz dut aktore sozialak euren bizitzen funtsezko protagonistak direla, nahiz eta, batzuetan, ekintzarako eta eraldaketarako aukerak gutxiagotzen dituzten testuinguruetan egon.

## 6. Erreferentziak

Aebi, M.; Delgrande, N. (2013): *Council of Europe Annual Penal Statistics SPACE I*, University of Lausanne, Suitza.

Almeda, E. (2003): *Mujeres encarceladas*, Ariel, Bartzelona.

Arbelaitz, M.; Bengoetxea, E.; Méijome, A.; Ruiz, M.; Vara, L. (2012): *Mujeres ex-presas: vulnerabilidad y autonomía*, argitaratu gabeko ikerlana.

Bhavnani, K.; Davis, A. (2007 [1996]): Mujeres presas, estrategias de transformación, in B. Biglia eta C. San Martín (koord.), *Estado de Wonderbra. Entretejiendo narraciones feministas sobre las violencias de género*, Virus, Bartzelona, 197-215.

Bosworth, M. (1999): *Engendering Resistance: Agency and Power in Women's Prisons*, Ashgate, Aldershot.

Davis, N.; Faith, K. (2002): Las Mujeres y el Estado: modelos de control social en transformación, *CODHEM*, 26, 90-102.

Del Val, C.; Viedma, A. (2012): *Condenadas a la desigualdad. Sistema de indicadores de discriminación penitenciaria*, Icaria, Bartzelona.

Espetxe Erakundeetako Idazkaritza Nagusia (2009): *Programa de Acciones para la Igualdad entre Mujeres y Hombres en el ámbito penitenciario*, Barne-arazoetako Ministerioa, Madril.

García de Cortázar, M.; Gutiérrez, J. (2012): Relaciones en prisión, in C. del Val eta A. Viedma (arg.), *Condenadas a la desigualdad. Sistema de indicadores de discriminación penitenciaria*, Icaria, Bartzelona, 143-171.

Herrera, M. (1993): Mujeres y prisión, *Cuadernos de política criminal*, 49, 339-354.

Imaz, E.; Martín-Palomo, T. (2007): Las otras otras: extranjeras y gitanas en las cárceles españolas, in B. Biglia eta C. San Martín (koord.), *Estado de Wonderbra. Entretejiendo narraciones feministas sobre las violencias de género*, Virus, Bartzelona, 217-227.

Juliano, D. (2004): *Excluidas y marginales. Una aproximación antropológica*, Cátedra, Madril.

——————— , (2009): Delito y pecado. La transgresión en femenino, *Política y Sociedad*, 46: 1-2, 79-95.

——————— , (2011): *Presunción de inocencia. Riesgo, delito y pecado en femenino*, Gakoa, Donostia.

Nari, M.; Fabre, A. (2000): *Voces de mujeres encarceladas*, Catálogos, Buenos Aires.

Ortner, S. B. (2006): *Anthropology and Social Theory. Culture, Power, and the Acting Subject*, Duke University Press, Durham.

Ribas, N.; Almeda, E.; Bodelón, E. (2005): *Rastreando lo invisible. Mujeres extranjeras en las cárceles*, Anthropos, Bartzelona.

Viedma, A.; Frutos, L. (2012): El trabajo en prisión: observando las desigualdades de género, in C. del Val eta A. Viedma (arg.), *Condenadas a la desigualdad. Sistema de indicadores de discriminación penitenciaria*, Icaria, Bartzelona, 87-108.

Walmsley, R. (2012): *World Female Imprisonment List*, ICPS Espetxe Ikerketen Nazioarteko Zentroa, Londres.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Artikulu honetan aipatutako doktore-tesia, *Kartzela genero-erakundea: emakume presoen bizipenak, erresistentziak eta estrategiak*, Mari Luz Estebanen zuzendaritzapean egiten ari naiz; Eusko Jaurlaritzaren doktoretza-aurreko programako beka baten bitartez (2013-) eta AFIT Antropologia Feminista Ikerketa Taldearen baitan.

- Doktore-tesiaren abiapuntu den ikerlana, *Emakume preso ohiak: hauskortasuna eta autonomia* (*Mujeres ex-presas: vulnerabilidad y autonomía*, 2012), talde-lana izan zen, eta nire kideak honakoak izan ziren: Alma Méijome, Edurne Bengoetxea, Laura Vara eta Miren Arbelaitz. Emakunde ikerketa-beka (2011) baten bidez burutu genuen.

# EAEko alderdi politikoen hizkuntza politikak eta hizkuntza ideologiak 1980-2012

Goirigolzarri Garaizar, J.
*Deustuko Unibertsitatea*
*jone.goirigolzarri@deusto.es*

***Laburpena***

Euskara eta gaztelaniaren arteko bizikidetza linguistikoaren auzia bizi-bizirik dago Euskal Autonomia Erkidegoko (EAE) eztabaida politikoan. Ezbai-gune zentralak bi dira: batetik, hizkuntzok gizarte mailan bete beharreko funtzioak eta, bestetik, berau egikaritzeko moduak. Eztabaidaren oinarriak ezagutu ahal izateko alderdi politikoen leku-hartze linguistikoen azterketa burutu da. Horretarako, hizkuntzen gaineko alderdien proposamen politikoak eta ikusmolde ideologikoen ikerketa bateratua bideratu da. Artikulu honetan EAEko bost familia politikoen 1980-2012 arteko EAEko Legebiltzarrerako hauteskunde programen eduki azterketaren diseinua eta zenbait emaitza laburtzen dira.

Hitz gakoak: Euskal Autonomia Erkidegoa, alderdi politikoak, hizkuntza politikak, hizkuntza ideologiak.

***Abstract***

*The debate on the coexistence between Basque and Spanish language is heated in the political arena of Basque Autonomous Community (BAC). The central area of discussion is twofold: on the one hand, the social functions that these languages should fulfill, and in the other hand the way to attain the desired scenario. A research on the BAC's political parties' language emplacement has been conducted in order to approach the foundation of the debate: more precisely, a combined analysis on their language policies and language ideologies. This paper puts forward a summary of the research made on the content analysis of the five political families' regional manifestos for Basque Parliament between 1980 and 2012.*

*Keywords: Basque Autonomous Community, Political parties, language policies, language ideologies.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Hizkuntzak gizartekideen mintzoak bizi ditu. Halaber, estatuek maila linguistikoan hartzen dituzten erabakiek hizkuntzen gizarte erabilera baldintzatu dezakete. Estatuek esparru publikoan erabiliko diren hizkuntzak hautatu ohi dituzte -herri administrazioan, hezkuntza sisteman, komunikabide publikoetan, etab.- eta epe ertain luzean esparru pribatuko gizarte zibil antolatuaren eta herritarren jokabide eta ideologia linguistikoetan ere eragin dezakete.

Euskara eta gaztelaniaren arteko bizikidetza linguistikoaren auzia bizi-bizirik dago EAEko eztabaida eta jardun politikoan; alderdi politikoen arteko jarrera eta ikuspegi politiko ideologiko desberdinak agerian utziz. Eztabaida-gune zentralak bi dira: batetik, hizkuntzok gizarte mailan izan beharreko tokia eta, bestetik, berau egikaritzeko modua. Azken aldian gainera, historikoki lurraldeotan berba egin diren mintzairoz aparte, herrialdeen arteko hartu-emanak ugaritu ahala, atzerriko hizkuntzek beraiek ere goranzko presentzia bereganatu dute politikoen saio eta mintzoan; bereziki ingelesarenak, bere *lingua franca* estatusak bultzatuta, baina baita etorkin komunitateek beraiekin ekarritako aniztasun linguistikoak ere.

Plangintza linguistikoa zehaztu edota bertan eragiteko ahalmena duten alderdi politikoen leku-hartze linguistikoak ezagutzeak berebiziko interesa dauka egungo eta etorkizuneko elkarbizitza linguistikoaren nondik norakoak ezagutu eta ahal den neurrian aurreikusteko. Artikulu honetan, EAEko alderdi politikoen leku-hartze linguistikoak galdegai izan dituen doktorego tesia aurkeztu nahia da, hain zuzen, ikerketaren diseinua eta emaitza nagusiak.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

EAEko alderdi politikoen leku-hartze linguistikoak modu integral eta osoan aztertu nahi badira, hizkuntzen gaineko alderdien proposamen politikoak eta ikusmolde ideologikoak biak zehaztea komeni da. Doktorego tesian ikuspegi global hori landu nahi izan da eta, hortaz, bi aldeak izan dira aztergai: hizkuntza politika eta hizkuntza ideologia. Hizkuntza politikak lurralde bateko hizkuntza bizikidetza antolatzeko bideratzen diren mintzairen gaineko ekimen politikoak dira; hizkuntza ideologiak, berriz, hizkuntzen inguruko sinesmen, ideia, jarrera eta balioak.

Ikerketak bi helburu orokor izan ditu. Lehenengo helburu orokorra EAEko alderdi politikoek proposagai dituzten hizkuntza politika ekimenak eta alderdiek hizkuntzen gainean dituzten sinesmen, ideia, balio eta jarrerak aztertzea izan da; eta bertatik hizkuntza politika eta hizkuntza ideologia ereduak identifikatzea, betiere alderdi politikoen arteko ikuspegi konparatiboa aintzat hartuta. Era berean, alderdi politikoen hizkuntza politikaren eta hizkuntza ideologiaren artean jarraipenik dagoen ere aztertu nahi izan da. Hau da, hizkuntza politika eredu baten alde egiteak hizkuntza ideologia ikuspegi bat hobestea dakarren ezagutzea; eta, alderantziz, hizkuntza ideologia eredu bat agertzeak hizkuntza politika jakin bat lehenestea ekarriko duen. Hortaz, ikerketaren bigarren helburu orokorra EAEko alderdi politikoen hizkuntza politika eta hizkuntza ideologia planteamenduen arteko lotura eta bere zer-nolakoa aztertzea izan da.

Bi helburu orokor hauetatik abiatuta eta EAEko errealitate politiko linguistikoa aintzat hartuta zein soziolinguistikaren eztabaida teorikoan zentralak diren gaiak abiapuntutzat jota, bederatzi helburu zehatz planteatu dira. Helburu hauek hiru taldetan sailkatu dira: lehenengo taldean, *hizkuntza politikari* bideratutako helburuak aurkitzen dira; bigarrenean, *hizkuntza ideologiari* egindakoak eta, hirugarrenean, *hizkuntza politika eta hizkuntza ideologia uztartzen* dituztenak.

Hizkuntza politikari zuzendutako helburu zehatzak honakoak dira:

- EAEko alderdi politikoek proposagai dituzten politika ekimenetan ageri diren euskara eta gaztelaniaren ofizialtasun eta euskararen normalizazio mailak identifikatzea.
- EAEko alderdi politikoek euskara eta gaztelaniaren arteko bizikidetza linguistikoa kudeatzeko agertzen dituzten ereduak azalaraztea.
- EAEko alderdi politikoek etorkinei bideratutako politika ekimenen izaera aintzat hartuta, ekimenok hizkuntza politika erregimen batean lekutzea.
- EAEko alderdi politikoek atzerriko hizkuntzei edo ingelesari bideratutako hizkuntza politika ekimenek zenbateko trinkotasun eta barreiadura maila duten identifikatzea.

Hizkuntza ideologiari zuzendutako helburu zehatzak hurrengoak dira:

- EAEko alderdi politikoek hizkuntza gutxituen eskubideei eskaintzen dien tratamendua aztertzea.
- EAEko alderdi politikoek historikoki lurraldean hitz egiten diren hizkuntza guztiei estatus berbera ala bereizia atxikitzen dien ezagutzea.
- EAEko alderdi politikoek nazioarterako desiratzen duten errealitate linguistikoa nolakoa den ikertzea.

Hizkuntza politika eta hizkuntza ideologiaren arteko lotura uztartzen duten helburu zehatzak hauek dira:

- Nazio-estatu eta hizkuntza gutxituen eskubideen gaineko ideologiek EAEko alderdi politikoen diskurtsoan presentzia duten jakitea eta alderdi politikoen hizkuntza politika aditzeko duten azalpen indarra ezagutzea.
- EAEko alderdi politikoen hizkuntza politikaren eta hizkuntza ideologiaren arteko loturaren zer-nolakoa aztertzea.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1. Ikerketaren zedarritzea

Doktorego tesian azterketa subjektu moduan bost alderdi politiko hautatu dira: EAJ, Ezker Abertzalea, PSE-EE, PP eta Ezker Anitza. Alderdi politikook aukeratzearen arrazoiak bi izan dira. Lehenengoa, bostak bilduta EAEko zatiketa ideologikoaren bi ardatz nagusietan - dimentsio sozioekonomikoa: ezkerra vs. eskuma eta dimentsio nazionalista: autodeterminazio eskubidearen aldekoak vs. kontrakoak- kokatze guztiak batzen dituztela. Bigarrena, 80 hamarkadaz geroztik EAEko alderdi sistemaren parte izanik ikuspegi diakronikoa aintzat hartuta jarduteko aukera ematen dutela.

Bestalde, lan honetan alderdi politikoen hizkuntza politikak eta hizkuntza ideologiak diskurtso mailan landu dira, ez ekintza mailan. Hala, azterketa dokumentu moduan EAEko hauteskunde programak aukeratu dira. Izan ere, hauteskunde programek politika ekimenak eta adierazpen ideologikoak modu uztartuan lantzen dituzte. Gainera, politika alor desberdinen gainean alderdien planteamendu orokor eta orohartzailea agertzen dute eta hauteskundeak aldian-aldian ospatzen direnez denboran zeharreko ikuspegia aintzat hartzeko aukera ematen du. Aldi berean, Eusko Legebiltzarrera aurkezten diren alderdi politiko guztiek hauteskunde programak aurkeztu ohi dituzte eta, beraz, alderdien arteko konparaketak egitea ahalbidetzen dute.

Horrela, lan honen ikergaia modu honetan zedarrituta geratzen da: EAEko alderdi politiko nagusien hizkuntza politika eta hizkuntza ideologien azterketa 1980 eta 2012 urteen arteko Eusko Legebiltzarreko hauteskunde programetan.

### 3.2. Ikerketaren metodologia

Alderdi politikoen hizkuntza politikak eta hizkuntza ideologiak maila diskurtsiboan lantzeko eduki azterketa teknika erabili da. Eduki azterketaren xedea testu edo mezuen inferentzia baliozkoak eta errepikagarriak egitea da (Krippendorf, 2004). Ikerketa lan honetan erabilitako eduki azterketa proiektu honetarako apropos diseinatu da, *Manifesto Project* eta *Regional Manifestos Project*-en metodologia oinarri hartuta. Zehazki, garatutakoa eduki azterketa kuantitatiboa da, zeinetan hizkuntzei buruz diharduen hauteskunde programen testu osoa esaldi-muin deritzon kodifikazio-unitateetan banatzen den eta unitateetako bakoitzari aurretiaz diseinatutako kode-sistema bat atxikitzen zaion, kodifikazio prozesuaren amaierarako datu-base bat eraikiz.

Kode-sistema ikerketa objektu diren hizkuntza politika eta hizkuntza ideologia aldagai teorikoen operazionalizazio prozesuaren fruitu da. Operazionalizazio prozesua bikoitza izan da. Lehenengo operazionalizazio prozesuan, hizkuntza politika eta hizkuntza ideologia aldagai teorikoak euren ordezkagarri diren ikerketa aldagai sinple eta osagarrietan eraldatu dira. Bigarren operazionalizazio prozesuan, ikerketa aldagaiak kategoria edo kode zerrendetan transformatu dira.

Kode-sistema eraikitzerakoan alderdi politikoek hizkuntzez esateko duten guztia batu nahi izan da. Horrela, esaldi-muinak hizkuntza politika ekimenaren ala adierazpen ideologikoaren gainean eskaintzen duen eduki zehatzaz gainera, edukia zuzendua dagoen mintzaira, politika esparrua, onuraduna, etab. be batu dira. Horrek aldagai anitzeko eta aldibereko kodifikazio-sistema eraikitzea exijitu du. Alegia, esaldi-muin bakoitzak kode gainjarriak bereganatzea. Kodifikazio-sistema honek testu unitate bakoitzak eskaintzeko duen informazioa modu sakonean biltzea ahalbidetu du.

Nabarmentzekoa da, datuen ustiaketaren oinarria kuantitatiboa izan den arren, azterketak atal kualitatiboa ere izan duela. Hain zuzen, datu kuantitatiboak hauteskunde programen irakurketa sakonetik ateratako datu kualitatiboekin uztartuta landu dira.

## 4. Ondorioak

Ikerketa honek aditzera eman du, aztergai diren EAEko alderdi politikoek hizkuntzen gaineko diskurtso politiko eta ideologiko desberdinak dituztela. Gainera, alderdi politiko bakoitzak gai

desberdinei eskaintzen die zentralitatea beraien diskurtso linguistikoan: EAJren diskurtsoaren muina euskararen normalizazioa aurrera eramateko ekimenek izan dute. Ezker Abertzaleak, ostera, diskurtsoaren ia osotasuna euskararen Euskal Herriko egoera gutxitua gaitzesteari eta bere normalizazioa bideratzeko neurri aurrerakoiei bideratu die. PSE-EEk, euskara eta gaztelania oinarri hartuta, gatazka eta alderdikeria linguistikoa gainditu eta bizikidetza linguistikoan sakontzeko nahia gailendu ditu maila ideologikoan, eta politikoan, egungo euskararen hizkuntza politikak eragindako hizkuntza eskubide urraketak gaitzetsi eta politikok ebaluatu eta erreformatzeko beharra agertu ditu. Halaber, 2005az geroztik, ingelesaren ikaskuntzari ere protagonismo handia eskaini dio. Bestalde, PPk hizkuntzen gainean EAEn nagusi den alderdikeria gaitzesteari, gaztelania hiztunen hizkuntza eskubideak aldarrikatzeari eta euskara eskakizunak murrizteko neurriei eskaini die zentralitatea. Amaitzeko, Ezker Anitzak estatuko eskualdeko hizkuntzen biziberritzeari tarte esanguratsua egin die, eta euskara eta gaztelaniaren kasuan, herritarren hizkuntza eskubideak bermatu eta koofizialtasuna benetako bihurtzeko politika neurriak lehenetsi ditu.

Hurrengo lerroetan, doktorego tesiaren helburu zehatzen emaitza nagusiak laburbilduko ditugu. Bederatzi helburu zehatzetatik bosti bakarrik erantzungo diegu, artikuluaren espazio mugak direla eta. Aukeratutakoak hizkuntza ofizialak oinarri dituzten helburu zehatzak dira.

- Ofizialtasun eta normalizazio mailak:

Lehenengo helburu zehatzari erantzunez, EAEko alderdi politikoek proposagai dituzten politika ekimenetan ofizialtasun maila desberdinak ageri dira euskara eta gaztelaniarentzako eta normalizazio maila desberdinak euskararentzako.

Hizkuntza bat ofiziala da botere publikoek beraien barnean, beraien artean eta subjektu pribatuekin harremantzeko komunikazio bide ohiko jotzen badute, baliozkotasun eta efektu juridiko guztiekin (Konstituzio Auzitegia, 82/1986 Sententzia). Euskara botere publikoen komunikazio hizkuntza bilakatzeko bidea egiteke dago. Hori horrela, PPk eta PSE-EEk ez dute bidea beregain hartzen, euskararen ofizialtasuna egingarri bihurtzeko neurri politiko nahikorik ez baitute proposatzen. Ondorioz, gaztelaniari euskarari baino ofizialtasun praktiko handiagoa eskaintzen die. Ezker Anitzak euskara eta gaztelaniaren arteko ofizialtasun parekidea botere publikoen eta herritarren arteko komunikazioan bideragarri egiteko neurriak ditu proposagai. Berriz, EAJk euskara eta gaztelaniaren arteko koofizialtasun osoa bilatzen du bere politika neurrietan, hau da, botere publikoen barne eta kanpo funtzionamenduan bi hizkuntza ofizialak maila berean erabiliak izatea. Ezker Abertzaleak, ostera, euskararen aldeko diglosia funtzionala proposatzen du bere gutxitu egoera gainditzeko modu bakarra delakoan. Horrela, maila praktikoan, euskara gaztelania baino hizkuntza ofizialagoa bihurtzen du.

Hizkuntza normalizazioa desabantaila edo gutxitu posizioan dagoen mintzaira ala hizkuntza aldaera baten egoera soziolinguistikoa hobetzea da, horretarako gizarte esparru anitzetan ekimen sustatzaile sendoak bideratuz. Ikerketak aditzera eman digu, aztergai diren alderdi politikoen artean badirela euskararen normalizazio prozesuaren baitan kokatzen direnak eta prozesutik kanpo lekutzen direnak. Bigarren horixe da PPren kasua eta, neurri txikiagoan, PSE-EErena. Bi alderdiok ez dute hizkuntza baten normalizaziorako funtsezkoak diren esparru askotan sustapen neurri konkreturik proposatu. Areago, PPk euskararentzako neurri aktiboen ordez indarrean dauden sustapen bideen kritika gogorra burutu du, diskriminatzaile eta baztertzaile direlakoan, eta sustapen neurri alternatiborik ez du proposatu. PSE-EEk ez dio uko egiten botere publikoen esku-hartzeari eta euskararen aldeko sustapen neurriak bai proposatu ditu, baina ez normalizazioa egingarri bihurtzeko nahikoak. Gainera bideratutako ekimenetatik asko zehaztasun gutxikoak dira. Horren adibide dira, euskara babesteko nahia agertzen duten ekimen gabeko baieztapenak. Era berean, aipatu beharrekoa da, PSE-EEk euskararen aldeko ekintza positiboak gaitzetsi egiten dituela. Berriz, EAJ, Ezker Abertzalea eta Ezker Anitza euskararen normalizazio bidean murgilduta daude nahiz eta maila desberdinetan. EAJk euskararen erabilera gizarte alor guztietara zabaldu nahi du eta, horretarako, esparru gehientsuenetarako sustapen neurriak proposatzen ditu. Ezker abertzaleak ekimen aniztasun txikiagoa agertzen du, baina EAJrenak baino erabagigarritasun eta hedagarritasun maila

handiagokoak. Esaterako, euskararen ikaskuntza unibertsal bihurtzea edota indarrean dagoen hizkuntza legedia aldatzea euskararen normalizazioari mugak ezartzen dizkiolakoan. Ezker Anitzak euskararentzako politika ekimenen gehiengoa esparru publikoarekin lotutako arloetan zentratu du. Horregatik, pentsatzekoa da, Ezker Anitzak euskarari zuzendutako hizkuntza politika gizarte esparru guztietan euskararen erabilera bermatzera baino ofizialtasun erregimen zabal bat egikaritzera bideratuago dagoela.

- Hizkuntza eskubideen trataera:

EAEko alderdi politiko guztiek hizkuntza eskubideak aldarrikatzen dituzte, baina eskubideok ulertzeko modua eta eskubideoi emandako tratamendua desberdina da. Egitez, alderdien hizkuntza eskubide aldarrikapenen atzean helburu desberdinak daude. Ezker Abertzaleak herritarrei euskaraz jarduteko eskubidea bermatu nahi die eta, aldi berean, euskara maila juridikoan eta sozialean gaztelania eta frantsesarekin berdindu gura du. Gainontzeko alderdiek hizkuntza eskubideei eskatzen diena herritarrek euskara eta gaztelaniaren artean aukeratzeko askatasuna izatea da. Halaber, PP eta PSE-EEren kasuan euskal hiztunei aitortutako hizkuntza eskubideak maila teorikora mugatzen direla esan daiteke, eskubideok egikaritzeko ezartzen dituzten mugak oso zorrotzak direlako. Aipagarrienetakoa, langileria publikoari euskararen ezagutza ezin exijitu ahal izatea. Egitez, PSE-EEk eta PPk herritarren hizkuntza aukera askatasuna bermatzeari baino tarte handiagoa eskaini die indarrean dagoen euskararen hizkuntza politikek gaztelania hiztunei eragiten dizkien bazterketa eta inposaketa egoerak gaitzesteari. Horrela, bi alderdiok tradizionalki hizkuntza gutxituekin lotu diren eskubideak iraultzera heldu dira, hizkuntza eskubideon beharrizanean dagoena mintzaira nagusiko hiztuna, gaztelaniaduna dela defendatuz.

- Bizikidetza linguistiko ereduak:

Lurralde batean mintzaira bat baino gehiago hitz egiteak hizkuntzen aldi bereko existentzia antolatzeko beharra nahitaez dakar. Halaber, izate bateratua kudeatzeko moduak eta gizarterako desiratzen diren errealitate linguistikoak ugariak izan daitezke. Atal honetan EAEko alderdi politiko bakoitzak etorkizunari begira EAErako errealitate linguistiko desberdinak desiratzen dituztela erakutsiko da. Ezker Abertzaleak bi errealitate linguistiko ideal irudikatu ditu etorkizunerako: lehenengoa, herritar eleanizdunez osatutako Euskal Herri euskalduna eta, bigarrena, euskarak, gaztelaniak eta frantsesak osatutako Euskal Herri eleanitz berdinzalea. Bestalde, EAJk, Ezker Anitzak eta PSE-EEk elebitasunaren aldeko hautua egin dute. EAJk eta Ezker Anitzak elebitasun erreala desio dute, non euskara eta gaztelaniaren ezagutza eta erabilera orokortua izango den. Ostera, PSE-EE euskararen ezagutza orokortuz joatearen alde agertzen den arren, herritarrek euskara gogoz kontra ikastea ez du nahi; eta ondorioz, elebitasun mota herritarren borondatearen esku uzten du, elebitasun diglosiko zein faltsuari bidea zabalduz. PPk ez du orokorrean errealitate linguistiko desiragarria hizpide izan. Birritan elebitasun naturalaren alde agertu izan da. Naturalaren inguruan zehaztapenik ematen ez duen arren, pentsatzekoa da gizarteak bere eguneroko jardunean esku hartu barik eraikitako elebitasuna gura izatea PPk; orain arteko joerak mantenduz gero, elebitasun faltsua litzatekeena.

- Lurraldeko hizkuntzei eskainitako estatusa:

Euskal testuingurua eleanitza da bere mugen baitan hizkuntza desberdinak hartzen dutelako aterpe. Egoera eleanitz horrek mintzaira batzuekiko eta besteekiko lotura diferenteak ezartzeko bidea zabaltzen du, hau da, mintzaira batzuei eta besteei balio desberdinak atxikitzekoa. EAEko alderdi politikoen kasuan horrela gertatzen da. EAJk, Ezker Abertzaleak eta Ezker Anitzak euskal lurraldean euskarari estatus berezia edo bereiztua eskaintzen dien bitartean, PSE-EEk eta PPk euskara gaztelaniarekin parekatzen dute. Gainera, lehen hiru alderdiek euskararen estatus bereiztua Euskal Herrira zabaldu dute; alegia, euskara Euskal Herriko berezko hizkuntza, ondare kultural eta identitate zeinu moduan onartzen dute. PSE-EEk eta PPk, ostera, Euskal Herria ez dute buruan hartzen eta PPk euskara eta euskal kultura Espainiar Estatuaren parte jo izan ditu. Bestalde, Ezker Anitzak euskarak euskaldunentzako duen estatus berezia onartu eta Euskal Herriaren aitorpena burutzen duen era berean, euskara, euskal kultura eta Euskal Herria

Espainiar eta Frantziar Estatuen baitan kokatzen ditu. Horrela, Espainiar Estatua erreferentzia moduan hartzerakoan euskara testuinguru eleanitzeko hizkuntzetako bat izatera pasatzen da.

- Nazio-estatu eta hizkuntza gutxituen eskubideak hizkuntza politikan:

EAEko alderdi politikoen hizkuntza politiken eta alderdiok hizkuntza eskubideei emandako tratamenduaren atzean nazio-estatu eraikuntza proiektu desberdinak ostentzen direla baieztatu daiteke. EAJren kasuan erro etniko-kulturaleko nazionalismoa agerikoa da. Alderdiak euskarari modu esklusiboan Euskal Herriko berezko hizkuntza, ondare kultural bereizgarri eta funtsezko identitate zeinu estatusa atxikitzen dizkio eta horrek euskal hiztunen euskaraz jarduteko eskubidea aitortu eta egikaritzera darama, baita euskararen normalizazioarekin konpromiso erabatekoa agertzera ere, hizkuntza politika aktibo eta orobiltzailea proposatuz. Ezker Abertzalearen kasuan be, euskal nazionalismoa begi-bistakoa da, baina EAJrenagandik erabat desberdina. Ezker Abertzalearentzako euskarak balio identitarioa izateaz gainera balio instrumentala ere badu; hain zuzen, alderdiak xede duen nazio-estatuaren nazio hizkuntza izatea. Horrela, Ezker Abertzaleak hizkuntza politika osoa bere nazio-estatu proiektuaren eraikuntzara bideratu du. Guzti horrek hizkuntza eskubideak ulertzeko moduan ere badu eragina: euskara Euskal Herriko berezko hizkuntza nazionala izanik, euskal hiztun komunitatea gorengo hizkuntza eskubideen jasotzailea da eta euskara ikastea gaztelania hiztun elebakarrei exijitu beharrekoa.

Ezker Anitzaren proiektu nazionala bestelakoa da. Alderdiaren nahia Estatu Federal nazio, kultura eta hizkuntza anitza eraikitzea da non Estatuak bere herritarren mintzaira guztiak bertoko hizkuntza moduan hartuko dituen. Horrela, hizkuntza eskubide mailan Ezker Anitza Espainiar Estatuko hizkuntza guztiei estatus berbera ematearen alde agertzen da, herritar guztiek beraien mintzairan jarduteko eskubidea dutela hausnartuta. Ezker Anitzaren leku-hartze ideologikoaren eta bideratutako hizkuntza politikaren artean jarraipena erabatekoa dela esan daiteke. Euskal herritarren hizkuntza eskubideak errespetatze aldera eta euskararen egoera diglosikoa ezagun, Ezker Anitzak estatu-egituren pean kokatzen diren zerbitzuak euskaraz jasotzeko politika aurrerakoiak baititu proposagai.

PPk euskal nazionalismoaren errotiko ukapena burutzen du eta nazio-estatu zibiko-politikoaren idealekin bat egiten du; hain zuzen, estatuaren egiteko nagusia banakakoaren askatasuna babestea dela goraipatuz. Hortik, askatasun linguistikoaren defentsa sutsua, alderdiaren hizkuntzen inguruko diskurtso ideologiko eta politiko osoa gidatu duena. Halaber, esan daiteke PPren ageriko diskurtso zibiko-politikoa nazio-estatuaren ikuspegi etniko-kultural ezkutuagoak baldintzatua dagoela. Horren erakusgarri dira, besteak beste, PPk euskara eta gaztelaniaren artean ezarritako estatus hierarkizazioa edota euskaldunen hizkuntza komunitateari ezartzen dion ikuspuntu estatikoa, euskaldunen gutxitu egoera betikotuz.

Maila diskurtsiboan PSE-EEk euskara eta gaztelaniari estatus etniko-kultural berbera atxikitzen die eta elebitasun parekidearen alde agertzen da. PPren kontrara, hizkuntza gutxituen eskubideak eta euskararentzako sustapen neurriak bai babesten ditu, baina gaztelania hiztunen bazterketa ala inposaketa zantzurik ematen ez den bitartean. Horrela elebitasunaren aldeko diskurtso teorikoa gaztelaniaren aldeko bihurtzen da maila praktikoan, bi mintzairen gizarte egoera ez baita parekoa.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa honek etorkizunerako mahaigaineratzen dituen azterketa ildoak anitzak dira. Bide bat konparaziozko ikuspegiari jarraipena ematea litzateke. Hau da, doktorego tesian proposatu den hizkuntza politika eta hizkuntza ideologiaren azterketa uztartua oinarri hartuta, eskualde zein herrialde desberdinen arteko konparaziozko ikerketak burutzea. Euskal Herriaren baitan hiru eremu politiko-administratiboen arteko konparaketa egitea litzateke interesgarria. Aldi berean, errealitate linguistiko eta eskumen politiko mailan dituzten parekotasunekaitik, emankorra litzateke Euskal Autonomia eta Nafarroako Foru Erkidegoko alderdi politikoen hizkuntza politika eta hizkuntza ideologiak Katalunia, Gales eta Quebec-eko alderdi politikoek

dituztenekin erkatzea eta modu horretan irismen zabalagoko nazioarteko ikerketa proiektua planteatzea. Norabide horretan, doktorego tesian diseinatutako eduki azterketa eredua lurralde desberdinen arteko azterketa konparatiboetarako egokitzea litzateke xedea, hau da, alderdi politikoen hizkuntza politikak eta hizkuntza ideologiak modu sistematikoan ikertzeko tresna eraikitzea. Aldi berean, ikerketa barri hauek burutzeko zein orain artekoari jarraipena emateko, metodologia berriekin jokatzea ere aberasgarria litzateke. Esaterako, hizkuntza ideologiak modu sakonagoan ikertzeko hauteskunde programen diskurtso analisia burutzea.

## 6. Zenbait erreferentzia

Boix-Fuster, E. eta Strubell, M. (2011): *Democratic policies for language revitalisation: the case of Catalan*. Palgrave Macmillan, Hamoshire.

Branchadell, A. (1996): *La normalitat improbable*. Empúries, Bartzelona.

————————, (2005): *La moralitat de la politica lingüística. Un estudi comparat de la legitimitat liberaldemocrática de les polítiques lingüístiques del Quebec y Catalunya*. Institut d'Estudis Catalans, Bartzelona

Bastardas i Boada, A. eta Boix-Fuster, E. (arg.) (1994): *¿Un estado una lengua? La organización política de la diversidad lingüística.* Octaedro, Bartzelona.

Cobreros, E. (1998): "Algunas reflexiones sobre la Ley de Normalización del Euskera", *Revista Internacional de Estudios Vascos*, 43(2), 333–339.

Duchêne, A. eta Heller, M. (2007): *Discourses of endangerment: Ideology and Interest in the Defence of Languages*. *Interest and Ideology in the Defence of Languages.* Continuum, Londres.

Goirigolzarri-Garaizar, J. (2013): "Hizkuntza politikak eta hizkuntza ideologiak EAEko alderdi politikoetan: 2009ko legebiltzarreko hauteskunde programak", in *Inguruak*, 55-56, 1735-1752.

Hernández, J. M., Olaso, O. eta Martínez de Luna, I. (2006): "Theoretical, Social and Political Discourses on the Basque Language", in M. J. Azurmendi eta I. Martínez de Luna (arg.), *The case of Basque: past, present and future*. Soziolinguistika Klusterra, Andoain, 103–117.

Kasares, P. (2004): *Hizkuntza eskubideak Euskal Herrian*. *Cuadernos Deusto de Derechos Humanos*. Deustuko Unibertsitatea, Bilbo.

Klingemann, H., Hofferbert, R. eta Budge, I. (1994): *Parties, Policies and Democracy*. Westview Press, AEB.

Krippendorf, K. (2004): *Content Analysis: an introduction to its methodology*. Sage, Thousand Oaks.

Kymlicka, W. eta Patten, A. (2003): *Language rights and political theory*. Oxford University Press, Oxford.

May, S. (2012): *Language and Minority Rights. Ethnicity, Nationalism and the Politics of Language*. Taylor & Francis, New York.

Neuendorf, K. A. (2002): *The content analysis guidebook*. London: Sage.

Ricento, T. (2006): *An Introduction to Language Policy: Theory and Method*. Blackwell, Oxford.

Saldaña, J. (2009): *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. Sage, Londres.

Sartori, G. (1992): *Partidos y sistemas de partidos: marco para un análisis*. Alianza, Madril.

Spolsky, B. (2004): *Language Policy*. Cambridge University Press, Cambridge.

Swann, A., Lillis, T. eta Mesthrie, R., J. (2004): *A dictionary of sociolinguistics.* Edinburgh University Press, Edinburg.

Vernet, J., Pons, E., Pou, A., Solé, J. R., eta Pla, A. M. (2003): *Dret lingüístic*. Valls: Cossetània.

Woolard, K. (1992): Language Ideology: Issue and Approaches. *International Pragmatics Association*, 2, 235-249.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Aurkeztutako lana Francisco Garmendia Agirrezabalagak eta Francisco Juaristi Larrinagak zuzendutako doktorego tesiaren laburpena da. Doktorego tesia 2015eko urtarrilaren 30ean depositatuta zen eta beronen defentsa 2015eko maiatzean izatea aurreikusten da Deustuko Unibertsitatean (Bilboko Campusa). Nire eskerrik onenak urte hauetan aholkularitza paregabea eskaini didaten tesi zuzendariei.

# Adin erlatiboaren eragina saskibaloiko jokalarietan

Arrieta, H., Torres-Unda, J., Gil, J., Gil, S.M. eta Irazusta, J.

*Fisiologia Saila, Medikuntza eta Odontologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa, Bizkaia*

*Kontakturako e-posta: haritz.arrieta@ehu.eus*

## *Laburpena*

Ikerketa honetan, adin erlatiboaren eragina (*Relative Age Effect:* RAE) aztertu da saskibaloiko jokalari gazteen errendimenduan. Horretarako, Bizkaiko eta Europako saskibaloi txapelketetako jokalarien jaiotze data, altuera eta errendimenduarekin lotutako parametroak jaso dira. Aztertu diren txapelketa guztietan jokalari gehienak urte hasieran jaiotakoak ziren. Desoreka hau nabariagoa da 12, 14, 16 eta 18 urte azpiko txapelketetan 20 urte azpiko txapelketetan baino. Maila bakoitzeko jokalari zaharrenek (urte hasieran jaiotakoek) Europako txapelketako partidetan estatistika hobeak lortu zituzten eta Bizkaian 14 eta 16 urte azpiko taldeetan zaharrenek saskibaloian jokatzeko parametro antropometriko eta fisiologiko hobeak zituzten. Beraz, entrenatzaileek eta hautatzaileek ikerketa honetan lortutako emaitzak kontuan hartu beharko lituzkete, jokalari gazteen aukeraketan hartuko dituzten erabakien eragina ekiditeko.

Hitz gakoak: Saskibaloia, adin erlatiboaren eragina, gazteak

## *Abstract*

*This study sought to determine the effect of the relative age (RAE) on the performance of young elite basketball players. The distribution of the birth dates, height and performance of the male and female participants of Biscay and European Basketball Championships were analysed. There was an overrepresentation of players born in the beginning of the year in all championships. RAE was more evident in U12, U14, U16 and U18 than in U20 tournaments. In all European Championships, the oldest participants (those born at the beginning of the year) displayed better performance index ratio and in local tournaments the oldest players had more favourable anthropometrical and physiological parameters to play basketball. Thus, basketball coaches and selectors should keep these results in mind in order to avoid biasing their selection decisions at early ages.*

*Keywords: Basketball, relative age effect, youth*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Umeen eta gazteen kiroletan, maila bateko muga-egunetik bestera urtebeteko edo bi urteko aldea dago. Horregatik, maila berean jokatzen duten kirolarien artean urte beteko diferentzia egon daiteke urte hasieran edo bukaeran jaiotako mutil eta nesken artean. Nerabezaroan aldaketa handiak gertatzen dira altueran, pisuan eta parametro fisiologikoetan. Adibidez, hazkuntzaren abiadura maximoko adina (age at peak height velocity, APHV) hamaika eta hamabost urteen artean izaten da. Sasoi horretan nerabeak 8 eta 12 zentimetroen artean haz daitezke. Euskal Herrian, eta Europan oro har, kategorien hasierako jaiotze data urtarrilaren bata da. Horregatik, urtarrilean jaiotako jokalari bat 10 zentimetro altuagoa izan daiteke urte berean abenduan jaiotako jokalari bat baino, nahiz eta heltze prozesu bera izan eta heldua izatean altuera bera izan.

Gainera nerabezaroan, heltze prozesua dela eta, jokalariak hazi eta pisua gehitzeaz gain, abiadura, erresistentzia, arintasun, indar (Coelho E Silva et al., 2010; Malina eta Bouchard, 1991; Sickles eta Lombardo, 1993) eta jauziaren parametroetan (Temfemo et al., 2009) hobekuntzak izaten dituzte. Fisikoki (Hoare eta Warr, 2000), fisiologikoki eta psikologikoki (Musch eta Grondin, 2001) dituzten hobekuntzak direla eta, urtarrilean jaiotako jokalariek (zaharrenek) abantaila izan dezakete jokalari gazteekiko (abenduan jaiotakoak). Ondorioz, goi-mailako kiroletan urte hasieran jaiotako jokalariak dira gehiengoak eta honi adin erlatiboaren eragina (RAE) deitzen zaio (Gil et al., 2014).

RAE-ren eragina kirol askotan aztertu da: hockey-an (Nolan eta Howell, 2010), beisbolean (Thompson et al., 1991), errugbian (Till et al., 2010), boleibolean (Okazaki et al., 2011) eta futbolean (Gil et al., 2007; Sallaoui et al., 2014; Williams, 2010).

Saskibaloiari dagokionez, altuera oso garrantzitsua denez, ez litzateke harritzekoa izango RAE-ren eragina aurkitzea. Horregatik, saskibaloiko jokalari gazteetan RAE-ren eragin adierazgarria aurkitu duten ikerketa batzuk aurki ditzakegu (Delorme eta Raspaud, 2009; Torres-Unda et al., 2013). Aipatutako ikerketek urte hasieran jaiotako jokalariak gehiengoak direla frogatu dute txapelketa nazionaletan.

Nazioarteko saskibaloi txapelketei dagokienez, ia ez dago RAE-ren eragina ikertu duen artikulurik (García et al., 2012), eta are gutxiago RAE-k parametro antropometrikoetan, fisiologikoetan eta kirol-errendimenduan duen eragina aztertu duenik. Ikerketa honetan, nazioarteko (Europa) eta gure inguruko (Bizkaia) saskibaloian RAE ote dagoen behatu dugu eta baita ere RAE-k saskibaloian garrantzitsuak diren parametroekin duen lotura aztertu da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

RAE kirolean garrantzia handia duen faktorea da eta futbolean eta beste kirol batzuetan oso ikertua izan da. Aldiz, saskibaloian gaiari buruz ikerketa gutxi daude. Ikerketa honen helburua adin erlatiboak Bizkaiko eta Europako saskibaloian duen eragina aztertzea izan da. Horretarako maila bakoitzean jokalarien jaiotegunen banaketa urtean zehar aztertu nahi izan da, mutilak eta neskak bereiziz. Jakinda neskak mutilak baino lehenago garatzen direla (gazteagoak direnean), ikerketa honetan bi taldetan bereizi dira hauen artean dauden ezberdintasunak aztertzeko.

Batetik, 12, 14 eta 16 urte azpiko txapelketak (U12, U14 eta U16) behatu dira, oraindik hazten ari diren jokalariak, eta bestetik 18 eta 20 urte azpikoak (U18 eta U20), non jokalari gehienak heldutasunean lortuko duten altueratik askoz gertuago dauden. Honekin, RAE adin ezberdinetako txapelketetan aztertzea izan da helburua. Horrez gain, errendimenduan eragina duten parametroak erabili dira jaiotegunekin alderatzeko eta honek eraginik duen edo ez ondorioztatzeko. Horretarako, Bizkaiko mutilen eta nesken U12, U14 eta U16, eta Europako U16, U18 eta U20 saskibaloi txapelketetako jokalariak aztertu dira.

## 3. Ikerketaren muina

Bizkaiko U12, U14 eta U16 saskibaloiko errendimendu taldeetako jokalariak (n = 706) eta Europako U16, U18 eta U20 saskibaloi txapelketak jokatu zituztenak (n = 2395) aztertu dira. Europako jokalarien jaiotegunen eta txapelketan izandako errendimenduarekin lotutako parametroak FIBA-ren web-orritik (www.fibaeurope.com) jaso dira. Bestetik, Bizkaiko jokalarien jaioteguna ikertzeko Bizkaiko Foru Aldundiak partekatutako datuak erabili dira eta altuera, arintasun eta behe gorputz adarretako potentzia Fisiologia Saileko ikertzaileok jaso genituen jokalarien neurketetan jasotako datuak, saskibaloian eragin handia duten parametroak direlako.

Bai Bizkaiko eta baita Europako jokalarien jaiotegunen banaketan ezberdintasunak behatzeko Chi karraturen testa erabili zen. Bestetik, Kolmogorov-Smirnov testaren bitartez datuen normaltasuna ziurtatu ondoren, Bizkaiko jokalarien altuera, arintasuna (t-drill) eta behe gorputz adarren potentziak (CMJ) jaiotza-hiruhileko bakoitzean konparatzeko Anova testa erabili zen. Azkenik, Europako jokalariek lortutako errendimendu estatistikek normaltasuna jarraitzen ez zutenez, Spearman testa erabili zen adin erlatiboarekin zuten korrelazioa aztertzeko. Korrelazio hauetarako urtarrilaren jaiotakoei 1 zenbakia eman zitzaien eta abenduan jaiotakoei 12 zenbakia. IBM SPSS Statistics software (v 21.0) bertsioa erabili zen eta adierazgarritzat eman ziren test estatistikoetan jasotako balioak $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**) eta $p<0,005$ (***) zirenean.

1. irudian beha daitekeen bezala, Bizkaiko saskibaloiko U12 eta U14 errendimendu taldeetan mutiletan jokalarien jaiotegunen banaketa nahiko uniformea da. Nesketan ordea, jokalari gehienak urte hasieran jaiotakoak dira eta ezberdintasun adierazgarriak ($p<0,05$) aurkitu ditugu U12 eta U14 errendimenduko taldeetan. Europako txapelketei erreparatzen badiogu ordea (2. irudia), garbi ikusten da lehen lauhilekoetan jaiotako jokalariak gehiengoak direla bai U16 eta U18 mailako mutilen eta baita nesken txapelketetan ($p<0,005$), nahiz eta U20 txapelketetan jaiotegunen banaketa uniformeagoa ikus daitekeen (mutiletan $p<0,019$ eta nesketan $p<0,115$).

1. taulan ikus daitekeenez Bizkaiko jokalarien altueran (U14 mutiletan), T-drill arintasun testean (U16 nesketan) eta CMJ jauzi testean (U16 mutiletan) urtearen hasieran jaiotakoek, gazteagoek baina emaitza hobeak lortu zituzten.

Europako saskibaloi txapelketetan (2. taula), adin erlatiboa eta errendimenduko parametroen artean korrelazio negatiboa zegoen. Korrelazioa egiteko jokalari bakoitzari bere jaiotza-hilabeteko zenbakia ematen zitzaionez, jokalari zaharrenek minutu gehiago jokatu zituzten, puntu gehiago saskiratu eta zenbait estatistikako parametrotan emaitza hobeak lortu zituzten ($p<0,05$) maila bereko jokalari gazteagoak baino (urte amaieran jaiotakoak).

## 3.1 Taulak

**1. taula. Bizkaiko jokalarien parametro antropometriko eta fisiologikoak jaiotza-hiruhileko bakoitzean.**

| | | HIRUHILEKOA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | MAILA | 1 | 2 | 3 | 4 | Adier. |
| Altuera | U14 mutilak | 170,36 ± 11,4 | 165,69 ± 9,5 | 164,02 ± 8,9 | 159,88 ± 10,8 | **,038*** |
| | U14 neskak | 160,43 ± 1,1 | 160,71 ± 5,3 | 161,97 ± 2,5 | 155,18 ± 6,7 | ,232 |
| | U16 mutilak | 178,47 ± 8,0 | 173,77 ± 9,5 | 170,65 ± 6,1 | 171,66 ± 12,2 | ,391 |
| | U16 neskak | 164,78 ± 5,7 | 161,66 ± 5,7 | 162,88 ± 4,6 | 162,55 ± 4,2 | ,787 |
| T-drill | U14 mutilak | 11,68 ± 1,4 | 11,56 ± 0,9 | 11,91 ± 1,0 | 12,51 ± 0,6 | ,134 |
| | U14 neskak | 12,08 ± 0,9 | 11,59 ± 0,6 | 11,95 ± 1,6 | 10,91 ± 0,9 | ,310 |
| | U16 mutilak | 10,52 ± 0,4 | 11,25 ± 0,9 | 11,20 ± 0,6 | 11,80 ± 1,0 | ,054 |
| | U16 neskak | 10,11 ± 1,4 | 10,98 ± 0,9 | 12,12 ± 0,3 | 10,41 ± 1,8 | **,028*** |
| CMJ | U14 mutilak | 391,91 ± 78,0 | 358,62 ± 85,3 | 362,22 ± 50,9 | 322,55 ± 90,3 | ,110 |
| | U14 neskak | 303,00 ± 40,4 | 289,29 ± 57,6 | 266,50 ± 34,6 | 289,80 ± 60,9 | ,910 |
| | U16 mutilak | 438,33 ± 37,4 | 352,92 ± 66,9 | 345,38 ± 68,0 | 336,43 ± 85,7 | **,042*** |
| | U16 neskak | 307,00 ± 59,9 | 301,50 ± 62,3 | 258,17 ± 26,7 | 306,00 ± 96,2 | ,451 |

**Oharra:** Arintasun proba (T-drill), behe gorputz adarren potentzia testa (CMJ) eta adierazgarritasuna (Adier.).
**Iturria:** "Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players" (ikus erreferentzietan) eta Fisiologia Saileko ikertzaileok jasotako datuak.

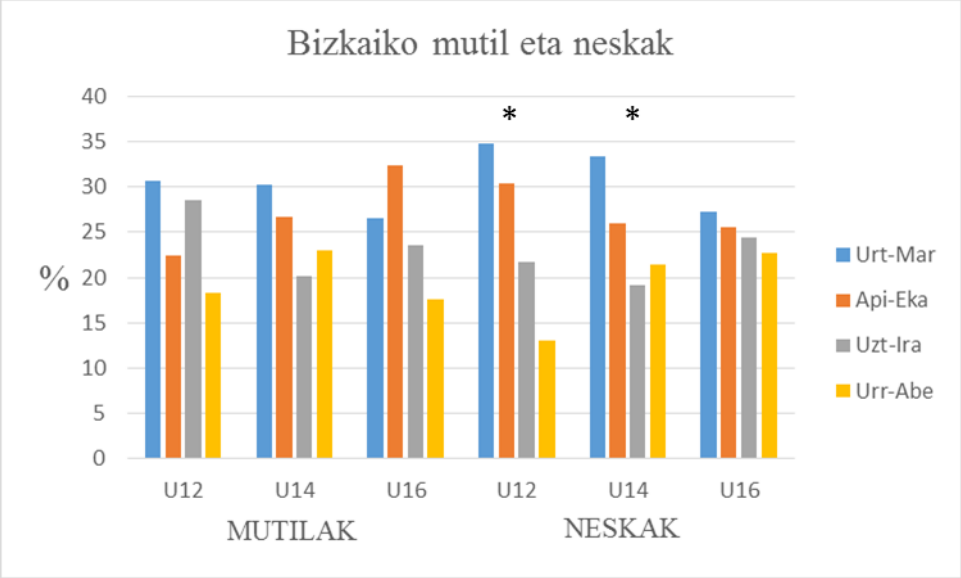
**2. taula. Europako saskibaloi txapelketako jokalarien adin erlatiboaren eta errendimendu parametroen arteko korrelazioa.**

| | ADIN ERLATIBOA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | MUTILAK | | | NESKAK | | |
| | U 16 | U 18 | U 20 | U 16 | U 18 | U 20 |
| Altuera | -0.061 | -0.012 | -0.008 | 0.051 | 0.037 | -0.005 |
| Minutuak | **-0.144*** ** | **-0.092*** | **-0.186*** ** | **-0.118*** | **-0.145*** ** | **-0.145*** |
| Jaurtiketak | **-0.151*** ** | -0.084 | **-0.208*** ** | -0.084 | **-0.145*** ** | -0.108 |
| Sask.% | -0.060 | 0.038 | 0.019 | 0.006 | 0.003 | -0.062 |
| Erreboteak | **-0.181*** ** | **-0.102*** | **-0.155*** ** | -0.067 | -0.094 | -0.112 |
| Asistentziak | -0.084 | -0.076 | **-0.220*** ** | **-0.149*** ** | **-0.167*** ** | -0.082 |
| Gal.baloiak | **-0.125**** | -0.039 | **-0.173*** ** | -0.063 | **-0.115*** | **-0.123*** |
| Lapurretak | **-0.100*** | **-0.116*** | **-0.121*** | **-0.179*** ** | **-0.131**** | -0.107 |
| Txapelak | **-0.112*** | -0.043 | -0.076 | -0.033 | 0.050 | 0.017 |
| Egintako fal. | **-0.125**** | **-0.112*** | **-0.173*** ** | **-0.116*** | **-0.104*** | **-0.140*** |
| Jasotako fal. | **-0.139*** ** | -0.070 | **-0.171*** ** | -0.082 | -0.075 | -0.041 |
| Sask.puntuak | **-0.149*** ** | -0.082 | **-0.196*** ** | -0.079 | **-0.133**** | **-0.139*** |
| Balorazioa | **-0.150*** ** | -0.090 | **-0.160*** ** | -0.083 | -0.089 | -0.095 |

**Oharra:** Saskiratzeen % (Sask.%); Galdutako baloiak (Gal.baloiak); Egindako faltak (Egindako fal.); Jasotako faltak (Jasotako fal.); Saskiratutako puntuak (Sask.puntuak).
**Iturria:** FIBA-ren web-orritik (www.fibaeurope.com) ateratako datuak.

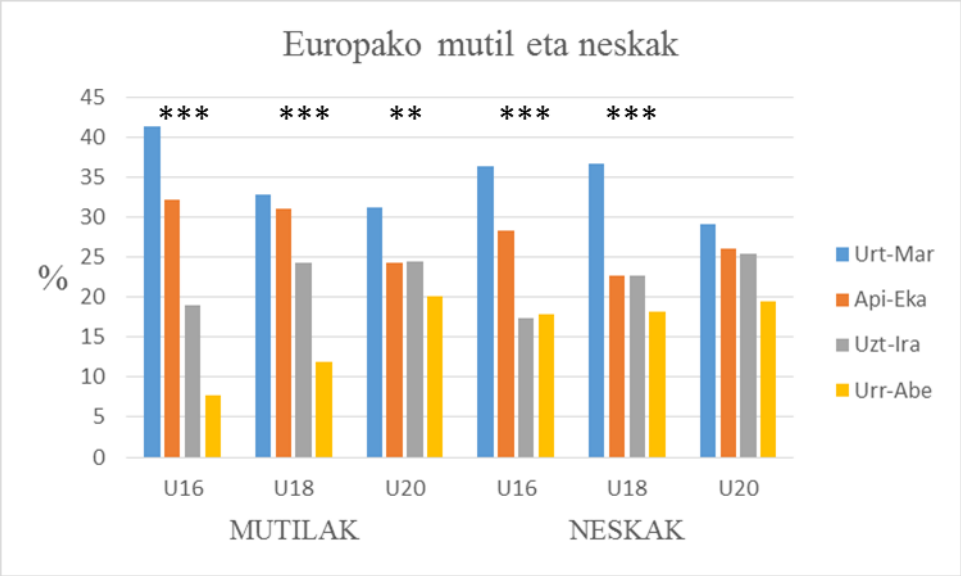
### 3.2 Irudiak eta grafikoak

**1. irudia. Bizkaiko saskibaloiko mutil eta nesken jaiotegunen banaketa ehunekoetan.**




**Iturria:** Bizkaiko Foru Aldundiak partekatutako datuak.

**2. irudia. Europako saskibaloi txapelketako mutil eta nesken jaiotegunen banaketa ehunekoetan.**




**Iturria:** FIBA-ren web-orritik (www.fibaeurope.com) ateratako datuak.

## 4. Ondorioak

RAE-ren eragina argi ikusi da aztertu diren Bizkaiko eta Europako saskibaloi txapelketetan. Ezberdintasun adierazgarriak aurkitu dira bai mutilen Europako U16, U18 eta U20 txapelketetan eta baita ere Bizkaiko nesken U12 eta U14 taldeetan eta Europako U16 eta U18 txapelketetan.

RAE-ren eragina handiagoa da Europako txapelketetan. Kirol maila eta lehiakortasuna handiagoa denez, urte amaieran jaiotako jokalariek oraindik ere aukera gutxiago dituzte maila internazionaletako txapelketetan parte hartzeko. Dena den, Europako txapelketetan RAE-ren eragina murriztuz doa adina aurrera joan ahala eta U20 txapelketetan, nesketan desagertu egiten da.

Ikerketa honetan ezberdintasun adierazgarriak aurkitu ditugu Bizkaiko saskibaloiko jokalarien jaiotza dataren eta altueraren eta errendimenduarekin lotutako parametroen artean. Honek neurri batean RAE azaldu dezake, baina ez guztiz, adinari lotutako garapenaren eragina desagertzen denean ere (U18 eta U20), jaiotza daten banaketa asimetrikoa mantentzen baita. Are gehiago, Europako txapelketetan maila guztietan adin erlatiboaren eta jokatutako minutuen artean korrelazio garbiak ikusi dira. Horrela gurpil zoro bat sortu daiteke jokalari zaharrenek gehiago jokatu eta hobetzeko aukera izan dezaketelako.

Hau denagatik, entrenatzaile eta hautatzaileek datu hauek kontuan hartu beharko lituzkete gazteen aukeraketa prozesuetan jokalari guztiek aukera berdinak izan ditzaten.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunean gure asmoa RAE-ren eragina eskola-kirolean aztertzea da, kirol eta kategoria guztiak aztertuz. Baita ere RAE-k gaitasun fisikoen garapenean eta osasunean izan dezakeen eragina aztertu nahiko genuke. Horrela, arazoari aurre egin eta jokalari guztiek aukera berdinak izateko irtenbidea aurkitu nahiko genuke.

## 6. Erreferentziak

Coelho E Silva, M. J., Moreira Carvalho, H., Goncalves, C. E., Figueiredo, A. J., Elferink-Gemser, M. T., Philippaerts, R. M., & Malina, R. M. (2010). Growth, maturation, functional capacities and sport-specific skills in 12-13 year-old- basketball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 50*, 174-181.

Delorme, N., & Raspaud, M. (2009). The relative age effect in young french basketball players: A study on the whole population. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 19*, 235-242.

García, M. S., Aguilar, Ó G., Romero, J. J. F., Lastra, D. F., & Oliveira, G. E. (2012). Relative age effect in lower categories of international basketball. *International Review for the Sociology of Sport,* , 1-10.

Gil, S. M., Badiola, A., Bidaurrazaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., Gravina, L., Santos-Concejero, J., . . . Granados, C. (2014). Relationship between the relative age effect and anthropometry, maturity and performance in young soccer players. *Journal of Sports Sciences, 32*(5), 479-486.

Gil, S. M., Ruiz, F., Irazusta, A., Gil, J., & Irazusta, J. (2007). Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 47*, 25-32.

Hoare, D. G., & Warr, C. R. (2000). Talent identification and women's soccer: An australian experience. *Journal of Sports Sciences, 18*, 751-758.

Malina, R. M., & Bouchard, C. (1991). *Growth, maturation, and physical activity* Champaign, IL: Human Kinetics.

Musch, J., & Grondin, S. (2001). Unequal competition as an impediment to personal development: A review of the relative age effect in sport. *Developmental Review, 21*, 147-167.

Nolan, J. E., & Howell, G. (2010). Hockey success and birth date: The relative age effect revisited. *International Review for the Sociology of Sport, 45*(4), 507-512.

Okazaki, F. H. A., Keller, B., Fontana, F. E., & Gallagher, J. D. (2011). The relative age effect among female brazilian youth volleyball players. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 82*(1), 135-139.

Sallaoui, R., Chamari, K., Chtara, M., Manai, Y., Ghrairi, M., Belhaouz, M., & Baroon, A. (2014). The relative age effect in the 2013 FIFA U-17 soccer world cup competition. *American Journal of Sports Science, 2*(2), 35-40.

Sickles, R. T., & Lombardo, J. A. (1993). The adolescent basketball player. *Clinics in Sports Medicine, 12*(2), 207-219.

Temfemo, A., Hugues, J., Chardon, K., Mandengue, S. H., & Ahmaidi, S. (2009). Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *European Journal of Pediatrics, 168*, 457-464.

Thompson, A. H., Barnsley, R. H., & Stebelsky, G. (1991). "Born to play ball" the relative age effect and major league baseball. *Sociology of Sport Journal, 8*, 146-151.

Till, K., Cobley, S., Wattie, N., O'Hara, J., Cooke, C., & Chapman, C. (2010). The prevalence, influential factors and mechanisms of relative age effects in UK rugby league. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 20*(2), 320-329.

Torres-Unda, J., Zarrazquin, I., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Kortajarena, M., . . . Irazusta, J. (2013). Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players. *Journal of Sports Sciences, 31*(2), 196-203.

Torres-Unda, J., Zarrazquin, I., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Kortajarena, M., . . . Irazusta, J. (2013). Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players. *Journal of Sports Sciences, 31*(2), 196-203.

Williams, J. H. (2010). Relative age effect in youth soccer: Analysis of the FIFA U17 world cup competition. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 20*, 502-508.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Lan honetan, batetik Bizkaiko Foru Aldundiari eskerrak eman nahi dizkiegu Bizkaiko saskibaloiko jokalarien datuak partekatzeagatik.
- Bestetik, Fisiologia Sailean eta bereziki kirolaren inguruan ikertu duten ikertzaileei ere eskerrak eman nahi dizkiegu, Bizkaiko saskibaloiko jokalarien datuak jaso eta partekatzeagatik.
- "Journal of Sports Sciences" aldizkarian argitaraturiko "Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players" artikulutik eratorritako datuak erabili dira.

# Futbol ekitaldiaren eta nazio nortasunen arteko lotura Euskal Herrian

Rojo Labaien, E.
*Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, Nor Ikerketa taldea*
*Ekain.Rojo@ehu.es*

## *Laburpena*

Euskal nazio nortasuna eta futbol ekitaldia elkar hartuta joan dira 1920ko hamarkadaz geroztik, industria iraultza berantiarraren garai berberean gizarteratu ziren euskal nazionalismoak eta haren hurbileko prentsa idatziak berena egin zutenetik. Frankismoaren lau hamarkadatako lozorroan euskal sinboloen azken gotorleku izatetik XXI.mendeko aro eraberrituan euskal nazioaren ispilu konplexua izatera igaro da futbol ekitaldia. Estatu gabeziaren auziak, euskal abertzaletasunaren baitako zatiketek eta euskal nazioaren partaide sentitzeko askotariko hautemate moduek modu bateratuan euskal nazioa haragitzeko abagunea zaildu dute. Futbol ekitaldia, bide batez, euskal taldeen bereizitasunak eta euskal selekzioaren ezintasunek nabarmenduta, euskal nazio nortasun irmoaren konplexutasunaren isla da.

Hitz gakoak: Futbola, nazioa, Euskal Herria, konplexua, sinboloa, lurraldetasuna

## *Abstract*

*Basque identity and football have gone hand-in-hand since the birth of both the Basque nationalism movement and the pioneering press that favoured it, which were created at the same time as the arrival of the British sport during the late Industrial Age. Football was the bastion of the symbols of the Basque nation during the long-lived Francoist dictatorship in Spain, and nowadays it has become a reflection of the complexity of the Basque nation. The absence of a Basque State and the divisions within the Basque movement have made it difficult for the Basque Country to embody a notion of a nation. Football serves as a sign of the difficulty of bringing together the community, reflected in the distinctive policy of their own clubs and the impossibility of having an official Basque national team.*

*Keywords: Football, nation, Basque Country, complexity, symbol, territory*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Industria Iraultza berantiarraren testuinguruan elkar hartuta gizarteratu ziren Euskal Herrian britainiar jatorriko futbol ekitaldia eta euskal abertzaletasuna XIX.mendearen amaieran. Gizarte eraldaketa handiaren garaia zen, bereziki Bilbo handiko gunearen baitako hiritartze eskergarena, bertako meatzeetara Espainiako milaka behargin etorriarazi zituena. Karlismo mugimendutik eta 1876ko euskal foruen behin betiko desagerpenari erantzunez sortu zen euskal nazionalismoa, eta egokiera horretan euskal izaera kolektiboaren biziraupena arriskuan zela hautemanda. 1894an sortu zuen Sabino Aranak Bilbon, eta urte bereko maiatzean *El Noticiero Bilbaíno* egunkariak Euskal Herrian jokatutako lehenengo futbol partidaren berri eman zuen, Areetan izandakoa (Castañon Rodriguez, 1993). Futbola eta nazionalismoa industria iraultzaren bihotzean gertakari garaikideak izan ziren. Urte berean biak aldiberekoak izatea zoriaren halabeharrekoa da, baina ezin ukatu meatze industriaren ustiapenak euskal nazio nortasunaren aro garaikidea ezaugarritu duten bi alderdi horien iritsieran eragin zuzenik izan zuenik. Egunkari aitzindarien bidetik, masa komunikazioaren ezarpenak biribilduko zuen artikulu honetan ardatz nagusi izango den euskal nazionalismoaren, futbol gertaeraren eta hedabideen hiruko eragingarria. Horren bidez, 1920ko hamarkadarako, Euskal Herria, Espainiaren mendeko industria gunea zehazki esateko, futbol ekitaldiaren sorleku ardatza bihurtua zen (Walton, 1999). Hala, Espainia mailan 1936ko gerra bitartean izan ziren talde eta jokalari garaitsuenetakoak euskal herritarrak izan ziren. Frankismo garaiko bigarren aroan, gainera, euskal izaeraren gotorleku eta adierazpide bihurtu ziren klubok.

Espainiako estatu-nazioaren eta bere baitako estaturik gabeko nazioen arteko borroka ebatzi gabe igaro zen XX.mendea, eta futbol ekitaldiak bere sona nazio nortasunen arteko gatazka horiek haragitzen sustraitu du (Rojo-Labaien, 2014b). Globalizazio fluxuek eta ziurgabetasunak ezaugarritutako XXI.mende hastapenean, nazionalismoek eta futbolak aldibereko loraldia izan dute (Sonntag, 2008), eta zentzu horretan, Euskal Herriko eta Espainiako azkeneko urteetako

gertaerak bilakaera horren argigarriak dira. Alde batetik, Espainiako futbol nazio selekzioaren nazioarteko garaipenek eragindako nazionalismoaren berpizkundea agerpide da, Euskal Herriko karriketan ere hauteman zena. Bestalde, hurrenez hurren, 2009ko eta 2012ko Espainiako Errege Kopako finaletan Athleticeko eta Bartzelonako euskal eta kataluniar jarraitzaileek espainiar ereserki eta erregetzari egindako protesta jendetsuak aipagai dira. Futbola gaur egungo gizarte modernoen konplexutasunaren isla da (Bromberger, 1998) eta Espainiako estatuari dagokionez, nazio nortasunen arteko oreka konplexuaren agertokia, bertako gizartearen pluralitatearen berri ematen duena (Llopis Goig, 2008). Ez hori bakarrik, Euskal Herrian ere, kirolek oro har, eta futbolak oroz gain, bere baitako nazio atxikimenduen arteko gatazka islatu dute, eta baita euskal nazio nortasuna lehenesten dutenen artekoa, euskal selekzioaren adiskidantzazko futbol partiden harira plazaratu izan dena. Horrela, hori guztia abiapuntutzat harturik, eta 2013an futbolaren eta nazio nortasunen loturaz, eta hedabideen bitartekaritzaz, burututako doktorego tesiak zilegituta, artikulu honen xedea da Euskal Herriko nazio auziaren orainaldia kirolaren ispiluaz behatzea. Aintzat hartu behar da futbolak Hego Euskal Herrian duela nazio ordezkaritzaren ahalmena, eta Ipar Euskal Herrian errugbia dela gizarteko kirol ardatza. Ezberdintasun horrek eragotzi egin du futbolak mugaz bi aldeetako komunitatea haragitzea eta banaketa gehiagotu egin du, era berean.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gizarte zientziek kirola eta futbol ekitaldia errealitatea aztertzeko moduko bitarteko zilegiak zirela aitortu zutenetik garrantzia nabarmena hartu du mota honetako ikerketa lerroak azken hamarkadetan. Lehenago, aisialdiaren eremukoa izateagatik beheratua bazen, gaur egun zientzia ezagutzazko diziplina ezberdinek dihardute futbolaren baitan ikerketa lanak burutzen, horietatik asko gizarte diziplinen arteko elkar eraginekoak gainera. Christian Bromberger antropologoak dioen moduan, identitate kolektiboak eta etsaigoak adierazteko lehenetsitako eremua da futbola, eta, hain zuzen ere, atxikimenduak bideratzeko eta erakusteko ahalmenean datza bere mundu mailako ospeak neurri handian (Bromberger, 1998). Eric Hobsbawm historialariak hil aurretik idatzita laga zuen milioika pertsonen nazioaren komunitate imajinatua 11 jokalariren taldearen deiturapean onenen haragitzen dela dirudiela, norbanako oro sinbolo horren bitartez nazioarekin identifikatzeko aisetasuna dela medio (Hobsbawm, 1992).

Ildo berean jarraituz, Euskal Herrian, Phil Ballen esanetan (2010), futbola gailu saihestezina da bertako historia garaikidea aztertzeko. Arbuiaezina da 1920ko hamarkadatik futbolaren eta nazio nortasunen arteko hartuemana Euskal Herrian. Espainiaren estatu nazioaren eraikuntzari, hots, asimilaziozko edo homogeneizazioko ekimenari, aurre egiteko erraminta sinbolikoa izan da azken belaunaldietan. Egiari zor, frankismoa lau hamarkadetan ahalegindu zen estatua eta nazioa elkartzen, futbolaren helmena ere horretarako baliatuz. 1950eko hamarkadan ohartu zen frankismoa kirola bere izatea zilegitzeko eta Espainia batua irudikatzeko erabiltzearen onuraz, eta batez ere, denbora igarota, telebista hargailuak etxeetan hedatu zirenean. Hala ere, Euskal Herriko eta Kataluniako futbol harmailak izango ziren 1960ko hamarkadako errejimenaren irekiera baliatuta nazio nortasun azpiratuen ikurren berpizkundearen eremua (Gonzalez Aja, 2002). Argigarria da futbola eta frankismoaren arteko lotura sakonki aztertu zuen Duncan Shawren hausnarketa: Bere gogoetari jarraiki, futbolaren politikarako erabilpena frankismoaren aurkako norabidean eraldatzen hasi zen azkenerako (Shaw, 1987). Horrekin lotura du Raymond Boylek eta Richard Haynesek hedabideen bidezko futbol ekitaldiez egiten duten hausnarketa (2000). Ikerlariok nabarmentzen dute futbolaz eginiko identitate sorkuntza ez dela norabide bakarrekoa, eta diskurtso ofizialari ezarritako erresistentzia ere aintzat hartu behar dela. Hain justu, diktadura aroan ere agertarazi zen futbola gizarte aldaketarako bidea ere izan daitekeela.

Francisco Franco hil eta monarkia izaerako demokraziarako Espainiako igarobide konplexuan diktadurak desagerrarazi nahi izan zituen nazio auziak berragertu ziren. Futbol txapelketak 1978ko Konstituzioak jaso ez zuen Espainia nazio anitza irudikatu zuen berriro ere, 1930eko hamarkadako liga txapelketaren lehenengo urteetan gertatu antzera (Llopis Goig, 2008). Euskal taldeak, eta Bartzelona, Kataluniako talde ordezkari gisara, nazio bereizituen haragitzeak bihurtu ziren Espainiako estatu-nazioaren lurraldetasuna irudikatzen jarraitzen zuen lehiaketan. Frankismoaren aurretik jaio zen euskal selekzioa 1979an berrezarri zen, euskararentzat dirua

biltzeko, "Bai Euskarari" ekimenari lotuta lehenengoz. Kataluniako nazio taldeak geroago hartu zuen lekukoa. Biek adiskidantza partidak jokatzeko aukera izango zuten bakarrik, jakina denez. Izan ere, nazioarteko kirol erakundeek, salbuespenak-salbuespen, estatu-nazioen ordezkaritzan oinarritutako futbol txapelketak egituratu zituzten FIFA 1904an sortu zenetik. Nazionalismoen norgehiagoka biziaren testuinguruan jaio zen erakundeak eta futbolak, hastapenetik eduki zuten izaera politikoa, Paul Dietschy historialariak dioen modura (2010).

Hori horrela, futbol ekitaldiak estatu-nazioen aingura bilakatu dira XXI. mendearen hasieran. Globalizazioaren hazkundeak eta modernitate garaitik eratorritako ainguren ahultzeak botatako erronkari aurre egiteko bitartekoa da nazioarteko futbola estatu-nazioentzat. Esaterako, eta oroz gain, esan genezake, Espainiarentzat. Imajinatutako komunitatea (Anderson, 1991), herritarren begietara arrazoizkoa egingo duten batasunezko sinboloen gabeziagatik kirol ordezkaritzak are eta garrantzia gehiago du estatu-nazio horrentzat. Dena den, ekonomia eta politika krisialdiaren bat egiteak, eta estatu gabeko nazionalismoen indar hartzeak 1978ko Konstituziotik eratorritako Espainiaren nazio erakundetzearen zutabeak inoiz baino gehiago kolokan jarri dituzte (De la Madrid, 2013). Espainiako nazio selekzioaren berealdiko garaipenen aldiak, 2008 eta 2012 urte bitartekoak, eta horiek inguratu zituzten nazio harrotasunezko ospakizunek ere ez zuten lortu estatu-nazioaren proiektua sendotzerik. Hain justu, ikerketa honen helburua da futbolaren bidez gaur egungo aldaketazko garaiaren nondik norakoak aztertzea, bereziki Euskal Herrian. Azken urteetan izandako hurbileko gertaerak hizpide dira, euskal selekzioaren ezintasuna tarteko dela.

## 3. Ikerketaren muina

Espainiako selekzioak 2008tik 2012rako aldian irabazi zituen bi Europako Kopako lehiaketek eta Munduko Kopak nazio harrotasunezko elkarretaratze eta ospakizun zabalak eragin zituzten, nazio sinbolo eta kantuez girotuta. Frantzian 1998ko Munduko Kopa garaipenaren ospakizunak aurrekaririk gabeko nazio ospakizun baterazlea bideratu bazuen, Espainiari dagokionez, nazio nortasunezko bilgune horiek inoiz gertatu gabekoak ziren. Alejandro Quirogak azaltzen duen moduan (2013), lehenago ez gertatu izanaren arrazoibideak bi hauek izan daitezke. Alde batetik, frankismoaren lau hamarkadako muturreko nazionalismoak zilegitasuna kendu zien jendarteko espainiar nazionalismo aldarrikapenei. Bestalde, Katalunia eta Euskal Herrian bereziki espainiar estatu-nazioaren eraikuntzaren aurka zegoen gizartearen zati handia, hauteskundeetako emaitzei erreparatuz gero, behinik-behin. Horrenbestez, eragozpen horiek gainditu zituela aintzat hartuta, ezina da futbol garaipenek Espainian erdietsitakoa gutxiestea. Estatu-nazioa irudikatzeko beste ohiko baliabideek ahal izan ez zutena telebista emanaldiek igorritako futbol ekitaldiak posible egin zuen. Juan Carlos De la Madrid ikerlariak egoki arrazoitzen duen gisara (2013), Espainiako nazioaren usadiozko aingurak ahulduta daudenean, futbola babesleku erakoa da herritarrentzat, nazio taldearen garaipenak herrialde osoarenak bailiran ikusarazita, metonimia moduko irudia eginaz.

Hala eta guztiz ere, Espainiako nazio selekzioak aurrekaririk gabeko arrakasta erdietsi zuen garai berean, 2009ko eta 2012ko Errege Kopako finalek espainiar estatuaren batasun eza agertarazi zuten futbolaren eremuan ere. Adiera politiko handikoak izan ziren Athleticeko euskal jarraitzaileek eta Bartzelonaren zale kataluniarrek gehiengo handiaz estatuko bi sinbolo nagusiren aurka bi partiden atarian eginiko txistu eta protestak. Estatuaren nazio ereserkiari eta monarkiari txistua jo zioten bertaratutako milaka zalek errege estatu agintaritzarekin harreman sinboliko handiena duen futbol txapelketaren ekitaldian. Are gehiago, Espainiako hedabideek arreta handiena ezartzen dioten egun bakarreko Espainiako futbol ekitaldi garrantzitsuena den heinean, orduan jazotakoak gizarte oihartzun handia izan zuen. Esan nahi baita, Espainiaren nazioarteko kirol garaipenek, kanpoko erkaketan, estatu-nazioaren harrotasuna sendotu bazuten, Kopa finaletan zale euskal herritarrek eta kataluniarrek adierazitako protestek estatu barnean itxi gabeko nazio auziez ohartarazi zutela. Hori dena gertatu zen gainera, 1930eko hamarkadatik Mendebaldeko Europak jasan duen ekonomia krisi handienarekin batera aldi berean, eta oroz gain Espainia hein handi batean zartatu duenean. Hain zuzen ere, hondoratze ekonomikoak are gehiago erasan zuen estatu-nazioaren zilegitasuna, arazoei irtenbidea emateko atakan jarrita. Hala, ekonomia krisialdiaren auziak Espainiaren baitan bi mendetan itxi gabeko nazio gatazken

ebazpenaren premia bizitu zuen. Egokiera horretan, euskal nazioak bere berezko gatazkak eta arazoak baditu, futbol ekitaldiak erakusten duen moduan.

### 3.1 Espainiako estatu nazio eraikuntza eta euskal nazio nortasunaren sinbolo aingura

Rafael Benitez entrenatzaile espainiarrak bertako nazio taldearen aro garaitsuaren aurretik era honetara azaldu zuen talde horren eraginkortasun ezaren arrazoia. Bere hitzetan, espainiar nazio selekzioa beste taldeetatik ezberdintzen zuena adimena zen. Alegia, Argentinak, Uruguaik eta Frantziak, besteren artean, hots, nazioarteko garaipenak zituzten ordezkaritzek, abertzaletasun sentipen indartsuagoa izateak (cfr. Gomez, 2007). Benitezek, futbol prestatzailearen ikuspegitik, kirol eraginkortasunaz gaindiko azalpena eman zion Espainiaren iraganeko garaipen gabeziari. Beste modu batera adierazita, herrialdean, gizartean, zegoen batasun eza, eta aberri atxikimendu falta islatzen zen nazio taldean Benitezen hitzetan, eta ondorioz ezinezkoa ei zen beren aberria defendatzeko elkartuta jarkitzen ziren selekzioei gailentzea. Kirol hamaikako taldea eta gizartea estu lotzen zituen aski sostengu zabala zuen entrenatzailearen aburu horrek. Kataluniar jatorriko futbolariez neurri handian hornitutako taldeak joera galtzailea irauli zuenean, hain justu aurkako arrazoibidea eman zioten hedabideetatik. Esan nahi baita Espainiaren batasuna irudikatzen zuela erkidego ezberdinetatik joandako jokalariek elkarrekin beste ordezkaritzen aurka eskuratu zuten arrakastak. Orduan ere, metonimiaz, herrialde osora barreiatzen zuten hedabideetatik taldearen eta gizartearen osasuna eta patua. Nolanahi ere, 2012an Ukrainan eta Polonian Europako Kopa irabazi ostean, eta Espainiako selekzioaren beheraldia hasi zenean, iraganeko ezbaiak berragertu ziren, askatu gabeko nazio auziekin harremanduta.

Euskal Herriari dagokionez, aipatzekoa da Markel Susaeta Athleticeko futbolari euskal herritarra Espainiako nazio taldera lehenengoz deitu zutenean sortu zen polemika bizia. 2012ko azaroan Panamaren kontra adiskidantzazko partida jokatu aurrekoan prentsaurrekoan egin zituen adierazpen hauengatik eztabaida sortu zuten hedabideetan. Erdilariak adierazi zuen nahiz eta partida nazioarteko txapelketa bateko neurketa izan ez, adiskidantzazkoa baizik, garrantzitsua zela. "Gauza bat" ordezkatzen zutela esan zuen, zalantzati, jokalariak, "Espainia" izena adierazi gabe. Esan hori gogor kritikatu zuten hedabideetatik, eta beste behin ere salatu zuten Euskal Herritik eta Kataluniatik espainiar selekziora joandako futbolarien ustezko nazio atxikimendu gabezia. Futbolariek jarrera abertzalea izan zezatela galdegiten zuten, hartara. Kontraesana da hedabide horietatik Euskal Selekzioaren eta Kataluniaren adiskidantza partidei buruz aritzean futbola eta politika nahastea salatzen dutela. Halaber, paradoxaren zentzu berean jarraituta, askatu gabeko kontraesana da Espainian indarrean dagoen kirolaren legeak behartzen dituela jokalariak nazio taldearen bidez Espainia ordezkatzera (10/90 legea kirolarena, urriaren 15ekoa). Futbolariak, ondorioz, legez behartuta daude, nazio taldean jokatzera, prestatzailearen gonbita jasoz gero bederen. Gainera, hedabideetatik behartzen dituzte abertzaletasunez aritzera.

Areago, futbolariok ez daukate nazioartean Espainia ordezkatzea ez den beste abagunerik, berezko nortasun abertzalea erakustea utziko liekeena. Izan ere, hein handi batean Espainiako estatuaren ardura politikoa da Euskal Herriko eta Kataluniako nazio selekzioei futbol ekitaldi ofizialetan parte-hartzea galaraztearena. Egiazki, nazioarteko futbolaren antolaketa, sortzez eta izpirituz, estatu nazioen ordezkaritzan oinarritua da, baina, FIFAk hala nolako bidezidorra aipatzen du estaturik ez duten nazioentzat. Hala, FIFAren 2012ko legediaren 10.artikuluan, lehen paragrafoan, federazio kideen onarpenaz hau zehazten da: FIFAk nazioarteak aitortutako estatu burujabe bakoitzeko federazio bakarra onartzen du bere baitan, bostgarren eta seigarren paragrafoetako salbuespenekin. Bostgarren paragrafoan Erresuma Batuko lau elkargo bereiziak eta beren nazio selekzioak onartzen ditu. Seigarren paragrafoan honakoa dio: FIFAn sartzeko eskaera igorri ahalko du oraindik independentzia eduki ez, eta bere gaindiko estatuko FIFAko federazio kidearen oniritzia aurkezten duen erregio baten futbol elkargoak (FIFA 2012). Hortaz, estatuen baitan sortutako kirol egitura honek bestelako ordezkariak ahalbidetzen ditu, baldin eta horien gaineko eskumena duten estatu kideek onespena ematen duten. Gardena da, Espainiak eta Frantziak, Euskal Herriari gagozkiolarik, hori onartu ez, eta ahaleginak egiten dituztela estatua ez duten naziooi ordezkaritza sinbolikoa debekatzeko. Esteban Gonzalez Pons PP Alderdi Popularreko eledunak argitu zuen zergatia: “Munduaren begietara Espainiak azkar utziko zion

nazio bakar gisara hautemana izateari kirol eremu bat kirol selekzio askotan banatuta zanpatuko zuen unetik bertatik" (cfr.Gomez, 2007: 99).

Espainia ahalegindu zen bere lurraldearen zatitzat aldarrikatzen duen Gibraltar britainiar lur muturraren nazioarteko parte-hartzea ere eragozten. Baina, azkenean UEFAk bere baitan onartu zuen. UEFAk 2001ean ezarri zuen bere barruan sartu nahi zuen zernahi federaziok estatua izan behar zuen baldintza. Arrazoia eman zion Kirola Arbitratzeko Epaitegiak Gibraltarri, eskaera lehenago egina zuelako. 2014an estreinakoz nazioarteko lehiaketa baterako sailkapenean parte hartzen hasi zen, Frantzian 2016an egingo den Europako Kopan jokatzeko lehian. Lehen partida Portugalgo Algarve hirian jokatu behar izan zuen Gibraltargo taldeak, FIFAren eskakizunen mailako futbol zelairik ez zuelako bere lurralde txikian. Poloniak 0-7 irabazi zion, eta modu horretara nabarmen utzi zuen oso gertagaitza zela selekzio berria 2016ko Europako Koparako sailkatzea. Nolanahi ere, kirol emaitzaz haratago, nazioartean burujabe agertzea garaipena zen Iberiar Penintsulako hegoaldeko lur muturrarentzat. Aldi berean porrota zen Espainiarentzat. Nolanahi ere, globalizazioaren fluxuak geroz eta eragingarriagoak diren garaian, eta estatuen erabakimena geroz eta murritzagoa den aldian, futbolaren mundu mailako etorriak zilegitasun sinbolikoaz hornitzen du erasanda dagoen estatu-nazioa, eta ia ezinezko egiten du, bide batez, Euskal Herriaren gisako nazioen parte hartzea, gaur egungo futbolaren eredua irauli ezean.

Arrazoizkoa da esatea besteen pareko nazio selekzio ordezkariaren gabeziagatik Realaren eta Athleticen gisako klub nagusiek hartu dutela euskal nazio nortasuna haragitzeko ardura futbol zelaian 1920eko hamarkadatik abiatuta, kirol hori komunitate imajinatuak irudikatzeko zeukan gaitasunagatik masa ekitaldi bilakatu zenetik. Hasieran, joko moduak euskal arrazaren ustezko gailentasuna islatzen zuelako erabili zuten (Rojo-Labaien, 2014a). Ondorengo belaunaldietan, berriz, gehiengoaz euskal futbolariak zelairatuta, bertako komunitatearen bereizgarri gisara, eta euskal gizarteaz lotura handiena mantentzeko. Bilboko Athletic da, inondik ere, horren adierazle handiena, Lehen Mundu Gerra ostetik, futbola Espainian gizarte ardatza bihurtu zenetik, soilik euskal futbolariak zelairatzeko jokabide aipagarria hartu baitzuen (Llopis Goig, 2008). Hala ere, nabarmendu behar da Euskal Herriko joera orokor eta bereizgarria dela gaur egun, gainontzeko euskal klubek ere, euskal haztegian hazitako futbolariak lehenesten dituztelako hamaikakoetan; Realaren kasuan 2013an jokatu zuen Txapeldunen Ligan ere bai. Athleticeko kirol zuzendari eta Euskal Selekzioaren prestatzailearen hitzetan, gaur egungo mundu futbolean parekorik ez duen kiroleko politika hau, "identitatea sortzen duen filosofia da, partaidetza sentimendua, leialtasun handia eragiten duena, eta tradiziozko eta modernitate balioak elkartzen dituena" (cfr. Rojo-Labaien, 2014). Futbola ondorioz, Espainiaren estatu nazioaren saio baterazleen aurrean euskal nazio nortasuna adierazteko babestokia izan da euskal nazio nortasunarentzat. Aitzitik, futbolaz euskal nazioa bateratzeko gaitasuna aski murritzagoa da historian. John Walton historialariak gogora dakar futbolaren lehia izaerako garapenak hiri eta probintzien arteko bereizketak indartu zituela hasieratik Euskal Herrian, nazio elkartua eraiki beharrean (Walton, 2011). Horrek ez du esan nahi inoiz euskal taldeen batasuneko ekimenik izan ez denik. Ezagun da, adibidez, euskal taldeon arteko hartu-emanaren adierazgarri, Reala eta Athleticeko jokalariek 1976ko partidaren atarian ikurriña eskuetan jendaurrean atera izana, oraindik legeztatzeke zenean. Bestalde, euskal nazio taldearen inguruko eztabaidak bat egiterik gabeko euskal nazioaren izaeraren lekuko dira.

### 3.2 Euskal selekzioaren saioaren ezintasuna

Euskal selekzioak 1936ko gerrako testuinguruan Europan eta Hego Amerikan eginiko partida birak Euskal Herriaren egoera ezagutarazteko propaganda funtsa nahiz euskal errefuxiatuentzat dirua lortzeko zeregina zeukan (Gotzon, 1998). Bidenabar, futbol selekzioa identifikazio ardatz baterazlea bihurtu zen orduan (Unzueta, 1999), Euzkadi lehen autonomia lurraldearen izendapen berdina eta ikurriñaren koloreen araberako janzkera hartuta. Frankismoaren lau hamarkadatako etenaren ondorenean 1979an berrezarri zen euskal selekzioa, aldi honetan, euskararen alde dirua biltzeko helburuarekin antolatutako partiden egokieran. Hartara, nabarmendu behar da 1990eko hamarkadan jauzia izan zela euskal selekzioak nazioarteko txapelketetan jokatzeko eskubidea aldarrikatzeko. 1993an Gabonetan adiskidantzazko partidak jokatzeko usadioa abian jarri zuen, eta urteroko maiztasunak ahabidetu zuen nazio taldearen aldeko aldarria indartzea. Hala, ESAIT

Euskal Selekzioen Aldeko Iritzi taldea, futbolaz gain, beste euskal nazio ordezkaritzak ofizialak izatea galdegiten duena, 1995ean sortu zen. Ildo berean, 1998an Eusko Legebiltzarrak EAJ, EA, HB eta IU alderdien botokoekin gehiengo osoarekin onartu zuen Kirolaren Legeak zioen euskal federazioei bakarrik zegokiela EAEko ordezkaritza egitea estatuan nahiz, bereziki, nazioartean ere (Gomez, 2007). Hori horrela, lege horren izaera bateraezina zen Espainiako lehen aipatutako 1990eko Kirol Legearen ahal gain-jartzailearekin, hari jarraiki Espainiako federazio eta kiroleko selekzioei zegokielako nazioarteko lehiaketetan Espainiako osotasuna ordezkatzea. Ondorioz, Jose Maria Aznarren gobernuak Konstituzio helegitea jarri zion Eusko Parlamentuak gehiengo osoaz hartutako ebazpenari, eta epaia ematea luzaroan atzeratu zuen Konstituzio Auzitegiak. 2012an eman zuen ebazpenean adierazi zuen Euskal Herriko selekzioek nazioartean parte hartu ahal dutela, baldin eta kirol horietan espainiar federaziorik ez den, eta kirolaren nazioarteko ordezkaritza egiteko estatuaren eskuduntza erasan gabe (cfr. EFE, 2012). Funtsean EAEko Kirol legea indargabetu zuen, eta nazioarteko ordezkaritzan estatuaren funtzio hegemonikoa lehenetsi.

Inondik ere, estaturik ez edukitzea erabakiorra da futbolaz euskal nazio nortasuna haragitzea zailtzeko. Nolanahi ere, futbolak, funtsezkoa den gabezia hori ahantzi gabe, islatzen ditu euskal nazio komunitatearen gatazkak ere, barrukoak eta berezkoak. Euskal Herria, hainbatek kultur nortasuna bakarrik aitortzen diona, hiru eremu politiko ezberdinetan zatituta dago, eta horietako batek, Ipar Euskal Herriak, ez du Frantziaren baitan izaera politikorik. Horrek denak askotariko hautemateak sustraitu ditu euskal nortasunaren inguruan. Batzuek espainiar eta frantziar nazio nortasunen mendeko nortasun emaletzat dute; beste batzuek beren berezko nazio nortasuntzat. Gainera, euskal herritar izateari buruzko definizioa ere anitza da. Badira jaioterria eta hizkuntza gisako faktoreak lehenesten dituztenak, Ipar Euskal Herrian nagusiki, eta bestalde, Hegoaldean oro har, euskal herritar izateko borondateari garrantzia handiagoa ematen diotenak. Hala, euskal nortasuna hobetsi eta Euskal Herria beraien naziotzat dutenen artean ere badira ezbaiak. Euskal nazioa ordezkatzen duen euskal selekzioaren inguruko korapiloa horren adierazgarria da, nazioa izendatzeko adostasun ezarekin abiatuta. 2007ko abenduan euskal selekzioak lehenengoz jokatu zuen Euskal Herria deituraz, Kataluniaren aurka jokatutako adiskidantzazko neurketan. Taldeak mugaz bi aldeetako lurraldea ordezkatzen zuenez, eta bi esparru horietako futbolariez hornitzen zenez, Euskal Herria izena hobetsi zuten jokalariek. Izan ere, Arabak, Gipuzkoak eta Bizkaiak osatzen duten erkidego politikoarekin lotu ohi da selekzioaren aurretiazko izendapena, Euskadi, Sabino Arana EAJren sortzaileak euskal nazioarentzat asmatu zuena. Aitzitik, hain justu, EAJk zuzendutako Eusko Jaurlaritzak Euskadi deitura historikoa berreskura zedin presioa egin zuen, eta 2009 eta 2010ean jokalariek adiskidantzazko partidarik ez jokatzea erabaki zuten. Eztabaida eragin zuen, euskal nazionalismoaren eskuin eta ezkerreko alderdien artean bereziki, euskal selekzioarekin atxikimendua daukatenen artean. Izatez, 1993an ezarri zen Gabonetako partiden usadioa gelditzea zekarren soilki, baina nazioaren izena, lurraldetasuna eta euskal selekzioaren erabilpena, eta, ezin uka, alderdikeria, izan zituen ezaugarri gertatuak (Rojo-Labaien, 2014a).

ESAITek eta euskal jokalarien gehiengoak bat eginik Euskal futbol federazioari galdegin zioten ofizialtasunerako bidean urrats gehiago egitea, eta 2010ean xede horretan akordiora iritsi ondoren, euskal selekzioak berriz ekin zion Gabonetako partidei. Venezuelari jarki eta gailendu zitzaion. Hain justu, Euskal Selekzioa izendapena, deitura berezia, hartu zuen orduz geroztik selekzioak, Euskadi eta Euskal Herria nazio deituren ezbaietik ihesean nolabait. Futbol nazio taldea, eta hartara, nazioa, deitzeko eztabaidak euskal nazionalismoaren baitan askatu gabe den auzia nabarmentzen du. Horrez gain, nazioaren komunitate imajinatua elikatzen duten sinbolo eta lurraldearen mailan zehaztapen eta batasun eza ere. Ildo horretan, elkartasun eza da Euskal Selekzioaren proiektuan aurrera urratsak egiteko prest dauden agintarien eta talde ekintzaileen arteko ezaugarri nagusia. Alde batetik, Eusko Jaurlaritzak mesfidantzaz erreparatzen die euskal selekzioen ofizialtasuna eskatzen duten herri elkarteei. Eusko Jaurlaritzako Kirol Zuzendari Jon Redondok 2013an *Berria* egunkarian esan zuen euskal kirol selekzioen aldeko ekimena Eusko Jaurlaritzari eta EKFB Euskal Kirolen Federazioen Batasunari dagokiela (Redondo, 2013). Bestalde, euskal selekzioaren ofizialtasunaren aldeko herri taldeen artean ere ez dago batasunik, ez eta elkartasunezko ekimenik ere. 2009ko Abenduaren 27an Donostiako Belodromoan ehunka kirolarirekin antolatu zuten KirolHaerria jaialditik sortu zen Euskal Herria Kirola mugimendua.

Euskal Herria mailako txapelketak sorraraztea eta era horretara kirolaren eta kirolarien ekinaz euskal selekzioak bideratzea helburu zuen. Elkarte horren arabera, ESAITetik ezberdintzen zen horretan, ESAIT politikaren alorraren baitakoa zelako (Rojo-Labaien, 2014a). Gainera, 2014ko abenduan, Euskal Selekzioak eta Kataluniak Bilbon jokatu behar zuten Gabonetako adiskidantza partidarekin lotuta, Jauzia deituriko beste plataforma bat sortu zen Durangon euskal selekzioen ofizialtasunaren alde pausoak emateko asmoz. Kirolari eta kirol talde ugariren babesa jaso zuen ekimenak, lehenago ere helburu berarekin egindako ekimenak beren atxikimenduez sostengatu zituztenen antzera. Jauzia plataformak aurkezpenean iragarri zuen herritar, kirolari, federazio eta erakundeen arteko elkarlana sustatuko zuela euskal selekzioen alde (Larrabe Arnaiz, 2014). Dena dela, Euskal Herria Kirolak eta ESAITek ez zuten ekimen berriarekin hartueman zuzenik.

Redondok, *Berria* kazetan argitu zuen (2015) federaziorik ez dagoen kiroletan, edo estatua izatea eskatzen ez dutenetan, aukera izan dezakeela euskal selekzioak. Dena dela, futbolean, kirol orotan luzaz ordezkaritza sinboliko handiena duen aldaeran, estatua eduki behar izatearen egungo oztopo gaindiezina oroitarazi zuen. Egoera aldatu bitartean, FIFAk nazioarteko partidak jokatzeko araututako datetan Euskal Selekzioak adiskidantzazko neurketa gehiago jokatzeko urratsak egingo zituztela iragarri zuen. ESAITek nahiz Euskal Herria Kirola taldeek antzerako proposamenak eginak zituzten, baina ez ziren gauzatu. Bestalde, Eusko Jaurlaritzak Europako Batasunera edo Europako Justizia Auzitegira joko zuela iradoki zuen, Euskal Selekzioak futbol ekitaldietan lehiatu ahal izateko. Orotara, Eusko Jaurlaritzaren Kirol Zuzendariak berretsi zuen ESAITek 2008an esan zuena, hots, Gabonetako adiskidantza partida soilen zikloa amaitua zela, eta horrez gaindiko urratsak egin behar dituela Euskal Selekzioak. Horretan badago adostasunik.

## 4. Ondorioak

Futbola euskal nazio garaikidea aztertzeko ikerketa tresnatzat hartu da artikulu honetan. Hein batean, Euskal Selekzioak nazioarteko txapelketak jokatzeko duen aukera balizko euskal estatua sortzearen aukeraren mendean dagoela ondorioztatu da. Futbol ordezkaritza eta estatu-nazioa estu lotuta daude, eta areago globalizazio garaian, estatuari zilegitasuna ematen zioten bestelako ahalbide sinbolikoak ahuldu direnean. Nazioarteko ekitaldietan nazio selekzioa izateak ia osoki burujabetasun politikoa aditzera ematen du, eta horrenbestez, norbere berezko selekzioa izatea eta burujabetza aitortua izatea ia sinonimotzat hartu behar dira, FIFAk horrela esanda gainera. Futbola politikoa da osoki, sortzez XX.mendean, Lehen Mundu Gerra inguruko nazionalismoen norgehiagokaren testuinguruan, horrela egituratu baitzuten. Ezkorra izanagatik, abiapuntu hori aintzat hartu beharrekoa da Euskal Selekzioaren geroari arrazoibidezko gogoetaz erreparatzeko. Horrek ez du esan nahi aurrerako urratsak egin ezin ditzakeenik, abiapuntua ezagun izan behar duela baizik. Bitartean, euskal klubek euskal nazio nortasunaren ordezkaritzaren gidaritza dute.

Nolanahi ere, futbolak eta Euskal Selekzioak euskal nazioaren konplexutasuna adierazten du barnera begira ere. Euskal Herrian industrializazio berantiarraren testuinguruan gizarteratutako euskal nazionalismoak eta futboleko ekitaldiaren erabilpenak balio izan dute Espainiako estatu nazioaren proiektutik berezko nazio nortasuna bereizi ahal izateko, baina ez dute lortu euskal nazioaren baterazlea izaterik. Izan ere, euskal nazio nortasuna hobesten dutenen artean ere, hau da, euskal nazionalismoaren baitan dauden ekimenen artean ere, elkartasun eza da ezaugarririk adierazgarriena, Euskal Selekzioaren inguruko liskarrek aditzera ematen duten gisara. Ondorioz, Espainia eta Frantziako estatuek Euskal Herriaren nazio ordezkaritzari ezarritako eragozpenaz batera, euskal nazioaren nolakotasunaren barneko gogoeta sakonagoari bide ematen dio kirolak.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Artikulu honetan egindako hausnarketari ezkorregia iritzi ahalko diote hainbatek. Hala ere, gizarte ikerketako hurbiltze batetik burututako zientzia gogoeta zuhurrena dela deritzot. Hala, etorkizunera begira, ikergai izango dut, beti ere gizarte zientzietatik erreparatuta, futbol euskal nazio taldeak kanpoko eta barneko hertsidurei aurre egiteko izan dezakeen ahalmena aztertzea. Alde batetik, estatua izatea derrigortzen duen nazioarteko futbolaren erakundetzean zer zirrikitu aurkitu eta nolako pausoak eman ditzakeen ikertuko dut. Bestalde, bereziki, euskal nazioaren

geroari buruzko barne auziak nola kudeatu ahal dituen aztertzea garrantzia handikoa da. Esan nahi baita estaturik gabeko euskal nazioaren gaineko adostasun zabalen gabezia nola gainditukо duen nazio taldeak ikertzea, Iparraldea ere barne hartuta. Izan ere, Euskal Selekzioak aditzera ematen ditu euskal nazioaren lurraldetasunaz, sinboloez eta izenaz ebatzi gabe dauden ezbaiak. Futbolak nazioarteko ekitaldietan estatu-nazioen sinboloak bateratzen eta zilegitzen lagundu ohi du, baina onura horretarako, jakina denez, derrigorrezko baldintza da aurrez estatua edukitzea.

## 6. Erreferentziak


Anderson, B. (1991): *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism*, Verso, Londres eta New York.

Ball, P. (2010): *Morbo. La historia del fútbol español*, T&B Editores, Madril.

Boyle, R. eta Haynes, R. (2000): *Power play: Sport, the Media and Popular Culture*, Longman, Londres.

Bromberger, C. (1998): *Football, la bagatelle la plus sérieuse du monde*, Bayard Éditions, Paris.

Castañon Rodriguez, J.(1993): *El lenguaje periodístico del fútbol*, Universidad de Valladolid, Valladolid.

De la Madrid, J.C. (2013): *Una patria posible: Fútbol y nacionalismo en España*, Trea Ensayos, Gijon.

Dietschy, P. (2010): *Histoire du football*, Perrin, Paris.

EFE (2012): Las selecciones vascas podrán competir internacionalmente si España no tiene representación, *Diario Vasco*, apirilaren 26a.

Espainiako Gobernua (1990): 10/90 legea kirolarena, urriaren 15ekoa.

FIFA (2012) *Estatutos de la FIFA Edición Julio de 2012*. http://www.fifa.com/mm/document/affederation/generic/01/66/54/21/fifastatutes2012e.pdf

Gomez, D. (2007) *La Patria del Gol: Fútbol y política en el Estado español*, Alberdania, Irun.

Gonzalez Aja, T. (2002): La política deportiva en España durante la República y el Franquismo, in T. Gonzalez Aja (arg.), *Sport y autoritarismos. La utilización del deporte por el comunismo y el fascismo*, Alianza Editorial, Madril, 169-202.

Gotzon, J. (1998): *Euskadiko futbol selekzioaren historia*, Ediciones Beitia, Bilbo.

Hobsbawm, E. (1992): *Nations and nationalism since 1780: Programme, myth, reality*, Cambridge University Press, Cambridge.

Larrabe Arnaiz, A. (2014): Ofizialtasunerako Jauzia, *Berria*, abenduaren 6a. http://www.berria.eus/paperekoa/1787/024/001/2014-12-06/ofizialtasunerako_jauzia.htm

Llopis Goig, R. (2008): Identity, Nation-state and Football in Spain. The Evolution of Nationalist Feelings in Spanish Football, *Soccer & Society*, 9, 56–63.

Quiroga, A. (2013) *Football and national identities in Spain: The Strange Death of Don Quixote*, Palgrave Macmillan, Basingstoke.

Redondo, J. (2013): Gure ofizialtasuna eskatzea ez da besteei kalte egitea, *Berria*, otsailaren 5a. Elkarrizketaren egilea: J. Etxeberria. http://paperekoa.berria.info/kirola/2013-02-05/022/001/eutsi_egin_behar_dugu_kolpeari_nola_edo_hala_aurre_egin.htm

——————— , (2015): Bidea errazagoa da Espainia eta Frantzia ez dauden lekuetan, *Berria*, otsailaren 10a. Elkarrizketa egilea: U. Zubeldia. http://www.berria.eus/paperekoa/1833/024/001/2015-02-10/bidea_errazagoa_da_espainia_eta_frantzia_ez_dauden_lekuetan.htm

Rojo-Labaien, E. (2014a): *Futbola eta nazio eraikuntza Euskal Herrian eta Espainian*, Utriusque Vasconiae, Donostia.

——————— , (2014b): El fútbol: reflejo permanente de la diversidad nacional del estado español desde sus orígenes, *Apunts Educació física i Esports*, 116, 23-32.

Shaw, D. (1987) *Fútbol y franquismo*, Alianza Editorial, Madril.

Sonntag, A. (2008) *Les Identités du football européen*, Pug, Grenoble.

Unzueta, P. (1999) Fútbol y nacionalismo vasco, in S. Segurola (arg.), *Fútbol y pasiones políticas*, Debate, Madril, 147-167.

Walton, J. (1999): Football and Basque identity: *Real Sociedad* of San Sebastián, 1909-1932, *Memoria y Civilización*, 2, 261-289.

——————— , (2011): Sport and the Basques: Constructed and Contested Identities, 1876-1936, *Journal of Historical Sociology*, 24, 451-471.

# Babes soziala epe luzeko langabezia egoeran dauden eta seme-alabak kargura dituzten familien erresilientzia prozesuan

Díez Sanz, A.
*Deustuko Unibertsitateko Doktoregaia*
*ainhoadiez@deusto.es*

## Laburpena

Egoera latzei aurre egiterako orduan eta familia funtzionamendu maila egoki bat edukitzeko orduan, babes sozialak duen garrantzia nabarmendu dute ikerketa ugarik. Baina aldi berean, langabeziaren ondorioetako bat babes soziala eskaintzen duten sareen murrizketa eta/edo hondatzea dela ere adierazi da. Hortaz, helburu nagusiak hauek dira: 1) epe luzeko langabezia egoeran dauden eta seme-alabak kargura dituzten familien artean erresilienteak identifikatu, 2) epe luzeko langabeziak familia erresilienteen sisteman duen eragina ezagutu eta 3) babes sozialak familiaren erresilientzian izan duen rola aztertu.

Hitz gakoak: familia-erresilientzia, epe luzeko langabezia, babes soziala, familia-funtzionamendua.

## *Abstract*

*Many studies have shown that social support is a key element when facing difficult situations and maintaining an adequate level of family functioning in spite of adversities. Nonetheless, one of the effects of unemployment consists on the diminution or deterioration of the social support networks. The main goals are 1) to identify the resilient families among those that are long term unemployed and have dependent children, 2) to study the impact of long term unemployment in the family system, and 3) to analyze the role of social support in the family resilience process.*

*Keywords: family resilience, long term unemployment, social support, family functioning.*

## 1.Sarrera

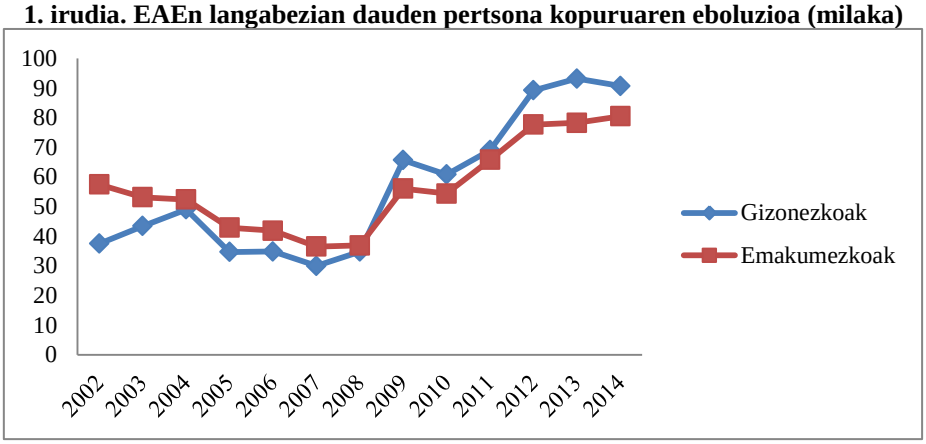
Euskal Autonomi Erkidegoan 2014 urtea amaitzean langabezia tasa %16.33koa izan zen (INE, 2015). Tasa hau, ia hirukoiztu egin da 2008tik (%5.8 lehenengo hiruhilekoan), langabezian dauden pertsona kopuruaren eboluzioaren tendentzia inbertitu zen urtetik alegia (ikus 1.irudia). Azken urtean, langabezian egon diren pertsona kopuru horretatik %64.43 urtebetez edo luzeagoz aritu izan da enplegu bila, hau da, 2014an langabezian egon diren 10 pertsonatatik 6, epe luzeko langabetuak izan ziren (INE, 2015).

Baina enplegu bako pertsona bakoitzaren atzean, egoeraren ondorioak pairatzen duen familia bat dagoela azpimarratu behar da. Bizi-gertakari estresagarri guztiek bezala, langabeziak ere, lanik ez duen pertsonarengan gain, familia-sistema osoarengan eragiten du (Walsh, 2002, 2003, 2012). Hau da, bere efektuak, sistema osatzen duten kide bakoitzean eragiten du, baita familiarteko zein familiaz kanpoko harremanetan ere.

Zentzu honetan, langabeziak familiaren oreka funtzionalaren egonkortasuna galarazten duela esan daiteke, sistemarekiko estres maila handitzen baitu. Gainera, estres maila hau beraien kargura seme-alabak dituzten familietan nabarmenago egiten da, beste batzuen iraupenaren ardurak langabeziak berak dakarren tentsio psikologiko maila handitzea ekar baitezake

(Weckström, 2012 Young, 2008 aipatuz), eta ondorioz familia disfuntzionaltasunerako zaurgarritasuna handitu.

**1. irudia. EAEn langabezian dauden pertsona kopuruaren eboluzioa (milaka)**




Iturria: Norberak egina INEko (2015) datuak erabiliz.

## 2. Ikerketaren helburuak

Helburuei dagokionez, hiru helburu orokor planteatu dira, helburu orokor bakoitza helburu espezifikoetan zatitzen delarik (Ikus 2. irudia).

**2. irudia. Helburu orokorrak eta espezifikoak**

**1) Epe luzeko langabezia egoeran dauden eta seme-alabak kargura dituzten familien artean erresilienteak identifikatu.**

- Epe luzeko langabezian dauden eta seme-alabak kargura dituzten familien familia-funtzionamendua neurtu.
- Familia erresilienteen sinesmen/balio-sistema, antolaketa eredua eta komunikazio prozesuak identifikatu.

**2) Epe luzeko langabeziak familia erresilienteen sisteman duen eragina ezagutu.**

- Epe luzeko langabeziari gehitutako faktore estresagarriak identifikatu (langabetuaren adina eta sexua, prestakuntza maila, kargura dituzten seme-alaben adina eta kopurua, beharrizan bereziak dituzten pertsonak, etab.).
- Epe luzeko langabeziatik eratorritako beharrizanen familiak duen pertzepzioa aztertu (etxebizitzaren gastuak ordaintzeko laguntza, babes emozionala, etab.).
- Langabeziak familia antolaketan, komunikazio patroietan eta sinesmen/balio-sisteman duen eragina aztertu.

**3) Babes sozialak familiaren erresilientzian izan duen rola aztertu.**

- Epe luzeko langabezia egoeran dauden eta seme-alabak kargura dituzten familia erresilienteen babes sare nagusiak identifikatu.
- Epe luzeko langabezian dauden eta seme -alabak kargura dituzten familia erresilienteek sareen bitartez jasotako babes sozial mota (emozionala, materiala/instrumentala eta informaziozkoa) identifikatu.
- Familiak jasotako babes sozialaren eraginkortasunaren inguruan duen pertzepzioa ikertu.

Iturria: Norberak egina.

## 2. Ikerketaren muina

Abian dagoen tesi proiektu honen marko teorikoak hiru atal ditu: 1) epe luzeko langabezia eta familia-sisteman duen eragina, 2) familia-erresilientzia prozesua eta 3) babes sozialak erresilientzia prozesuan daukan rola.

### 2.1. Epe luzeko langabeziak familia-sisteman duen eragina

Ikerketa ugarik (Arístegui, 2012; Buendía, 2010; Jahoda, 1981) erakutsi dute enplegua pertsonen bizitzan garrantzia handiko zerbait dela. Hau da, enpleguak funtzio psikosozial

multzo bat betetzen du, adibidez, diru-sarrera iturri nagusia izatea, nortasun eta estatus sozioekonomiko bat ematea, nukleo familiarretik kanpo harremanez hornitzea, denboraren estrukturatzea, etab. (Buendía, 2010; Jahoda, 1982; Fagin eta Little, 1984). Modu honetan, enplegu ezak, edo beste modu batean esanda, langabeziak, bi mailatan eragiten du: alde batetik, maila indibidualean eragiten du eta bestetik, harreman-mailan (bai familiartean ematen diren harremanetan bai familiaz kanpokoetan). Hala ere, maila bi hauek elkarlotuta daude, batak bestean eragiten du eta.

Norbanako-mailari dagokionez, lan ezak pertsona langabetuaren osasun fisiko zein mentalean eragin kaltegarria daukala frogatu izan da[1]. Gainera, lan ezaren iraupenak ondorioetan eragina duela ikusi izan da eta ondorioz, langabezia egoeran denbora gehiago daramaten pertsonen osasuna denbora gutxiago daramatenena baino okerragoa da (Chen et al. 2012; Ferguson et al. 1997; Jackson eta Warr 1987; Menaghan 1991; Rodriguez et al., 2001; Schliebner eta Peregoy, 1994).

Zentzu honetan, langabezia, eta epe luzekoa bereziki, estres maila altuko bizi-gertakaria dela esan daiteke, familia-sistema osoan eragina duuena (Ferguson et al., 1997; Menaghan, 1991; Murphey eta Shillingford, 2011; Schliebner eta Peregoy, 1994; Weckström, 2012), baita familiarteko zein familiaz kanpoko harremanetan ere (Gough eta Killewald, 2011). Baina inpaktuan eragiten duten bestelako aldagaiak daudela ere ezin ahaztu daiteke, hala nola, langabezian dagoen pertsonaren sexua eta adina, prestakuntza maila, kargura dituen seme-alaba kopurua eta adina, bikotekidearen lan-egoera, etab. (Waters eta Moore, 2002).

### 2.2. Familia-erresilientzia prozesua

Hortaz, alde batetik, familia-sistemaren funtzionamendua mudatzen da, hiru dimentsiotan aldaketak suertatzen direlarik: antolakuntzan, komunikazioan eta familia- sinesmen edo balio sisteman. Hori hala izanik, familiak egoera berrira doitu eta egokitu beharko dira, horretarako behar diren aldaketak eginez (M.A. McCubbin eta H.I. McCubbin, 1996).

Familia-erresilientzia kontzeptuaren konplexutasunaren jabe izanik[2] (Becoña Iglesias, 2006; DeHaan, Hawley eta Deal, 2002; García-Vesga eta Domínguez de La Osa, 2013; Hawley eta DeHaan, 1996; Luthar, Cicchetti eta Becker, 2000; Patterson, 2002; Richardson, 2002; Schiera, 2005), estresaren eta estresari aurre egiteko teorietatik datorren definizioa erabiliko da, non familia-erresilientzia *"kontrako baldintzetan jokabide-eredu positiboak eta gaitasun funtzionala" erakustea"* (H.I. McCubbin, Thompson eta M.A. McCubbin, 1996: 265) den. Definizio honek Froma Walshen (2002, 2003, 2012) definizioarekin egiten du bat, non familia-erresilientzia krisiak eta bestelako egoera okerretan murgilduta egoteagatik ere, familia-funtzionamendu maila egokia izatea den.

### 2.3. Babes sozialaren rola egoera latzen aurrean

Azkenik, marko teorikoa osatzen duen hirugarren atala babes sozialari dagokiona da, ikerketa ugarik frogatu izan baitute egoera estresagarrien aurrean faktore babesgarri edo leungarri bezala jokatzen duela[3].

---

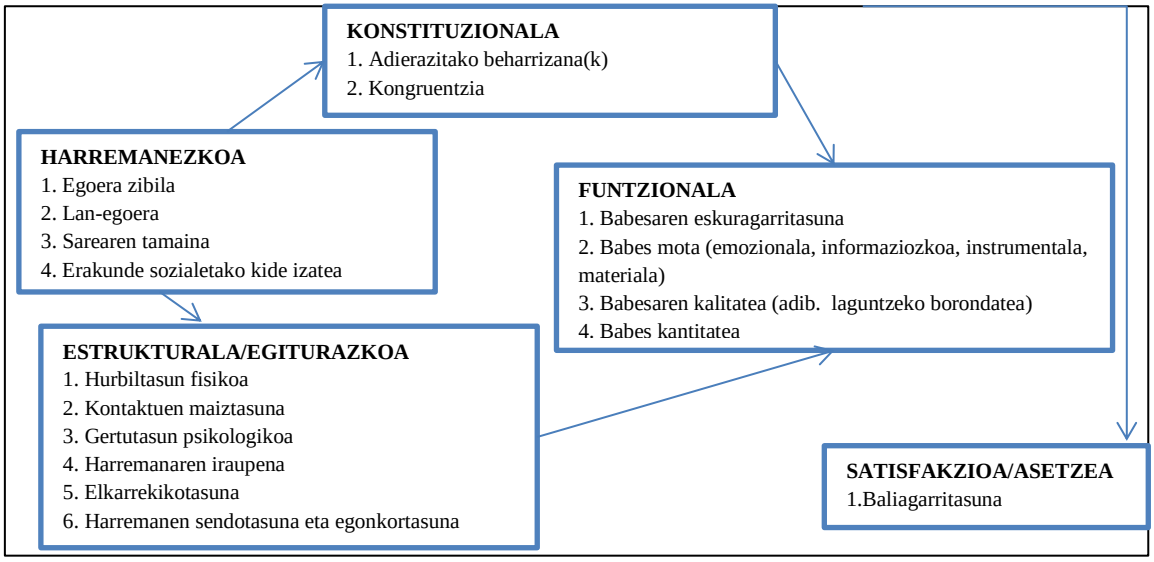
[1] Adibidez Afonso eta Poeschl, 2014; Anaf et al., 2013; Artazcoz, Benach, Borrell eta Cortes, 2004; Axelsson eta Ejlertsson, 2002; Ball eta Orford, 2002; Buendía, 2010; Chen et al., 2012; Ferguson et al., 1997; Goldsmith, Veum eta Darity, 1997; Kroll eta Lampert, 2009; Jackson eta Warr, 1987; Linn et al., 1985; Menaghan, 1991; Murphey eta Shillingford 2011; Nuttman-Schwartz eta Gadot 2012; Roberts et al., 1997; Schliebner eta Peregoy, 1994; Weckström, 2012.

[2] Erresilientzia eta familia-erresilientzia kontzeptuak 2013-2014 kurtsoan zehar egindako Familiekin Eskuhartzea eta Bitartekaritza Unibertsitate-Masterreko Master Amaierako Lanean landu ziren. Enrique García Martínek zuzendutako lana izan zen eta 2014ko maiatzean aurkeztu eta defendatu zen, 10eko (OM) kalifikazioa izanik.

[3] Buendía, 2010; Cáritas, 2010; Drageset eta Lindstrøm, 2005; de Federico, 2011; Fielden eta Davidson, 1998; Friendland, Renwick eta McColl, 1996; Guarino eta Sojo, 2009; Jackson eta Warr, 1987; Kroll eta Lampert, 2009;

Operazionalki, babes sozialaren bi iturri mota bereiz daitezke; sare formala (terapeutak, gizarte langileak, bestelako erakundeetako profesionalak eta zerbitzuak, etab.) eta informala (lagunak, senitartekoak, bizilagunak, klub sozialak, etab.) (Dunst eta Trivette, 1990: 326; Requena, 2011).

**3. irudia. Babes sozialaren osagai eta dimentsio nagusien definiziorako marko kontzeptuala**




Iturria: Dunst eta Trivette (1990: 331).

Hainbat ikuspegi daude babes sozialaren kontzeptualizazioa eta operazionalizazioa jorratzerako orduan (adibidez, Distelberg, Martin eta Borieux, 2014; Dunst eta Trivette, 1990; Estrada eta Chan, 2009; Pierce, Sarason, Sarason, Joseph eta Henderson, 1996; Requena, 2011). Dunst eta Trivettek (1990) esate baterako, babes soziala bost osagarriz osatua dagoela kontsideratzen dute, osagarri bakoitza dimentsiotan zatitzen delarik (3. irudia).

Beraz, egoera paradoxiko bat ematen dela esan daiteke; pertsonek egoerari aurre egiteko eta familiaren oreka funtzionala berreskuratu edo mantendu ahal izateko sare formal zein informaletatik datorren babes soziala behar dute baina aldi berean, babesa ematen duten sare nagusiekiko elkarrekintza murrizten eta aldatzen da.

Modu honetan, egungo egoeran -eta baita hortik haratago ere-, garrantzitsua da familiek langabezia egoeratik sortutako ze beharrizan berri identifikatzen dituzten ezagutzea eta batez ere, beharrizan horiek asetzeko asmoarekin zer eta nola egiten ari diren jakitea. Honen aurrean, familia-erresilientzian eragina duten faktore guztien artean, babes soziala garrantzizkoa dirudien faktore bilakatzen da.

## 4. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa hau abian da oraindik hortaz, berau aurrera eramateko erabiliko den metodologiaz arituko gara.

Erresilientzia prozesuan bizi-gertakari estresagarrien bizipenak eta pertzepzioak daukaten garrantzia ikusita, lan hau aurrera eramateko erabiliko den metodologia kualitatiboa izango da nagusiki. Metodo honek, "*fenomeno sozialak gertatzen diren ingurunean bertan aztertzen ditu*,

Lackovick-Grgin eta Dekovic, 1996; Linn et al.; 1985; Mallinckrodt eta Bennet, 1992; Mallinckrodt eta Fretz, 1988; Martinez de Ibarreta, Redondo eta Rúa, 2011; M.A. McCubbin eta H.I. McCubbin, 1996; McDonough, Sabiston, Ullrich-French, 2011; Nabors, Kichler, Brassell, Thankkar, 2013; Roberts et al., 1997; Schwarzerr, Jerusalum eta Hahn, 1994; Senol-Durak eta Belgin Ayvasik, 2010; Tak eta M. A. McCubbin, 2002; Vinokour eta van Ryn, 1993, beste batzuen artean.

*giza jokabidearen aspektu subjektiboak ezaugarri objektiboei gailentzen zaielarik, giza aktoreak ematen dion zentzua aztertuz*"[4] (Ruiz Olabuénaga, 2012:44).

Ikerketaren ezaugarriak eta helburuak kontutan izanik, ikerketak bi fase metodologiko izango ditu, fase bakoitzak tresna eta teknika ezberdinak beharko dituelarik (Ikus 1.taula).

**1.taula. Ikerketa faseak, helburuak eta erabiliko diren teknikak eta tresnak.**

| Fasea | Helburuak | Tresnak/ Teknikak |
|---|---|---|
| I. Fasea | ✓ Epe luzeko langabezia egoeran dauden eta seme-alabak kargura dituzten familien artean erresilienteak antzeman eta aukeratu | • Familia-funtzionamendua neurtzeko eskalak |
| II. Fasea | ✓ Langabeziak familia-sisteman duen eragina aztertu<br>✓ Babes sozialak familia-erresilientzian duen rola aztertu | • Sakoneko elkarrizketa erdi egituratuk |

Iturria: Norberak egina

Walshek proposatutako (2002, 2003, 2012) familia-erresilientzia definizioari erreparatuz gero, familia erresilienteak krisi edo bestelako egoera latzetan funtzionamendu maila egokia adierazten dutenak dira. Hortaz, lehenengo fasean, familia erresilienteak antzeman eta aukeratzeko, familia funtzionamendua neurtzeko eskalak erabiliko dira. Hala ere funtzionamendu mailaren *egokitasuna* ezarri beharko da.

Behin familia erresilienteak identifikatuta, bigarren fase bat egongo da. Familia horretako kideei sakoneko elkarrizketa erdi egituratuak egingo zaizkie (banaka ala bateratua izango den erabakitzear dago) eta horren bitartez langabeziak familian izan dituen ondorioetan sakondu, erresilientzia prozesua ikertu eta babes sozialak prozesu horretan izan duen rola aztertuko dira.

Familia erresilientzia prozesua ikertzeko McCubbin, Thompson eta McCubbinek (1996) proposatutako –Familia- Erresilientzia Modeloa[5] erabiliko da eta familiaren erresilientzialtasuna[6] aztertzeko Walshek (2002, 2003, 2012) erabiltzen dituen komunikazio, sinesmen-sistemak eta antolaketa prozesuak aztertuko dira.

Familien hautaketarako nahitako laginketa erabiliko da (Ruiz Olabuénaga, 2012) eta horretarako Bizkaiko Gizarte Zerbitzu ezberdinetako profesionalen kontaktuaz baliatuko gara. Hala ere, muga geografikoak Euskal Autonomi Erkidegora zabaltzea ere posible da.

## 5. Erreferentziak

Arístegui, I; Beloqui, U; Mosteiro A. (2012). El valor del trabajo. J. Leonardo. *C.A de Euskadi y Navarra. El cambio de valores en los inicios del S.XXI* (pp.163-189). Bilbao: Universidad de Deusto.

Artazcoz, L., Benach, J., Borrell, C., eta Cortes, I. (2004). Unemployment and mental health: Understanding the interactions among gender, family roles, and social class. *American Journal of Public Health, 94*(1), 82-88.

Axelsson, L., eta Ejlertsson, G. (2002). Self-reported health, self-esteem and social support among young unemployed people: A population-based study. *International Journal of Social Welfare, 11*(2), 111-119.

Becoña Iglesias, E. (2006). Resiliencia: Definición, características y utilidad del concepto. *Revista De Psicopatología y Psicología Clínica, 11*(3), 125-146.

Chen, L., Li, W., He, J., Wu, L., Yan, Z., eta Tang, W. (2012). Mental health, duration of unemployment, and coping strategy: A cross-sectional study of unemployed migrant workers in eastern china during the economic crisis. *BMC Public Health, 12*:597.

[4] Norberak itzulia, originala: "*estudiar los fenómenos sociales en el propio entorno natural en el que ocurren, dando primacía a los aspectos subjetivos de la conducta humana sobre las características objetivas explorando, sobre todo, el significado del actor humano*" (Ruiz Olabuénaga, 2012b:44).

[5] *Resilience Model of Family Adjustment and Adaptation* da izen orijinala, Resilience Model izen sinplifikatuaz ezagutzen delarik (McCubbin, Thompson eta McCubbin, 1996).

[6] Ingelerazko *resiliency*.

De Haan, L., Hawley, D. R., eta Deal, J. E. (2002). Operationalizing family resilience: A methodological strategy. *American Journal of Family Therapy, 30*(4), 275-291.

Distelberg, B. J., Martin, A. S., eta Borieux, M. (2014). A deeper look at the social support index: A multi-dimensional assessment. *American Journal of Family Therapy, 42*(3), 243-256.

Dunst, C.J. eta Trivette, C.M. (1990). Assessment of social support in early intervention programs. En S.J. Meisels eta J.P. Shonkoff (eds.). *Handbook of Early Childhood Intervention*. Nueva York: Cambridge University Press.

Estrada Pineda, C., Chan Gamboa, E., Herrero Olaizola, J., Rodríguez Díaz, F., Herrero Díez, F., & Bringas Molleda, C. (2009). Apoyo social. C. Estrada Pineda, & E. Chan Gamboa, *Apoyo social y colectivos vulnerables: Una herramienta para la intervención contra la violencia de género* (pp. 21-44). Ediciones de la Universidad de Oviedo.

Fergusson, D. M., Horwood, L. J., eta Lynskey, M. T. (1997). The effects of unemployment on psychiatric illness during young adulthood. *Psychological Medicine, 27*(2), 371-381.

Fielden, S. L., eta Davidson, M. J. (1998). Social support during unemployment: Are women managers getting a fair deal? *Women in Management Review, 13*(7), 264-273.

Fischer, J., eta Corcoran, K. (2007). *Measures for Clinical Practice and Research* (3 ed., Vol. 1). New York: Oxford University Press.

García-Vesga, M. eta Domínguez-de, l. O. (2013). Desarrollo teórico de la resiliencia y su aplicación en situaciones adversas: Una revisión analítica. *Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, 11*(1), 63.

Goldsmith, A. H., Veum, J. R., eta Darity, W. (1997). Unemployment, joblessness, psychological well-being and self-esteem: Theory and evidence. *Journal of Socio-Economics, 26*(2), 133-158.

Gough, M., eta Killewald, A. (2011). Unemployment in families: The case of housework. *Journal of Marriage and Family,* (5), 1085-1100.

Guarino, L., eta Sojo, V. (2011). Apoyo social como moderador del estrés en la salud de los desempleados. *Universitas Psychologica, 10*(3), 867-879.

Hawley, D. R. (2000). Clinical implications of family resilience. *American Journal of Family Therapy, 28*(2), 101-116.

Hawley, D. R., eta DeHaan, L. (1996). Toward a definition of family resilience: Integrating life-span and family perspectives. *Family Process, 35*(3), 283-298.

Jackson, P. R., Stafford, E. M., Banks, M. H., eta Warr, P. B. (1983). Unemployment and psychological distress in young people: The moderating role of employment commitment. *Journal of Applied Psychology, 68*(3), 525-535.

Jackson, P. R., eta Warr, P. (1987). Mental health of unemployed men in different parts of England and wales. *British Medical Journal (Clinical Research Edition), 295*(6597), 525-525.

Jahoda, M. (1981). Work, employment, and unemployment: Values, theories, and approaches in social research. *American Psychologist, 36*(2), 184-91.

Kroll, L. E., eta Lampert, T. (2011). Unemployment, social support and health problems results of the GEDA study in Germany, 2009. *Deutsches Arzteblatt International, 108*(4), 47-U14.

Linn, M. W., Sandifer, R., eta Stein, S. (1985). Effects of unemployment on mental and physical health. *American Journal of Public Health, 75*(5), 502.

Luthar, S. S., Cicchetti, D. eta Becker, B. (2000). The Construct of Resilience: A Critical Evaluation and Guidelines for Future Work. *Child Development, 71*(3), 543-562.

Mallinckrodt, B., eta Bennett, J. (1992). Social support and the impact of job loss in dislocated blue-collar workers. *Journal of Counseling Psychology, 39*(4), 482-89.

McCubbin, H. I. (1996). In Thompson A. I., Mccubbin M. A. (Eds.), *Family assessment: Resiliency, coping and adaptation: Inventories for research and practice* Madison, Wisconsin: University of Wisconsin Publishers.

Menaghan, E. G. (1991). Work experiences and family interaction processes: The long reach of the job? *Annual Review of Sociology,17,* 419-444.

Murphey, C. M., eta Shillingford, M. A. (2012). Supporting unemployed, middle-aged men: A psychoeducational group approach. *Journal of Employment Counseling*, (2), 85-96. doi:10.1002/j.2161-1920.2012.00009.x

Nuttman-Shwartz, O., eta Gadot, L. (2012). Social factors and mental health symptoms among women who have experienced involuntary job loss. *Anxiety Stress and Coping, 25*(3), 275-290. doi:10.1080/10615806.2011.583644

Patterson, J. M. (2002). Understanding family resilience. *Journal of Clinical Psychology, 58*(3), 233-246. doi:10.1002/jclp.10019

Pierce, G. R., Sarason, B. R., Sarason, I. G., Joseph, H. J. eta Henderson, C. A. (1996). Conceptualizing and Assessing Social Support in the Context of the Family. En G. Pierce, B. Sarason e I. Sarason, *Handbook of Social Support and the Family* (pp. 3-23). Nueva York: Plenum.

Requena Santos, F. (2011). *Las redes de apoyo social* (1ª ed.). Cizur Menor (Navarra): Civitas.

Richardson, G. E. (2002). The metatheory of resilience and resiliency. *Journal of Clinical Psychology, 58*(3), 307-321.

Roberts, H., Pearson, J. C. G., Madeley, R. J., Hanford, S., eta Magowan, R. (1997). Unemployment and health: The quality of social support among residents in the Trent region of England. *Journal of Epidemiology and Community Health (1979-), 51*(1), 41-45.

Ruiz Olabuénaga, J. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa.* Bilbao: Publicaciones de la Universidad de Deusto.

Sawin, K., Harrigan, M., eta Woog, P. (1994). *Measures of Family Functioning for Research and Practice.* New York: Springer Publishing Company.

Schiera, A. (2005). Uso eta abuso del concepto de resiliencia. *Revista De Investigación En Psicología, 8*(2), 129-135.

Schliebner, C. T., eta Peregoy, J. J. (1994). Unemployment effects on the family and the child: Interventions for counselors. *Journal of Counseling and Development, 72*(4), 368-372.

Schwarzer, R., Jerusalem, M., eta Hahn, A. (1994). Unemployment, social support and health complaints: A longitudinal study of stress in east german refugees. *Journal of Community eta Applied Social Psychology, 4*(1), 31-45.

Walsh, F. (2002). A Family Resilience Framework: Innovative Practice Applications. *Family Relations, 51*(2), 130-137.

Walsh, F. (2003). Family resilience: A framework for clinical practice. *Family Process, 42*(1), 1-18.

Walsh, F. (2012). *Resiliencia familiar: estrategias para su fortalecimiento* (2 ed.). Buenos Aires: Amorrortu editores.

Warr, P., eta Jackson, P. (1984). Men without jobs: Some correlates of age and length of unemployment. *Journal of Occupational Psychology, 57*, 77-85.

Warr, P., Banks, M., eta Ullah, P. (1985). The experience of unemployment among black and white urban teenagers. *British Journal of Psychology, 76*(1), 75-87.

Waters, L. E., eta Moore, K. A. (2002). Predicting self-esteem during unemployment: The effect of gender, financial deprivation, alternate roles, and social support. *Journal of Employment Counseling, 39*(4), 171-189.

Weckström, S. (2012). Self-assessed consequences of unemployment on individual wellbeing and family relationships: A study of unemployed women and men in Finland. *International Journal of Social Welfare, 21*(4), 372-383.

Young, C. (2012). Losing a job: The nonpecuniary cost of unemployment in the united states.(report). *Social Forces, 91*(2), 609.

## 6. Eskerrak

Martxan darraien tesi proiektua María Silvestre Cabrera eta Iratxe Aristegui Fraduak zuzendutako lana da, hortaz, eskerrik beroenak beraiei lana aurrera eramateko ematen didaten babes eta indarragatik. Gainera, Deustu Balio Sozialen Ikerketa taldean kokatzen den proiektua izanik, eskerrak ere taldekide guztiei ikerketa egiteko aukera eman izanagatik. Horrez gain, Ekonomia eta Lehiakortasun Ministerioak finantzatutako gizarte ongizate ereduan krisiak izandako eragina aztergai duen beste proiektu zabalago baten parte da (VULNERA).

# Ziurgabetasunean erabakitzen: nanomaterial manufakturatuen arriskuen tratamendu juridikoa

Ramirez de la Piscina, A.

*Administrazio Zuzenbidea, Konstituzio Zuzenbidea eta Zuzenbidearen Filosofia Saileko doktoregaia*

*aratz.ramirezdelapiscina@ehu.eus*

## *Laburpena*

Nanoteknologiek, materialak nano-eskalan ($10^{-9}$) manipulatuz beren propietate desberdinak eta probetxugarriak bilatzen dituzten teknologia multzoak, hazkuntza nabarmena izan dute azken hamarkadan. Nanomaterial manufakturatuen ustiapen teknikoen ezagutza maila abiadura bizian hazten ari da; ez, ordea, osasunean eta ingurumenean eragin ditzaketen arrisku potentzialen ezaguera, alor horretan ziurgabetasun zientifikoa nagusi baita. Arrisku konplexu eta ziurgabe horiek zuzenbidearen jardute eremuan kokatzen diren aldetik, artikulu honek hauxe landu du: arrisku horien onargarritasunaren gainean erabakiak eta neurri juridikoak adostean, kontuan hartu beharreko zenbait elementuren proposamena eta horien gaineko hausnarketa.

Hitz gakoak: nanomaterial manufakturatuak, arriskua, ziurgabetasuna, tratamendu juridikoa.

## *Abstract*

Nanotechnologies, the group of technologies that through the manipulation of materials on nano-scale ($10^{-9}$) seek their different and beneficial properties, have experienced substantial growth over the past decade. Although the knowledge level about the technical exploitation of the manufactured nanomaterials is enhancing at a great rate, the same cannot be said about the knowledge of their potential risks on health and environment, still dominated by a large scientific uncertainty. These complex and uncertain risks enter within the sphere of action of the law and hence, this article proposes and reflects on the elements to be taken into account when deciding on the tolerable level of risk and adopting legal measures on the matter.

Keywords: manufactured nanomaterials, risk, uncertainty, legal treatment.

## 1. Sarrera eta motibazioa

Nanomaterial manufakturatuak gizakiak denboraren poderioz materia gero eta tamaina txikiagoan manipulatzeko garatu duen gaitasun teknikoaren azken emaitza direla esan daiteke. Nanoteknologiek materialek nano-eskalan izan ditzaketen propietate desberdinen ustiapena dute helburu eta XXI. mendeko iraultza industriala izatera deituak daude (NNI, 2000) . Nanoteknologiak abiadura bizian haziz doaz; nanomaterial manufakturatuen tipologia gero eta anitzagoa da eta beren ekoizpena eta komertzializazioa (bakarka edo produktuetan txertatuta) etengabe handituz eta sektore industrial gero eta gehiagotara hedatuz doan errealitatea da[1].

[1] Hala ere, nanomaterial manufakturatuen eta nanoproduktuen zenbatekoari buruzko erregistro publiko edo ofizialik ez da existitzen. Ondorioz, eskuragarri dauden informazio iturri bakarrak nanomaterial eta nanoproduktuen inbentario eta datu base pribatuak dira. *Nanowerk* izeneko datu baseak (http://www.nanowerk.com/) munduan barrena aplikazio eta produktu komertzialetan 3.000 nanomaterial manufakturatu mota inguru erabiltzen direla kalkulatzen du. Nanomaterial manufakturatuak, besteak beste, produktu kimikoetan, kosmetikoetan, biozidetan, elikagaietan, medikamenduetan, aparatu elektronikoetan, ehungintzan eta industria militarrean erabiltzen dira. AEBetako PEN (*Project on Emerging Nanotechnologies*, http://www.nanotechproject.org/) inbentarioak merkatuan dauden 1.814 nanoproduktu identifikatu ditu eta Danimarkako *Nanodatabase* izenekoak (http://nanodb.dk/) ostera, 1.420. Zifra horiek, hala ere, ez dute egun merkatuan dauden nanoproduktuen kantitate errealik kalkulatzeko balio; izan ere, produktu horien hazkunde bizkorraren ondorioz, beren kopurua inbentarioan jasotakoa baino dezente altuagoa dela uste baita.

Nanomaterial manufakturatu bakoitzak propietate fisiko-kimiko eta portaera propioak ditu, hots, nanomaterial manufakturatu bakoitza mundu bat da. Propietate eta portaera heterogeneotasun horren gaineko ezagutza, alabaina, konplexutasun zientifiko handiko eremua da. Ondorioz, nanoteknologien hazkuntza bizkorra izaten ari bada ere, nanomaterialen ezagutza mailak baxua eta ziurgabetasun zientifikoz betea izaten jarraitzen du. Ziurgabetasun testuinguru horretan, nanomaterial manufakturatu desberdinek osasunean edo ingurumenean izan ditzaketen kalteen larritasunari buruzko zantzu zientifikoak gero eta ugariagoak dira[2], bai oraingo testuinguruari zein luzarora begira ere. Bestalde, nanoteknologien hedapen eta sofistikazio etengabeaz jakitun, etorkizunari begira euren garapenak (eta okerreko erabilerak) gizakion eta bizi garen eremu naturalen berezko ezaugarriak aldatu ditzake, giza eskubide eta giza duintasunarekin zerikusia duten hainbat arazo planteatuz, kezka etiko, sozial eta ekonomikoekin batera (aurrerantzean, E/S/E). Funtsean, nanoteknologiek gizakion osasunean, ohiko bizi baldintzetan eta giza eskubideetan eragin dezakete, gaur eguneko zein etorkizuneko belaunaldiei begira. Nanomaterial manufakturatuen ikerketa, ekoizpen, erabilera eta komertzializazioak konstituzionalki babesten diren ondasun juridiko, giza eskubide, balio eta interesei eragiten dieten aldetik, zuzenbidea erabakiak hartzera, ziurgabetasun zientifikoen eta etorkizunera begira planteatzen diren erronken gainean ziurtasun juridikoak eraikitzera behartuta dago[3].

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Nanomaterial manufakturatuen arriskuen tratamendu juridikoaz hitz egitean, bi fase bereizi behar dira. Alde batetik, izaera juridikorik ez duen faseak, arriskuen ebaluaketa izenekoak, arriskuen existentziari eta hedadurari buruzko balorazioa egiten du. Artikuluan barrena arrazoitzen den bezala, arriskuaren ebaluaketa hori ezin da termino zientifikoetara mugatu, arriskuaren zehaztapen prozesu horretan arriskuari buruz existitzen den pertzepzio soziala, E/S/E kezkak eta giza eskubideen urrapen posibleak ere kontutan hartu behar baitira. Bestetik, arriskuen kudeaketa faseak, arriskuen gainean erabaki politiko-juridikoak hartu eta neurri juridiko kontsekuenteak diseinatzea du helburu. Arriskuen ebaluaketa fasea kudeaketa fasearen atarikoa izan behar da, arrisku ebaluaketatik eratorritako ondorioek arriskuen onargarritasunari buruzko erabakiak hartzeko ezinbesteko baldintza bezala funtzionatzen baitute.

Nanomaterial manufakturatuen arriskuen ebaluaketa eta kudeaketaren eztabaida ez da maila estatalean zentratu behar, maila komunitarioan baizik, nanoteknologien gobernantza gidatzeko eskumena Europar Batasunak (aurrerantzean, EB) beregain hartu duen gaia baita. Nanomaterial manufakturatuen inguruan egituratzen doan sistema normatibo komunitarioan, arriskuen ebaluaketa eta kudeaketa fase horiei buruz aipatu berri diren elementurk ez dute behar adinako harrerarik. Ikerketa honen helburua beraz, maila komunitarioan nanomaterial manufakturatuen arriskuen ebaluaketa eta kudeaketa faseak aurrera eramatean planteatzen diren gabeziak identifikatu eta horiek gainditzeko aplikatu daitezkeen zenbait printzipio eta erregela juridiko proposatzea da.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1. Nanomaterial manufakturatuen arrisku ebaluaketa eta kudeaketa Europar Batasunean

Ikuspuntu zientifikotik, nanomaterial manufakturatuen arriskuen erabateko ziurgabetasuna existitzen da. EBko aholkularitza zientifikoa osatzen duten erakundeen esanetan (EFSA, 2011; SCCS 2012, 2013; SCENIHR, 2009 eta SCHER et al, 2013), nanomaterialen portaeraren inguruko ziurgabetasun elementuak ugariak dira eta beraien askapen, helmuga, propietate edota toxikotasunari buruzko ezagutza maila oso baxua da. Arrisku ebaluaketarako metodologia konbentzionalek ez dute

[2] Nanomaterial manufakturatuek osasunean edo ingurumenean izan ditzaketen efektu kaltegarri posibleen inguruko ikerketa zientifikoak ugari dira (bi aipatzearren, Mercer et al, 2013; Sargent et al, 2013). Kezka berezia sorrarazi eta erabilera hedatua duten nanomaterial manufakturatuen artean, hauek aipatu daitezke: pareta sinple edo anitzeko karbonozko nano-tutuak, fulleneroak, nano-zilarra, nano-urrea, zink nano-dioxidoa eta titaniodun nano-dioxidoa.

[3] José Esteve Pardo autoreak maisuki aztertzen ditu jarduera, produktu edo teknologiek sorrarazitako arrisku ziurgabeen aurrean zuzenbideak dituen erronkak eta eginbeharrak (Esteve Pardo, 2009, 2012). Gabriel Domenech Pascual autoreak, bestalde, giza eskubideen eta teknologia berrien arriskuen gaineko arauketen arteko harremana sakonki aztertu du (Domenech Pascual, 2006).

nanomaterialen propietate berezitasunak identifikatu, karakterizatu eta egokitasunez ebaluatzeko balio. Funtsean, nanomaterialei eta beren arrisku posibleei buruz eskuragarri dagoen jakintza zientifikoa murritza, osatugabea eta ziurgabetasunez josita dagoela ondorioztatzen dute eta ondorioz, nanomaterial manufakturatu bakoitzaren kasuan kasuko ebaluaketa gomendatzen dute. Arriskuen pertzepzio sozialari ostera, desinformazioaren bidez egin zaio aurre. Azken hamarkadan produktu nanoteknologikoen ekoizpen eta komertzializazioa gradualki haziz joan bada ere, EBko hiritarrek nanoteknologien ezagutza maila oso baxua dute[4]. Nanoteknologiek planteatu ditzaketen arrisku posibleen aurrean beraz, EBko hiritar xumea guztiz ezjakina da, nanoteknologiak zer diren ez baitu ez ezagutu ezta ulertzen ere.

Bestalde, nanomaterial manufakturatuen arriskuen kudeaketa prozesuan, orain arte hartutako erabaki politiko-juridikoek arriskuaren ikuspegi zientifiko edo "fisikoari" besterik ez diote erreparatu. Kontran, nanoteknologien erabilera anitzek —orain eta etorkizunari begira— giza duintasun, giza eskubideen eta E/S/E kezken perspektibetatik sortu ditzaketen erronkak ez dira aintzat hartzen ari arriskuen onargarritasunari buruzko erabakien egokitzapenean[5]. Arrisku "fisikoei" buruz hartutako erabakiek gainera, EBko oinarrizko helburu gisa aurreikusten den osasunaren eta ingurumenaren babes maila altua lortzetik urrun daude, EBko Komisioak gidatutako "hutsuneak bete" estrategia juridikoa (EBko Komisioa, 2008, 2012) eztabaidagarria eta zabalki kritikatua izan baita, beste askoren artean, EBko Legebiltzarrarengatik (EBko Legebiltzarra, 2009)[6] .

### 3.1. Nanomaterial manufakturatuen arriskuen kudeaketarako bestelako planteamendua

Laburbilduz, nanomaterial manufakturatuen ustiapen eta komertzializazioa etengabe hazi eta hedatuz doa, nahiz eta beren propietate, portaera eta efektuen inguruko ziurgabetasun zientifikoa handia den eta, horietako batzuek, osasun zein ingurumenean kalte nabarmenak eragin ditzaketenaren arrazoizko zantzu zientifikoak gero eta gehiago izan. Ziurgabetasun zientifiko horri, bestalde, nanoteknologien garapenak giza duintasunaren, giza eskubideen eta E/S/E kezken prismatik eragin ditzakeen buruhausteak gehitu behar zaizkio. Testuinguru horretan, nanoteknologiek planteatzen dituzten arriskuen onargarritasunari buruzko erabakiek hiru printzipio nagusitan izan behar dute oinarri: printzipio demokratikoan, arreta printzipioan eta aurreko biekin harreman estua duen gardentasun printzipioan. Alde batetik, nanoteknologien garapenak sorrarazi ditzakeen onura zein kalte potentzialek gizarte osoari —gaur egungo eta etorkizuneko belaunaldiei— eragin diezaieketen neurrian, gizartea nanoteknologien garapen prozesuaren funtsezko elementua bihurtzen da. Hori dela eta, nanoteknologiei buruz adosten diren erabakiak herritarren parte-hartze aktiboa bermatuz hartu behar dira, nanoteknologien garapen arduratsu eta legitimorako ezinbesteko premisa baita (Flear eta Pickersgill, 2013; Joly eta Kaufmann, 2008; Nano action, 2008). Bestetik, nanomaterial manufakturatuen ziurgabetasun handiko testuinguru honetan, beren arriskuen tratamendu juridikoaren

[4] EBko Komisioak 2010ean egindako euro-barometro baten arabera (EBko Komisioa, 2010), inkestatutakoen %54ak ez du inoiz nanoteknologien berri izan. Nanoteknologiak nolabait ulertzen zituztenen kopurua %13,8koa zen bakarrik.

[5] EB mailan egun arte ez da nanoteknologien eta giza eskubideen arteko harremana arautzeko ekimenik existitzen. Gaur artean, nanoteknologia eta giza eskubideei buruzko eztabaida instituzionalari hasera eman dion nazioarteko erakunde bakarra Europar Kontseilua izan da, bere Asanblada Parlamentarioak 2013ko apirilean argitaratutako 2017(2013) Gomendioaren bidez. Bestalde, nanomaterialek planteatzen dituzten arriskuen inguruan adosten diren erabaki eta arauketa komunitarioetan E/S/E izaerako kezkek duten eragina hutsala da, kasu gehienetan kezka horiek aintzat hartzeko mekanismo juridiko egokirik ez baita aurreikusten (Lee, 2010).

[6] Politika komunitarioek osasunaren eta ingurumenaren babes maila altua bermatu behar dute, EBko Funtzionamendu Tratatuaren XIV. Tituluan (osasuna) eta XX. Tituluan (ingurumena) adierazten denari jarraiki. EBko Komisioak nanomaterial manufakturatuei aplikagarri zaizkien arauketei buruz 2008an eta 2012an egindako bi berrikuspen normatiboetan estrategia berbera proposatu du: nanomaterialei aplikagarri zaizkien marko juridiko desberdinen enborrezko aldaketa normatiboak baino, aldaketa normatibo puntualen bidezko egokitzapena defendatu du. EBko Legebiltzarra estrategia normatibo horren aurka azaldu da, nanomaterial manufakturatuen berariazko aldaketa sakonagoak defendatzen baititu. EBko Komisioaren estrategiaren ildotik, nanomaterialen kontrolerako berariazko mekanismo administratiboak arauketa sektorial komunitario gutxi batzuetan bakarrik aurreikusi dira, zehazki, kosmetiko, biozida, elikagai eta aparatu elektriko eta elektronikoen testu normatibo batzuetan. Komisioak bere komunikazioetan defendatutako nanoteknologien ikuspegi seguru, arduratsu eta integraletik urrun, merkatuan dauden nanomaterial eta nanoprodukturen erabilera eta segurtasunari buruzko informazio gabeziak eta hutsuneek nabarmenak izaten jarraitzen dute.

inguruan egituratu beharreko sistema normatiboak arreta printzipioan izan behar du funtsa, doktrinaren zati garrantzitsu batek (beste batzuen artean, Aitken et al, 2009; Beaudrie, 2013; Ganzleben et al, 2011; Mielke, 2013; Trisolino, 2010; Ostiguy et al, 2009; Throne-holst eta Stø, 2008) eta mundu osoko GKE, sindikatu eta kontsumitzaileen elkarteek (ACTU, 2006; ETC Group, 2010; ETUC Group, 2010; Friends of Earth Australia, 2007; IRGC, 2007; IUF, 2007; SAICM, 2010; The Royal Society, 2004) defendatu duten bezala.

Ziurgabetasun elementuz beteriko arriskuen gobernantzan, gizartearen parte hartze publikoaren garrantzia areagotu egiten da. Arreta printzipioaren aplikazioak, alde horretatik, parte-hartze publikoaren eraginkortasuna handitzeko mekanismo gisa jardun behar du (Boisson de Chazournes, 2009; Flear eta Vakulenko, 2010). Ideia horrekin lotura estuan, arreta printzipioan funtsa izan behar duen nanoteknologien arauketa juridikoak, beste neurri batzuen artean, teknologia berri horren inguruan dagoen jakintza maila eta informazio horren transmisioa handitzen lagundu dezaketen neurri juridikoak onartzea eskatzen du. Beste modu batera esanda, nanoteknologien gobernantzan arreta printzipioa aplikatzearen emaitzetako bat, gardentasun printzipioan oinarri duten neurrien sustapena izan behar da. Bestalde, gardentasun printzipioa, printzipio demokratikoaren egikaritzarako ezinbesteko baldintza bihurtzen da, nanoteknologien informazio emariaren areagotzea eta horren transmisio zabala zein eraginkorra ahalbidetu ezean, alderdi interesdunek eta batez ere herritarrek, nekez hartu ahalko baitute parte teknologia horren onargarritasunari buruzko erabaki hartzeetan. Printzipio demokratikoa eta arreta printzipioa banan-banan aztertu ditzagun, kasu bakoitzean gardentasun printzipioak duen rolaz ahaztu gabe.

Ziurgabetasun, arrisku edo bestelako kezkak planteatzen dituen teknologia berri bat, hiritarrak behar bezala informatu gabe eta ondorioz teknologia horren erabakietan eraginkortasunez parte-hartzeko aukerarik eskaini gabe garatu den kasuetan, gizarte zibilaren oposizio gogorra jasan du eta teknologia horri aurreikusten zitzaion arrakasta ez da espero bezalakoa izan (horren adibide, transgenikoek Europar Batasunean bizi duten egoera). Marko juridiko komunitarioan parte-hartze publikoa eskubide gisa egituratu eta berau egikaritzeko mekanismo formal desberdinak aurreikusten badira ere[7], praktika bestelakoa da. EBen azken hamarkadetan garatu diren teknologia berrien erabaki prozesuetan eta horien ondorioz egokitutako arauketa komunitarioetan, GKEen, gizarte zibileko bestelako erakundeen eta orokorrean hiritarren aldarrikapenak ez dira behar bezala kontuan hartu. Hiritarren kezka eta aldarrikapenak entzun eta erabakietan kontuan hartzeko baino, parte hartze publikoaren ideia teknologia berrien arauketen legitimazioa lortu eta arauketa horiengatiko erantzukizun posibleak mugatzeko mekanismo gisa erabili da (Flear eta Pickersgill, 2012; Flear eta Vakulenko, 2010). Nanoteknologien kasuan, EBko Komisioa maila komunitarioan aurrera eramaten ari den "hutsuneak bete" estrategia juridikoak industria nanoteknologikoari egiten dio mesede batik bat, gobernuz kanpoko erakundeen edo beste erakunde zibilen aldarrikapenak ez baitira aintzat hartuak izaten ari. Bestalde, hiritar xumeak nanoteknologien ezagutza maila oso baxua du eta hortaz, erabakietan parte hartzeko legitimotasuna badu ere, gaitasuna falta zaio. EBn orain arte nanoteknologien eztabaida publiko zabala planteatu duen Estatu-kide bakarra Frantzia izan da, nahiz eta eztabaida publiko horrek ez zuen espero zen arrakastarik eduki, hainbat mugapen eta akatsen ondorioz[8].

[7] Europar Batasunek Tratatuaren (EBT) 10.3. artikuluaren arabera, hiritarrei EBaren bizitza demokratikoan parte-hartzeko eskubidea aurreikusten zaie eta erabakiak hiritarrekiko ahalik eta modu irekien eta hurbilenean egokitu behar dira. Alde horretatik, EBT-aren 9, 10.3, 11.2, 11.3 artikuluak edota Aarhus Hitzarmenaren berrespen komunitarioaren harira egokitutako 2003/4 Zuzentaraua, 2003/35 Zuzentaraua eta 1367/2006 Erregelamendua aipatu daitezke.

[8] Public Debate National Commission (CNDP) izenekoak antolatuta, ekimen horrek 2009ko urriaren eta 2010eko otsailaren artean Frantziako 17 hiri desberdinetan (nanomaterialak erabiltzen zituzten industria zutenak) nanoteknologien inguruko hausnarketa eta eztabaidarako guneak antolatzea eta guztira 10.000 pertsona inguruk parte hartzea espero zen. Hala ere, ekimen horrek ez zuen espero zen arrakastarik izan, hainbat arrazoi direla medio. Alde batetik, parte hartzaileen kopurua uste baino txikiagoa izan zen. Eztabaida 17 hirietatik 8tan ez zen egin eta guztira 3.216 pertsonek parte hartu zuten, Bestalde, eztabaidetan zehar nanoteknologiekin lotura zuten zenbait alor ekidin egin ziren (aplikazio militarrei buruzko hausnarketa adibidez) eta eztabaidetan gehiengoak plazaratutako eskakizunak ez ziren erabat bete (esate baterako, nanoteknologiadun aplikaziodun berandutzea). Azkenik, eztabaida publiko horren ekimenaren tempoa berantiarra izan zela salatu zuten askok, ekimen hau proposatu zen momenturako Frantziako Gobernuak nanoteknologien sustapenerako 70 milioi euroko aurrekontu partida onartua baitzuen (EU-OSHA, 2012).

Testuinguru horretan, hiritarrek arriskuen onargarritasunari buruzko erabakietan zor zaien pisua izan dezaten, gardentasun printzipioan oinarrituz nanoteknologien eta nanomaterialen inguruan hiritarrei komunikatzen zaien informazioa ahalik eta fidelena, gardenena, objektiboena eta zabalena izan behar da, hiritarrak hausnarketa eta iritzi propioak garatzeko gai izan daitezen. Gardentasun printzipioarekin batera, printzipio demokratikoak gizarteari eta alderdi interesdun desberdinei nanoteknologien gaineko erabaki prozesuetan behetik gora (*upstream engagement*) parte hartzeko aukera ematea eskatzen du. Horretarako, forma eta izaera anitzeko teknikak erabili daitezke: eztabaidarako elkarguneak, herritarren epaimahaiak, tailerrak, kontsentsua bilatzeko konferentziak, arau osatze negoziatua edota bitartekotza teknikak. Parte-hartze prozesutik eratorritako ondorioak, emaitzak eta adostasun puntuak, agintari publikoek nanoteknologien inguruan adosten dituzten erabaki politiko-juridikoetan eraginkortasunez aintzat hartu behar dira.

Prozesu parte-hartzaile horretatik eratorritako erabakiekin batera, nanomaterialen gainean egituratzen den sistema normatiboak arreta printzipioan izan behar du euskarri. Arreta printzipioa EBaren marko juridikoan ongi erroturiko printzipio garrantzitsua dela esan daiteke[9]. Mekanismo horren izaeraren inguruko iritzi aniztasuna egonik ere, arreta printzipioaren xedea bat eta bakarra dela esan daiteke: konplexutasun, ziurgabetasun edo anbiguotasun elementuez inguratutako arriskuen kasuan, ingurugiroan edota gizakion osasunean kalte larriak edo atzeraezinak izan daitezkeenaren arrazoizko kezka edo zantzuak dauden neurrian, arrisku ziurgabe horiei aurre egiteko helburua duen mekanismoa da, ziurgabetasun zientifikodun testuinguru hori ezin baitaiteke arreta neurririk ez hartu edota neurrion onarpena atzeratzeko —jakintza zientifikoa areagotu arte— aitzakia gisa erabili[10]. Aurreko ataletan azaldutakoaren harira, nanomaterial manufakturatuen esposizio eta efektuez existitzen den ziurgabetasun zientifikoarekin batera, ikerketa zientifiko gero eta gehiago dira nanomaterial batzuen gaineko kezka adierazten dutenak, gizakion gorputzean eta ingurugiroan kalte larriak eta atzeraezinak eragiteko arrazoizko zantzuak daudela aditzera emanez. Ondorioz, arreta printzipioa aktibatzeko funtsezko elementuak betetzen direla baieztatu daiteke.

Arreta printzipioaren harira egokitu daitezkeen neurriak izaera eta intentsitate desberdinekoak izan badaitezke ere —ziurgabetasun mailaren, arrisku potentzialen larritasunaren edo beste inguruabar batzuen arabera—, agintari eskudunek arrisku onargarritasunaren/onartezintasunaren mailaren arabera zein arreta neurri egokitu erabakitzeko duten askatasuna ez da erabatekoa. Esparru komunitarioan, agintarien diskrezionaltasun marjina hori COM 2000/1 Gomendioan aurreikusitako irizpideen arabera mugatu egiten da eta beraz, arreta neurriak eraginkorrak, proportzionalak eta koherenteak izan behar dira, ez dute diskriminatzaileak izan behar —antzekoak eta konparagarriak diren egoerei ezin dakieke tratamendu desberdina eskaini—, frogaren kargaren inbertsioa suposatu dezakete —arriskua frogatu beharrean, segurtasuna da frogatu behar dena— eta behin behinekoak dira, eskuratzen diren jakintza berrien arabera berrikusi egin behar baitira.

---

[9] Europar Batasuneko Funtzionamendu Tratatuaren 191.2. artikuluan aurreikusteaz gain, EBko Komisioaren COM (2000)1 Gomendioan, kontsumozko produktu zein ingurugiro arauketa komunitario desberdinetan eta Europar Batasuneko Justizia Auzitegiaren (EBJA) jurisprudentzian esanbidez jaso eta interpretatu den printzipioa da.

[10] Arreta printzipioa nazioarte mailan lehenbizikoz jaso zuen Rio de Janeiroko 1992. urteko Adierazpena argia da zentzu horretan. 15. art.: *Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razon para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.* EBn ere ildo berdina jarraitzen da, arreta printzipioaren interpretazio lerro orokorrak zehazten dituen COM (2000)1 Gomendioko sarreraren 5. atalak horrela baitio: *Frente a un riesgo inaceptable, una situación de incertidumbre científica o la inquietud de la población, los políticos están obligados a encontrar respuestas, por lo que deben tener en cuenta todos estos factores*. Hala ere, arreta printzipioa aplikatu edo ez erabakitzeko arrisku ziurgabeak izan behar duen entitatea edota larritasuna zein izan behar den erabat interpretagarria da, EBJAk emandako irizpideak nahiko lausoak baitira eta ondorioz erabakia hartu behar duten agintari eskudunei diskrezionalitate maila handia uzten zaie. EBJAren jurisprudentzia zabalaren arabera, arriskuek gutxieneko entitate bat izan behar dute, arreta printzipioa ezin da "arrisku hipotetiko, susmo, suposizio edota zurrumurru hutsetan oinarritu". Horretarako "arriskua hipotesi hutsa ez izanik, erabat frogatu ez denean", "datu zientifiko erabakigarriak daudenean", "nahikoa dokumentatua dagoenean" edota "eskuragarri dauden datu zientifikoetan oinarritua denean" bezalako kontzeptuak erabiltzen ditu jurisprudentzia komunitarioak. Beste batzuen artean, EBJAren honako ebazpenak aipatu daitezke: *Alpharma Inc. v Council of the European Union, T-70/99*, 2002-09-11, 156. eta 165. parr; *Monsanto vs Italia, C-236/01*, 2003-09-09, 106. parr.; *Commission of the European Communities v Kingdom of Denmark, C-192/01*, 2003-09-23, 49. parr.; *Commission of the European Communities v French Republic, C-24/00*, 2004-02-05, 56. parr.

Nanomaterial manufakturatuen bizitza zikloak, ekoizten diren fasetik hasi eta beren hondakin tratamendu-arte, izaera askotako arauketei eragiten die, esaterako: sustantzia eta nahasketa kimikoen arauketari, produktuen arauketa sektorial desberdinei, hondakinen marko juridikoari eta ingurumenaren babesarekin zerikusia duten beste arauketa batzuei. Ondorioz, nanomaterial manufakturatuei, "jaiotzen" direnetik "hiltzen" diren arteko faseetan zehar printzipio zein kontrol mekanismo desberdinak dituzten arauketa anitz aplikagarri zaien aldetik, arreta printzipioan funtsa duten neurriek ere, kasuan kasu, eduki desberdina izan dezakete. Inguruabar hori aintzat hartuz, doktrinak mota eta izaera askotako neurriak proposatu ditu, besteak beste:

- Nanomaterial manufakturatuen ekoizpen eta komertzializazio guztien berandutzea (ETC Group, 2010) edo sektore batzuetara mugatutakoa, elikagaietara (Friends of Earth, 2008; IUF, 2007) edo kosmetikoetara kasu (Friends of Earth, 2006).
- Nanomaterialak arrisku handiko substantzia gisa sailkatzea (Ngarize et al, 2013).
- Langileak informatzeko eta nanomaterialen emisioen esposizioaz babestea helburu duten neurriak (ETUC, 2010; Friends of Earth Australia, 2007).
- Nanomaterialek ingurumen eremu desberdinetara jaulkitzen dituzten isurpenen kontrolerako neurriak egituratzea (Ganzeleben et al, 2011).

EBko oinarrizko helburu gisa aurreikusten den osasunaren eta ingurumenaren babes maila altu hori bermatze aldera, doktrinak proposatutako neurri horiekin batera, nanomaterial manufakturatuen sistema normatiboak gardentasun printzipioan izan behar du funtsa. Horretarako, informazioaren transmisioa eta arriskuen ikerketaren hazkuntza bultzatzea izan behar du helburu.

Alde batetik, aktore desberdinen —industria nanoteknologiko, agintari publiko, kontsumitzaile, langile eta hiritarren— arteko informazio transmisioa ahalbidetzen duten derrigorrezko instrumentu juridikoak aurreikustea funtsezkoa da, esate baterako, nanomaterial manufakturatuen eta nanoprodukturen erregistro eta inbentario publikoak, nanoprodukturen berariazko etiketapen unibertsala eta hornikuntza katean barrena nanomaterialen informazioa transmititzeko mekanismo espezifikoak.

Bestetik, nanomaterial manufakturatuei egun aplikagarri zaien marko juridiko komunitarioak ez du beren arrisku posibleen gaineko ikerketa bultzatzen, kontrakoa baizik[11]. Arazo horri irtenbidea emateko egokitu daitezkeen neurri desberdinen artean, nanomaterial eta nanoprodukturek merkaturatu aurretik gainditu behar duten baimen sistema administratibo desberdinen prozeduran jarri behar da arreta, arriskuaren *iuris tantum* izeneko presuntzio legala egituratuz. Horren arabera, baimen prozeduran nanomaterial eta nanoprodukturak arriskutsuak direla presumitzen da eta ondorioz, baimen eskatzaileak kontrako frogaren bidez presuntzio hori apurtzeko eginkizuna dauka. Presuntzio hori, hala ere, kasuan kasukoa izan behar da, arrisku zantzurik erakusten ez duten nanomaterial edo nanoprodukturei ez zaie aplikatu behar. Presuntzio horren bidez, frogaren kargaren inbertsioa ematen da: agintari eskudunek nanomaterial edo nanoprodukturak arriskutsua dela frogatzearen karga izan beharrean, beroien ekoizle edo arduradunak dira baimen prozeduran zehar nanomaterial edo nanoprodukturi hori arriskutsua ez dela frogatu edo beren erabilera segururako proposamenak aurkeztu behar dutenak. Frogaren karga nanoteknologiaren industriarena izanik, beren produkturen segurtasunari buruzko ikerketak sustatu eta publiko egitera bultzatzeko neurri aproposa izan daiteke.

Arestian esan bezala, arrisku "fisikoak" ez-ezik, nanoteknologien garapenak giza duintasunaren, giza eskubideen eta E/S/E kezkak planteatu ditzake. Arrisku "fisikoen" ebaluaketa zientifikoarekin batera beraz, nanoprodukturen baimen prozedura administratibo bakoitzean izaera horretako kezkarik planteatzen duten ere ebaluatu eta kontutan hartu behar da, baimena eman edo ez erabakitzerako orduan. Horregatik, ebaluaketa zientifikorako komitearen batera, baimen prozedura administratiboetan beste komite bat aurreikusi behar da, prozeduraren objektu den kasuan kasuko nanoprodukturak giza eskubide edo E/S/E izaerako kezkarik planteatzen duen ebaluatzeko eskumena izan behar duena.

[11] Nanomaterial manufakturatuei eskala konbentzionaleko materialentzat aurreikusten diren baldintza juridiko berberak aplikatzen zaizkie, bereizketarik egin gabe. Nanomaterialen propietate konplexu eta bereziak direla eta, aplikatzen zaizkien arauketa konbentzional horiek gabezia ugari erakusten dituzte eta hortaz, merkaturatzen diren nanomaterial eta nanoprodukturak seguruak direla bermatzeko ez dute balio. Industria teknologikoa eroso sentitzen da egoera horretan, merkaturatzen dituen nanoprodukturak seguruak direla frogatzeko karga gehigarririk ez baitu.

## 4. Ondorioak

Artikulu honen bidez, nanoteknologien abiadura bikoitzak ikuspegi juridikotik planteatzen dituen erronkak azaldu dira. Nanomaterialen ustiapen teknikoa eta komertzializazioa ziztu bizian hazi eta garatzen doa, beren propietate, portaera eta efektuei buruzko jakintza mailak hutsune eta ziurgabetasunez josia dirauen bitartean. Etengabeko hedapen eta sofistikazio horrez jakitun, nanoteknologiek oraingo testuinguruan eta luzarora begira osasun, ingurumen eta giza eskubideekin zerikusia duten hainbat arazo planteatu ditzakete, kezka etiko, sozial eta ekonomikoekin batera. Egoera horren aurrean, nanomaterialen arriskuen tratamendu juridikoak jokoan dauden ondasun juridiko, giza eskubide, balio eta interesak haztatu eta ziurtasun juridikoak eraiki behar ditu. Europar Batasunean, EBko Komisioak gidatutako estrategia normatiboa ez da planteatzen diren arazo horiei eraginkortasunez erantzuteko baliagarria; giza eskubide eta E/S/E kezkekin zerikusia duten erronkei ez heltzeaz gain, nanomaterial eta nanoprodukturen ekoizpen, erabilera eta komertzializazio segurua ez du bermatzen.

Nanoteknologien inguruan asko dago jokoan; beren onurak eta kalte potentzialek gizarte osoari eragin diezaiekete, gaur egungo zein etorkizuneko belaunaldien ohiko bizitza baldintzei. Nanomaterial manufakturatuen efektu eta eraginen ziurgabetasun testuinguru horretan, arriskuen onargarritasunari buruzko erabakiak hiru printzipio nagusitan errotu behar dira: printzipio demokratikoan, arreta printzipioan eta gardentasun printzipioan. Nanoteknologien gobernantza herritarren eta alderdi interesdun desberdinen iritziak entzun eta kontuan edukiz eraiki behar da. Bestalde, arreta printzipioak osasun eta ingurumenaren babes maila altua bermatzen duen sistema normatiboa egituratzea izan behar du xede, beste neurri batzuekin batera, nanomaterial manufakturatuen informazio transmisiorako mekanismo administratiboak aurreikusiz eta industria nanoteknologikoa nanomaterialen segurtasunean ikertzera bultzatuz, arriskuaren *iuris tantum* presuntzioaren ezarpenaren bidez.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Nanoteknologien gobernantzak zutabe izan behar dituen hiru printzipio horiek behin identifikaturik—printzipio demokratikoa, arreta printzipioa eta gardentasun printzipioa—nanomaterial manufakturatuei aplikagarri zaien marko juridiko komunitarioan zein mekanismo eta instrumentu juridikoen bidez inplementatu behar diren sakontzeke dago oraindik. Industria nanoteknologikoaren interesen alde EBko Komisioak aurrera eraman duen estrategia normatiboak norabide aldaketa bat eskatzen du. Zentzu horretan, EBko Komisioak, Legebiltzarrak eta beste hainbat prestigiodun erakundek egiten dizkioten proposamenei kasu gehiago egin beharko lieke.

## 6. Bibliografia

ACTU (2009): *Nanotechnology – why unions are concerned*. Australian Council of Trade Unions.

Aitken R.J., Hankin S.M., Ross B., Tran C.L., Stone V., Fernandes T.F., Donaldson K., Duffin R., Chaudhry Q.,Wilkins T.A., Wilkins S.A., Levy L.S., Rocks S.A., Maynard A. (2009): *EMERGNANO: a review of completed and near completed environment, health and safety research on nanomaterials and nanotechnology*. SAFENANO (IOM), United Kingdom.

Beaudrie, C. (2013): *From cradle-to-grave at the nanoscale: expert risk perceptions, decision-analysis, and life cycle regulation for emerging nanotechnologies.* Doktorego Tesia. Vancouver: The University of British Columbia, 2013.

Darlington, A., Grout, S. eta Whitworth, J. (2001): *How safe is safe enough? An introduction to risk management*. The Staple Inn Actuarial Society.

Domenech Pascual, G. (2006): *Derechos fundamentales y riesgos tecnológicos: el derecho del ciudadano a ser protegido por los poderes públicos*. Centro de Estudios Constitucionales, Madrid.

EBko Komisioa (2008): *Regulatory aspects of nanomaterials, COM (2008) 366 final.* Brussels.

————————, (2012): *Second Regulatory Review on Nanomaterials, COM (2012) 572 final.* Brussels.

EBko Legebiltzarra (2009): *European Parliament resolution of 24 April 2009 on regulatory aspects of nanomaterials (2008/2028 (INI)).* Brussels.

EFSA (2009): The Potential Risks Arising from Nanoscience and Nanotechnologies on Food and Feed Safety, Scientific Opinion of the Scientific Committee. *The EFSA Journal*, 958, 1-39.

Esteve Pardo, J. (2009): *El desconcierto del Leviatán: Política y derecho ante las incertidumbres de la ciencia.* Marcial Pons, Madrid, Barcelona, Buenos Aires.

———————, (2012): Convivir con el riesgo. La determinación del riesgo permitido. In: Pérez Alonso, E., Arana García, S., Mercado Pacheco, P. eta Serrano Moreno, J.L. (ed.). *Derecho, globalización, riesgo y medio ambiente*. Tirant lo blanch, Valencia, 273-302.

ETC Group (2010): *¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica*. Ottawa.

ETUC Group (2010): *ETUC$^{2nd}$ resolution on nanotechnologies and nanomaterials*. European Trade Union Confederation.

EU-OSHA (2012): *Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the work place*. Publications Office of the European Union.

Flear, M. eta Pickersgill, M. (2013): Regulatory or Regulating Publics? The European Union's Regulation of Emerging Health Technologies and Citizen Participation. *Medical Law Review (Oxford University Press)*, 21, 39-70.

Flear, M. eta Vakulenko, A. (2010): A Human Rights Perspective on Citizen Participation in the EU´s Governance of New Technologies. *Human Rights Law Review (Oxford University Press)*, 10 (4), 661-688.

Friends of Earth Australia (2007): *Nanotechnology Policy Statement*. FoE Australia Nanotechnology Policy.

Ganzleben, C., Pelsy, F., Hansen, S.F., Corden, C., Grebot, B. eta Sobey, M. (2011): *Review of Environmental Legislation for the Regulatory Control of Nanomaterials*. MILIEU and AMEC.

IRGC (2007): *Nanotechnology Risk Governance: Recommendations for a global, coordinated approach to the governance of potential risks*. International Risk Governance Council, Geneva.

IUF (2007): *Resolution on nanotechnology passed by International Union of Food, Farm and Hotel Workers*. 25th IUF Congress meeting, Geneva.

Joly, P.B. eta Kaufmann, A. (2008): Lost in Translation? The Need for 'Upstream Engagement' with Nanotechnology on Trial. *Science as Culture*, 17 (3), 1-23.

Lee, M. (2010): Risk and beyond: EU regulation of nanotechnology. *European Law Review*, 35 (6), 799-821.

Mercer**,** R., Scabilloni**,** J., Hubbs**,** A., Wang**,** L., Battelli**,** L., McKinney**,** W., Castranova, V. eta Porter**,** D. (2013): Extrapulmonary transport of MWCNT following inhalation exposure. *Particle and Fibre Toxicology*, 10 (38).

Mielke, S. (2013): Regulating in Thin Air: Nanotechnology Regulation in the European Union. *Review of European Community & International Environmental Law*, 22 (2), 146-154.

Nano Action (2008): *Principios para la supervisión de nanotecnologías y nanomateriales*. International Center for Technology Assesment, Washington D. C.

Ngarize, S., Makuch, K. eta Pereira, R. (2013): The Case for Regulating Nanotechnologies: International, European and National Perspectives. *Review of European Community & International Environmental Law*, 22(2), 131-145.

NNI, (2000): *National Nanotechnology Initiative: Leading to the Next Industrial Revolution*. A Report by the Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology, Washington D.C.

Ostiguy, C., Roberge, B., Ménard, L. eta Endo, C.A. (2009): *Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management, Studies and Research Proyects (Report R-599)*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montreal.

SAICM (2010): *African regional meeting on SAICM, workshops on nanotechnology and industrial chemicals*. Abidjan, Cote D'ivoire.

Sargent, L., Porter D. Lowry, D., Battelli, L., Siegrist, K., Kashon, M., Chen, B., Frazer, D., Staska, L., Hubbs, A., McKinney, W., Andrew, M., Tsuruoke, S., Endo, M., Castranova, V. eta Reynolds, S. (2013): Multi-walled Carbon Nanotube-induced Lung Tumors. *The Toxicologist*, 130.

SCCS (2012): *Guidance on the safety assessment of nanomaterials in cosmetics (SCCS/1484/12)*. European Commission.

——————— (2013): *Memorandum on Scientific Evaluations and Opinions to be adopted by the SCCS (SCCS/1517/13)*. European Commission.

SCENIHR (2009): *Risk Assessment of Products of Nanotechnologies*. European Commission.

SCHER, SCENIHR eta SCCS (2013): *Adressing the New Challenges for Risk Assessment*. European Commission.

The Royal Society (2004): *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Science Policy Section, London.

Throne-holst, H. eta Stø, E. (2008): Who should be precautionary? Governance of nanotechnology in the risk society. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20 (1), 99-112.

Trisolino, A. (2010): *Nanomedicine: Governing Uncertainties*. Doktorego tesia. University of Toronto, Faculty of Law.

Vas Asselt, M., Vos, E. eta Rooijackers, B. (2009): Science, Knowledge and uncertainty in EU risk regulation. In: Everson, M. eta Vos, E. (ed.). *Uncertain Risks Regulated*. Routledge-Cavendish, New York.

# Nazioarteko krimenengatik sortutako erantzukizun penala. *Joint Criminal Enterprise* delakoaren azterketa

Odriozola-Gurrutxaga M.
*Zuzenbide Fakultatea (UPV/EHU), Kriminologiaren Euskal Institutua (IVAC/KREI)*
*miren.odriozola@ehu.eus*

***Laburpena***

Nazioarteko krimenetan pertsona askok parte hartzen dutenez, Nazioarteko Zuzenbide Penalaren erronka handienetako bat horien guztien erantzukizun penal indibiduala zehaztea da. Testuinguru horretan, *ad hoc* auzitegiek *Joint Criminal Enterprise* (JCE) delako teoria garatu dute euren jurisprudentzian; Nazioarteko Auzitegi Penalak, berriz, egitatearen gaineko kontrolaren teoria erabili du oinarritzat. Artikulu honetan JCE teoriari egindako lau kritika aztertuko ditugu: Harreman horizontal eta bertikalen arteko ezberdintasuna, funtsezko ekarpenik eza, partekatutako dolorik eza, eta JCE III egilekidetza gisa ulertzearen arazoak. Lau kritiken garrantzia dela-eta, nazioarteko auzitegi penalek JCE doktrina alde batera utzi beharko luketela ondorioztatuko dugu.

*Hitz gakoak: Nazioarteko Zuzenbide Penala, Joint Criminal Enterprise, Egilekidetza, Egitatearen gaineko kontrolaren teoria.*

***Abstract***

Owing to the large amount of people who get involved in the commission of international crimes, one of the most significant challenges which International Criminal Law undertakes consists in the attribution of individual criminal liability to each of them. In this context, while the *ad hoc* tribunals have developed the *Joint Criminal Enterprise* (JCE) theory, the International Criminal Court has based its case law on the theory of control over the crime. The present Article analyzes four critical remarks of JCE theory: difference between horizontal and vertical relations, lack of an essential contribution, lack of a shared intent, and problems of characterizing JCE III as a form of co-perpetration. Due to the relevance of these critical aspects, international criminal tribunals should avoid applying JCE doctrine.

*Keywords: International Criminal Law, Joint Criminal Enterprise, Co-perpetration, Theory of control over the crime.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Ezberdinak izan arren, genozidioek, gizateriaren aurkako krimenek eta gerra krimenek badute antzekotasun garrantzitsu bat: biktima kopuru handia eragiteaz gain, krimenen arduradunak ere asko dira. Asko dira, eta askotariko parte-hartzea dute basakerietan. Tiro egiten duten eta eskuak odolez zikintzen dituzten behe mailakoa soldaduak ez ezik, Miloševićen gisako goi-karguak, arma hornitzaileak, etab. ere kontuan hartu behar dituzte nazioarteko auzitegi penalek.

Nazioarteko krimenak, beraz, pertsona askoren parte-hartzearen ondorio dira. Hori dela-eta, krimen kolektibotzat jotzen dira. Erantzukizun penala, berriz, norbanakoaren gainekoa da. Nazioarteko Zuzenbide Penalaren (aurrerantzean, NZP) erronka handienetako bat krimen kolektibo horiengatik sortutako erantzukizun penala norbanakoari bidezko moduan egoztea da. Horretarako, ezinbestekoa da Zuzenbide Penalaren oinarrizko printzipioak errespetatzea, bereziki, erantzukizun penal indibiduala eta norberaren egitateengatik sortutako erantzukizuna.

Tamalez, printzipio horien interpretazio hertsiegi batean oinarrituta, doktrinaren zati batek (Weigend, 2011; Herzberg, 2000) Hitlerren gisako goi-karguak partaide huts gisa – induktore gisa, hain zuzen ere – zigortzea proposatu izan du. Horrelako eta antzeko bidegabekeriak ekiditeko, nazioarteko auzitegi penalek eta nazioarteko doktrinak hainbat teoria garatu eta aplikatu dituzte, besteak beste, *Joint Criminal Enterprise* (hemendik aurrera, JCE) delakoa.

Teoria horien xedea goresgarria izan arren, ezin dute gehiegikeriarik eragin; edozein kasutan, Zuzenbide Penalaren oinarrizko printzipioak errespetatu behar dituzte. Horiek horrela, Artikulu honen helburua JCE teoriak aipatutako printzipioak errespetatzen dituen edo gehiegikeriarik eragiten ote duen finkatzea da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Esan bezala, nazioarteko auzitegi penalek eta nazioarteko doktrinak zenbait teoria garatu dituzte nazioarteko krimenen izaera kolektiboak planteatzen dituen arazoei aurre egiteko. Agerikoa da *ad hoc* auzitegiek (Jugoslavia ohirako Nazioarteko Auzitegi Penala (JNAP) eta Ruandarako Nazioarteko Auzitegi Penala (RNAP)), batetik, eta Nazioarteko Auzitegi Penalak (NAP hemendik aurrera), bestetik, garatutako jurisprudentziaren arteko aldea.

Alde batetik, *ad hoc* auzitegiek JCE aplikatu dute, eta horretarako, euren Estatutuetako 7(1) eta 6(1) artikuluetan (JNAPko eta RNAPko Estatutuak, hurrenez hurren) oinarritu dira. Artikulu horien arabera, erantzukizun penal indibiduala izango du krimena planifikatu, induzitu, agindu, gauzatu edo beste modu batera krimena planifikatzen, prestatzen edo exekutatzen lagundu duen orok. Zehazki, krimena "egin" (*commit*) kontzeptuan oinarritu dute JCE teoria.

JCEk *common law* sisteman du jatorria. *Common law* sistemako estatuetan partaidetza gisa aplikatzen den arren (Van Sliedregt, 2003), JCE doktrina JNAPk lehen aldiz nazioarteko mailan formulatu zuenean (*Tadić* kasuan[1]), ez zuen argi utzi JCEn oinarrituta zigortutako norbanakoak krimenaren egile ala partaide ote ziren. Baina 2003an *Milutinović* kasuan egindako adierazpenetik aurrera, argi geratu zen egile gisa – zehazki, egilekide gisa – zigortzen dituztela *ad hoc* auzitegiek JCEko kideak[2].

Egile-kontzeptu subjektiboan dago oinarrituta JCE; izan ere, gaizkile bat JCEko kide (eta ondorioz, egilekide) den erabakitzeko irizpide garrantzitsuena honako hau da: planean jasotako krimena aurrera eramateko duen borondatea. Norbanakoak krimenera egindako ekarpenaren edukia eta pisua ez da erabakigarria. Egindako ekarpenak ez du gutxieneko mugarik gainditu behar, norbanakoak krimenarekiko duen asmoa baita kontuan hartu beharrekoa.

Bestetik, NAPk Roxinen (2000) *egitatearen gaineko kontrola* (*Tatherrschaft, theory of control over the crime, teoría del dominio del hecho*) delako teorian oinarritu du egiletzaren eta partaidetzaren arteko ezberdintasuna orain arteko jurisprudentzian[3]. Egitatearen gaineko kontrola hiru modu ezberdinetan azaleratu daiteke: 1) akzioaren gaineko kontrola (egiletza zuzena); 2) egitatearen gaineko kontrol funtzionala (egilekidetza); eta 3) borondatearen gaineko kontrola (bitarteko egiletza). Erromako Estatutuak 25(3) artikuluko (a) atalean jasotzen du krimenaren egiletza – (b), (c) eta (d) ataletan, berriz, partaidetza mota ezberdinak –, eta bertan, aipatutako hiru egiletza motak aurreikusten ditu: egiletza zuzena (*commits a crime as an individual*), egilekidetza (*jointly with another*), eta bitarteko egiletza (*through another person*).

Egitatearen gaineko kontrolaren teoria Zuzenbide kontinentalean – bereziki, alemaniarrean – sortutako teoria da. NAPk aplikatutako teoriak (egitatearen gaineko kontrolaren teoria) egile-kontzeptu objektibo-materiala onartzea dakar (Olásolo, 2013). Horrela, egilekidetzaren eremuan, planaren exekuziorako funtsezko ekarpena egiten dutenak bakarrik dira egilekideak. Ikus daitekeen bezala, egile-kontzeptu subjektibotik eta egile-kontzeptu objektibo formaletik aldentzen da egitatearen gaineko kontrolaren teoria.

Behin nazioarteko auzitegi penalen arteko ezberdintasunak aipatuta eta testuingurua ezarrita, JCE teoria aztertu dezakegu.

## 3. Ikerketaren muina

[1] *Prosecutor v. Tadić, Appeals Chamber Judgment*, 1999.07.15 (IT-94-1-A), 220-228. para.

[2] *Prosecutor v. Milutinović et al., Decision on Dragoljub Ojdanic's Motion challenging Jurisdiction – Joint Criminal Enterprise*, 2003.05.21 (ICTY-99-37-AR72).

[3] *Prosecutor v. Thomas Lubanga Dyilo, Decision on the confirmation of the charges*, 2007.01.29. (ICC-01/04-01/06-803-TEn), 333-334. eta 338. para.; *Prosecutor v. German Katanga and Mathieu Ngudjolo Chui, Decision on the confirmation of the charges*, 2008.09.30 (ICC-01/04-01/07-717), 488. para.; *Prosecutor v. Thomas Lubanga Dyilo, Trial Chamber I Judgement*, 2012.03.14 (ICC-01/04-01/06-2842), 1356-1358. para.; *Le procureur c. Germain Katanga, Jugement rendu en application de l'article 74 du Statut*, 2014.03.07 (ICC-01/04-01/07-3436), 1382 eta 1393-1394. para.

Nazioarteko krimenen izaera kolektiboa dela-eta bakoitzak egindako ekarpena eta bakoitzaren erantzukizuna zehazteko zailtasunak gainditzeko asmoz, JCE doktrinak plan kriminalean parte hartzen duten guztiei egozten die erantzukizun penala (Cassese eta Gaeta, 2013). JCE doktrina bakarra izan arren, *ad hoc* auzitegiek hiru mota bereizten dituzte.

### 3.1 JCE teoria: Hiru motak

Tipo subjektiboan datza hiru moten arteko ezberdintasuna; tipo objektiboa, berriz, berbera da hiruetan, eta honako baldintza hauek bete behar ditu (Ambos, 2007): 1) Pertsona asko izatea; 2) plan komuna edukitzea; eta 3) edozein motatako ekarpenen bidez, JCEko kide bakoitzak plan komunaren exekuzioan parte hartzea.

JCE I modalitatean (*helburu komunarengatik sortutako erantzukizuna*), taldeko kide guztiek xede kriminal berbera dute, eta plan kriminalaren exekuzioan izandako ekarpen zehatzak ez du axolik (Ohlin, 2007). Guztiak egilekide gisa zigortzen dituzte. Adibidez, hilketa burutzeko JCE batean, biktima hiltzen duen tiroa pertsona bakar batek egin arren, kide guztiak (baita, esaterako, biktima egitateen lekura eramaten duena ere) egile zuzenaren egilekide izango dira.

JCE II modalitatea (*erakunde baten barruan leku hartzen duen plan kriminalean parte hartzeagatik sortutako erantzukizuna*) Auschwitz eta antzeko kontzentrazio esparruetan pentsatuz formulatu zuen JNAPk. Erakundeko langileek bertan gertatzen diren tratu txarren berri badute eta euren funtzioa betetzen jarraitzen badute (eginkizun administratiboak izan arren) – beti ere helburu instituzionalak lortzeko lagungarri baldin badira –, krimenen egile zuzenen egilekide izango dira.

Kasu hauetan, tratu txarren berri izan eta euren lana betetzen jarraitzen dutenek inplizituki krimenak zuzenean gauzatzen dituztenen xede kriminal berbera dutela ondorioztatzen dute auzitegiek. Horregatik, JCE I modalitatearen azpi-mota da JCE II (Olásolo, 2013).

JCE III modalitateari dagokionez (*krimena aurreikusteko aukerarengatik eta arriskua borondatez onartzearengatik sortutako erantzukizuna*), kide bakoitzak taldearen xede kriminalean parte hartu eta hura sustatu nahi badu, JCEko beste kideek egindako krimenen egilekide izango da, baita beste kideek plan komunaren parte ez diren krimenak burutzen badituzte ere, betiere horiek plan komunaren ondorio aurreikusgarriak eta naturalak badira eta dagokion pertsonak kontzienteki arriskua onartzea erabaki badu (Ohlin, 2007).

Hirugarren modalitatearen konplexutasuna ikusirik, honako adibide hau erabil daiteke hura hobeto ulertzeko: gaizkile talde batek inor hil gabe banku bat lapurtzea adostu zuen, eta horretarako, gezurrezko armak erabiliko zituztela hitzartu zuten. Taldeko kideetako batek benetako arma badarama, eta beste kideetako bat hortaz ohartzen bada, lapurretan hildakorik suertatzen bada, benetako arma daramanaz gain, horren berri zuena ere lapurretaren eta hilketaren egilekide izango da.

### 3.2 JCE teoriari egindako kritikak

Doktrinak JCE teoriari egindako kritika gehienak JCE III modalitatearen aurkakoak izan arren, modalitateetako bat bera ere ezin da egilekidetza gisa interpretatu. Jarrain, hiru modalitateen kontrako kritikak plazaratuko ditugu, eta azken azpi-atalean, hirugarren modalitatean jarriko dugu arreta.

<u>Harreman horizontal eta bertikalen arteko ezberdintasuna</u>

Kontuan hartzekoa da JCE delako taldea osatzen dutenen arteko ezberdintasuna. Aginduak exekutatzen dituztenez gain (behe mailako kideak), agindu horiek eman (goi mailakoak) eta aginduak exekutatzaileei pasatzen dizkietenak (erdi mailakoak) ere badaude. JCEko kide guztiak egilekide direla esateak euren artean harreman horizontala dagoela onartzea dakar. Baina agindua eman eta betetzen duenaren arteko harremana bertikala da (Faraldo, 2004).

Gainera, elkarren arteko plana edo akordioa da JCEren betekizunetako bat, eta nekez defenda daiteke agindua eman eta exekutatzen duenaren artean elkarren arteko akordiorik dagoenik

(Bolea, 2000). Ondorioz, errealitatearekin bat ez etortzeaz gain, maila guztietako kideak egilekide gisa zigortzea bidegabea da, denen ekarpena parekatzea dakar eta. Nabarmena da, ordea, goi eta behe mailako kideen ekarpenek pisu eta garrantzia ezberdina dutela krimenean.

Funtsezko ekarpenik eza

Tipo objektiboaren ikuspegitik, JCE teorian oinarritutako egilekide baten ekarpena partaide huts batena baino apalagoa da: JCE teoriak egiletzaren eta partaidetzaren arteko ezberdintasuna tipo subjektiboan (hots, borondatean) ezartzen duenez, krimenera egindako ekarpenaren betekizun objektiboa alde batera uzten du: krimena gauzatzera "espezifikoki zuzendutako" egitate substantzialak (*substantial contribution*) egitea eskatzen diote partaideari *ad hoc* auzitegiek; egilekideei (JCEko kideei), ostera, "edozein modutan" plan edo xede komuna sustatzera zuzenduta dauden edozein motako egitateak gauzatzea[4].

Aipatzekoa da 2007. urtetik *ad hoc* auzitegien jurisprudentziak izandako eraldatze prozesua: substantzialak izatera iritsi gabe, JCEko kidearen ekarpenak gutxienez nabarmena (*significant contribution*) izan behar duela adierazi du[5]. Edonola ere, egile-kontzeptu subjektiboan oinarrituta jarraitzen du JCE teoriak, galdatutako ekarpen-maila egitatearen gaineko kontrolaren teoriak eskatzen duen funtsezko ekarpena (*essential contribution*) baino apalagoa da eta (Olásolo, 2013).

Akats nabarmena da norbanakoak egindako ekarpenaren garrantzia kontuan ez hartzea egiletza eta partaidetza bereizteko. Ezagunak dira egile-kontzeptu subjektiboak dakartzan arriskuak. Esaterako, *Stashchynsky* kasu ezagunean, Alemaniako Auzitegi Gorenak partaide gisa (ez egile zuzen gisa) zigortu zuen bi hilketa zuzenean eragin zituen KGBko agentea; eta, horretarako, honako argudioa erabili zuen: akusatuak beste baten egitateetan laguntzeko asmoa zuela, eta ez zituela hilketak bere egitate propio gisa gauzatu (Fletcher, 2000). Horregatik, egile-kontzeptu subjektiboa (eta horretan oinarritutako teoriak, adibidez, JCE) erabili beharrean, egitatearen gaineko kontrolaren teoria objektibo-materiala aplikatzearen aldekoak gara.

Partekatutako dolorik eza

Bai JCEn oinarritutako egilekidetza bai egitateen gaineko kontrol funtzionalean oinarritutako egilekidetza aplikatu ahal izateko, ezinbestekoa da egilekideek dolo berdina izatea. Dagokion krimenaren definizioak *dolus specialis*ik eskatzen badu, hori ere egilekide guztiek eduki beharko dute. Esaterako, genozidioaren kasuan, ezinbestekoa da egileak genozidio-egitate jakina (adibidez, hilketa) gauzatzeko doloaz gain, babestutako taldeetako bat (talde nazional, etniko, arrazazko edo erlijioso bat), osorik edo zati batean, suntsitzeko asmoa edukitzea. Horrela, genozidioaren egilekide guztiek genozidio-egitate jakina gauzatzeko doloa eta taldea suntsitzeko asmoa (*dolus specialis* delakoa) izan behar dute.

Inpunitatea saihesteko helburuarekin, *ad hoc* auzitegietako jurisprudentziak talde handiei ere aplikatu die JCE teoria. Talde handi horietako kide guztiek dolo berbera (eta dagokionean, *dolus specialis* berbera) partekatzen dutela ulertu dute *ad hoc* auzitegiek, baita kide guztiak identifikatzea ezinezkoa denean ere. Taldea osatzen duten ehunka kidek dolo berdina dutela esatea fikzio legala baino ez da: ez dator bat nazioarteko krimenen errealitate kriminologikoarekin. Nazioarteko krimenetan parte hartzen duten pertsonek motibazio eta dolo oso ezberdinak dituzte (Smeulers, 2008).

---

[4] *Prosecutor v. Tadić*, *Appeals Chamber Judgement*, 1999.07.15 (IT-94-1-A), 229. para.; *Prosecutor v. Krnojelac*, *Appeals Chamber Judgment*, 2003.09.17 (IT-97-25-A), 33. para.; *Prosecutor v. Vasiljević, Appeals Chamber Judgment*, 2004.02.25 (IT-98-32-A), 102. para.; *Prosecutor v. Kvočka et al., Appeals Chamber Judgement*, 2005.02.28 (IT-98-30/1-A), 89. para.

[5] *Prosecutor v. Brđanin, Appeals Chamber Judgement*, 2007.04.03 (IT-99-36-A), 340. para.; *Prosecutor v. Krajišnik*, *Appeals Chamber Judgment*, 2009.03.17 (IT-00-39-A), 215. para.; *Prosecutor v. Gotovina et al.*, *Trial Chamber Judgment*, 2011.04.15 (IT-06-90-T), 1953. para.; *Prosecutor v. Kanyarukiga*, *Trial Chamber Judgment*, 2010.11.01 (ICTR-2002-78-T), 624. para.; *Prosecutor v. Gatete*, *Trial Chamber Judgment*, 2011.03.31 (ICTR-2000-61-T), 577. para.

Bistakoa da hori genozidioaren kasuan. Genozidio kanpainetan parte hartzen duten guztiek ez dute *dolus specialis*ik. Behe-mailako soldadu askok ez dute taldea suntsitzeko asmorik; are gehiago, kanpaina kriminalaren helburu genozidaren berri ez duenik ere izaten da. Kasu horietan, honako galdera hau sortzen da: genozidioaren ala gizateriaren aurkako krimenen egilekide gisa zigortu JCEko kide guztiak? Izan ere, egilekide badira, denek krimen berberaren erantzule izan behar dute.

Beraz, JCEko kide guztiek dolo berdina dutela esatea ez dator bat nazioarteko krimenen errealitate kriminologikoarekin, bereziki egilekide talde handiei dagokienean.

JCE III egilekidetza gisa ulertzearen arazoak

Esan bezala, JCEren kontrako kritika gehienak hirugarren modalitatearen aurkakoak dira; izan ere, JCE III modalitateak elkarren arteko planaren edo akordioaren parte ez den, baina aurreikusi daitekeen krimenarengatik sortutako erantzukizun penala ezartzea dakar. JCE III modalitatean, tipo subjektiboari dagokionez, nahikoa da kideek krimena inoizkako doloarekin (*dolus eventualis*) gauzatu nahi izatea krimen horren egilekide izateko. Nahikoa da, beraz, krimena gertatzeko arrisku sustantzialaren (*substantial likelihood*) kontzientzia izatea (*awareness*) eta onartzea (*acceptance*). Inoizkako doloa bera ez da arazoa.

Arazoa honako beste hau da: JCE III modalitateak ez du inoizkako doloa elkarren artekoa izatea eskatzen. Nahikoa da, arestian aipatu dugun banku lapurretaren adibidean bezala, kideetako batek krimena gerta daitekeela aurreikustea (kontziente izan eta onartzea). Egilekide izateko, ostera, doloak – inoizkakoa izan arren – elkarren artekoa izan behar du. Horrela, egoera jakin batean, kideetako batek edo batzuek krimena gauzatuko dutela adosten badute (elkarren arteko inoizkako doloa), kide guztiak egilekide izango dira (Gil Gil, 2014). JCE III modalitateak jasotzen dituen kasuak, berriz, ezberdinak dira: ez dituzte egilekidetzaren baldintzak betetzen (elkarren arteko doloaren baldintza, hain zuzen ere).

Bestalde, JCE III modalitatean oinarrituta, *ad hoc* auzitegiek *dolus specialis* jakin bat eskatzen duten krimenengatik sortutako (adibidez, genozidioarengatik sortutakoa) erantzukizun penala ere ezarri dute zenbaitetan[6]. Doktrinaren zati handi bat bezala (Ambos, 2005; Olásolo, 2013; Cassese, 2008; Badar, 2013), jurisprudentzia horren aurka gaude.

Norbanako bat genozidioaren egile gisa zigortzeko, ezinbestekoa da taldea suntsitzeko *dolus specialis*a edukitzea; eta genozidioa bestelako krimenen exekuzioan gerta daitekeen zerbait dela aurreikusi besterik egiten ez duenak (JCE III modalitatean bezala) ez dauka genozidioak eskatzen duen *dolus specialis*ik, eta ondorioz, ezin da genozidioaren egile izan[7]. Kasu horretan, genozidioaren partaide gisa zigortu beharko lukete auzitegiek akusatua (Ambos, 2005; Olásolo, 2009; Van Sliedregt, 2012) –; eta ez, JCE III modalitatean oinarrituta, egilekide gisa.

## 4. Ondorioak

JCE teoriari egindako kritikek agerian utzi dute JCEko kideak egilekide gisa zigortzearen bidegabetasuna. Norberaren egitateengatik sortutako erantzukizun penalaren printzipioa errespetatu nahi badute, nazioarteko auzitegi penalek ez lukete JCE teoria aplikatu beharko.

Horrela, begi onez ikusteko modukoa da NAPek JCE teoriaren ordez egitatearen gaineko kontrolaren teoria jaso izana. Interesgarria da batez ere Erromako Estatutuko 25(3)(a) artikuluan jasotako bitarteko egiletza, zeina egile zuzena penalki erantzule ez denean eta badenean aplika daitekeen. Egile zuzena penalki erantzule denean, Botere-Egitura Antolatuen bidezko bitarteko egiletza (*autoría mediata por medio de Estructuras Organizadas de Poder*) da aplikagarri.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

[6] *Prosecutor v. Brđanin*, *Decision on interlocutory appeal*, 2004.03.19 (IT-99-36-A), 9-10. para.; *Prosecutor v. Milošević*, *Decision on Motion for Judgment of Acquittal*, 2004.06.16 (IT-02-54-T), 246. eta 288-293. para.

[7] *Prosecutor v. Brđanin*, *Decision for Acquittal Pursuant to Rule 98 bis*, 2003.11.28 (IT-99-36-T), 57. para.

Egitatearen gaineko kontrolaren teorian oinarrituta, NAP Botere-Egitura Ordenatuen bidezko bitarteko egiletza aplikatzen ari da. Hainbatetan, bitarteko egiletza eta egilekidetza (egitatearen gaineko kontrol funtzionalean oinarritutakoa, ez JCEn oinarritutakoa) konbinatu ditu, eta bitarteko egilekidetza (*co-perpetration by means*) aplikatu du. NAPren norabide jurisprudentziala ikusita, hemendik aurrera NZPn aztergai izango diren elementu garrantzitsuenen artean ditugu egitatearen gaineko kontrolaren teoria eta, bereziki, bitarteko egilekidetza.

## 6. Erreferentziak


AMBOS, K. (2005): *La Parte General del Derecho Penal Internacional. Bases para una Elaboración Dogmática*, Konrad-Adenauer-Stiftung E. V., Uruguay.

——————— , (2007), Joint Criminal Enterprise and Command Responsibility, *JICJ*, 5. Zenbakia, 1, 159-183 orrialdeak.

——————— , (2013): *Treatise on International Criminal Law. Volume I: Foundations and General Part*, Oxford University Press, Oxford.

BADAR, M.E. (2013): *The Concept of Mens Rea in International Criminal Law. The Case for a Unified Approach*, Hart Publishing, Oregon.

BOLEA BARDÓN, C. (2000): *Autoría mediata en Derecho penal*, Tirant lo Blanch, Valencia.

CASSESE, A. (2008): *International Criminal Law*, Oxford University Press, New York.

CASSESE, A., GAETA, P. (2013): *Cassese's International Criminal Law*, Oxford University Press, Hampshire.

FARALDO CABANA, P. (2004): *Responsabilidad penal del dirigente en estructuras jerárquicas*, Tirant lo Blanch, Valencia.

FLETCHER, G.P. (2000): *Rethinking Criminal Law*, Oxford University Press, New York.

GIL GIL A. (2014): Mens Rea in Co-perpetration and Indirect Perpetration According to Article 30 of the Rome Statute. Arguments against Punishment for Excesses Committed by the Agent or the Co-perpetrator, *International Criminal Law Review*, 14. Zenbakia, 82-114 orrialdeak.

HERZBERG, R.D. (2000): Mittelbare Täterschaft und Anstiftung in formalen Organisationen, in K. AMELUNG (ed.), *Individuelle Verantwortung und Beteiligungsverhältnisse bei Straftaten in bürokratischen Organisationen des Staates, der Wirtschaft und der Gesellschaft*, Pro-Universitate, Sinzheim, 33 *et seq*..

OHLIN, J.D. (2007), Three Conceptual Problems with the Doctrine of Joint Criminal Enterprise, *JICJ*, 5. Zenbakia, 69-90 orrialdeak.

OLÁSOLO, H. (2009), Reflexiones sobre la doctrina de la Empresa Criminal Común en Derecho Penal Internacional, *InDret*, 3. Zenbakia, 1-24 orrialdeak.

——————— , (2013): *Tratado de Autoría y Participación en Derecho Penal Internacional*, Tirant lo Blanch, Valencia.

ROXIN, K. (2000): *Autoría y Dominio del Hecho en Derecho Penal*, Marcial Pons Ediciones Jurídicas y Sociales, Madrid.

SMEULERS, A. (2008): Perpetrators of International Crimes: Towards a Typology, in A., SMEULERS and R., HAVEMAN (eds.), *Supranational Criminology: Towards a Criminology of International Crimes*, Intersentia, Antwerp – Oxford – Portland, 233-265 orrialdeak.

VAN SLIEDREGT, E. (2003): *The Criminal Responsibility of Individuals for Violations of International Humanitarian Law*, T.M.C. ASSER PRESS, The Hague.

——————— , (2012): *Individual Criminal Responsibility in International Law*, Oxford University Press, New York.

WEIGEND, T. (2011), Perpetration through an Organization. The Unexpected Career of a German Legal Concept, *JICJ*, 9. zenbakia, 1, 91-111 orrialdeak.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Esker ona José Luis de la Cuesta Arzamendi Irakaslearen zuzenketei.
- Ikerlan honen egilea Doktoreak ez diren ikertzaileak prestatzeko Eusko Jaurlaritzako Doktoratu Aurreko Programako laguntzaren onuraduna da (BFI-2011-144 MOD. AE).

# Oinarrizko Eskubideen maila anitzeko babesa: atxilotze eta entregatze agindu europarra

*Ascenso Gabiña, A.*
*Europar Batasuneko Zuzenbidea. UPV/EHUko ikertzailea. Administrazio Zuzenbidea, Konstituzio Zuzenbidea eta Zuzenbidearen Filosofia Saila.*
*alazne.ascenso@ehu.eus*

***Laburpena***

Lisboako Itunak ondorio juridiko garrantzitsuak ekarri ditu Europar Batasuneko esparru juridikoan. Horien artean, garrantzitsuenetako bat izan da Europar Batasuneko Oinarrizko Eskubideen Gutunari onartu zaiola Itunek duten balio juridiko bera. Ondorioz, Europar Batasunak bere oinarrizko eskubideen katalogoa du. Beraz, egoera erabat aldatu denez, orain, hiru mailatako babesa dugu oinarrizko eskubideen babesa bideratzeko: Giza Eskubideen eta Oinarrizko Askatasunen Europako Hitzarmena, Europako Gutuna eta estatu kide bakoitzaren Konstituzioan onartzen diren oinarrizko eskubideak.Aztertuko dugu, gaur egun, nola bermatzen diren oinarrizko eskubideak auzi-iheseko euroaginduan.

Hitz gakoak: Lisboako Ituna, Gutuna, euroagindua.

***Abstract***

*Lisbon Treaty has been important legal consequences in the law of the European Union, between them, it recognizes the same legal value of the Treaties to the Charter of Fundamental Rights of European Union, and it is suposes that nowadays the EU has itself catalogue of Fundamental Rights. At this moment, we have three diferents level to protection Fundamental Rights in the EU: European Convention on Human Rights, the Charter of Fundamental Rights of European Union and the fundamental rights of the Constitutions of Member States. Now, we analyze how are the fundamental rights garantized nowadays when we have to carry out the European Arrest Warrant when persons convicted in absentia.*

*Keywords: Fundamental Rights, EU Charter of Fundamental Rights, European Arrest Warrant*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Eratze-tratatuei jarraiki, Europar Batasuna ekonomiaren arloan garatuz joan zen. Halere, denboraren eta hainbat beharren ondorioz, oinarrizko eskubideen errespetua premiazko bilakatu zen. Hori dela-eta, Europako Erkidegoak garatuz joan ahala –gaur egungo Europar Batasunan bihurtu arte–, Europar Batasuneko hainbat arlo ere garatu ziren, hala nola askatasun, segurtasun eta justizia esparrua. Beste garai batean, pentsaezina zitekeen horrelako egoera baten aurrean egotea, non oinarrizko eskubideek sekulako garrantzia hartu baitute. Lisboako Itunarekin, Europar Batasuneko Oinarrizko Eskubideen Gutunak Itunen balio juridiko bera eskuratu du. Ondorioz, Espainiako Konstituzio Auzitegiak birplanteatu du orain arte jarraitzen zuen doktrina babes judizial eraginkorra eskubidea bermatzeko. Izan ere, bere burua derrigortuta ikusi du Europar Batasuneko Justizia Auzitegiari judizio aurreko lehen auzia planteatzera. Hortaz, Europar Batasuneko Justizia Auzitegiari aukera sinestezina aurkeztu zaio oinarrizko eskubideak babesteko mailarik egokiena zein den zehazteko, Europar Batasuneko ordenamendu juridikoaren barruan.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lisboako Ituna indarrean dagoenetik, oinarrizko eskubideen egoera asko aldatu da Europar Batasuneko ordenamendu europarrean. Europar Batasunak –elkarte supranazional gisa– bere oinarrizko katalogoa du orain. Hori kontuan edukita, askatasun, segurtasun eta justizia esparrua samurra da, esparru horren barruan subiranotasun nazionala jokoan dagoelako. Horrenbestez, normalean, estatuek errezeloak dituzte euren oinarrietako bat Europar Batasunaren eskuan uzteko.Espazio horren barruan, garrantzi nabarmena hartu du euroaginduak, elkarren arteko aitorpen-printzipioan oinarritzen baita. Entregatze-sistema berriak aurrerapauso handia dakar berekin, alde batera utzi duelako aurreko Estradizio sistema: orain, aldiz, onarpen judiziala besterik ez da behar, eta gauzak askoz errazagoak dira.

Ekainaren 9ko 86/2011 Autoaren bidez, Konstituzio Auzitegiak judizio aurreko bere lehen auzia aurkeztu zuen Europar Batasuneko Auzitegiaren aurrean; eta, ondorioz, 2013ko otsailaren 26ko *Melloni* sententziari bide eman zitzaion. Aipatu sententziak zehaztu egiten du zein den mailarik egokiena oinarrizko eskubideak babesteko auzi-iheseko euroaginduetan. Judizio aurreko auziaren bidez, Europar Batasuneko Auzitegi Gorenari eskatu zitzaion bere iritzia emateko ekainaren 13ko Kontseiluaren 2002/584/JAI Esparru Erabakiaren baliozkotasunaren inguruan, otsailaren 26ko 2009/299/JAI Esparru Erabakian jasota dagoen moduan. Izan ere, 2009/299/JAI Esparru Erabakiaren xedea da pertsonen eskubide prosezalak indartzea, baita elkarren arteko aitorpen-printzipioa aplikatzea erraztea ere, inputatua agertu ez den epaiketetan emandako ebazpenenetan.

Konstituzio Auzitegiak euroagindura estrapolatu egin zuen estradiziorako erabiltzen zuen doktrina, eta hori da arazoaren zioa. Batzuek goraipatu egin dute judizio aurreko arazoaren planteamendua[1], Konstituzio Auzitegiaren pentsaera-aldaketa delakoan. Hala ere, beharbada, Konstituzio Auzitegiak eragozpen gutxiago jarri beharko lituzke Europako ordenamendu juridikoaren aurrean oinarrizko eskubideei dagokienez, eta faltan bota da judizio aurreko arazo horiek lehenago jorratu ez izana[2]. Inputatua epaitu gabe (*in abstentia*) entregatzean oinarrituta zegoen aipatu doktrina konstituzionala, eta beti eskatzen zitzaizkien zenbait berme edo baldintza betetzea estatu errekeritzaileei. Esate baterako, eskatutako eta presente ego gabe (*in abstentia*) egonik kondenatutako pertsonaren bat entregatuz gero, berriro epaitua izateko edo helegitea aurkezteko aukera edukiko luke; betiere kontuan hartuz *absentzian* kondenatutako guztiei defentsa-eskubidea urratzen zaiela. Europar Batasuneko Oinarrizko Eskubideen Gutunean eta Giza Eskubideen Europako Auzitegiak emandako jurisprudentzian oinarrituta, Konstituzio Auzitegiak desegokitzat jo zuen doktrina hori erabiltzea. Judizio aurreko auzia horren bidez, Europako Justizia Auzitegiari aukera ematen zitzaion erabakitzeko zein zen mailarik egokiena oinarrizko eskubideak bermatzeko. Hau da, ea gutxienezkoen estandartzat hartzen zen; edo, ordea, nolabaiteko uniformetasuna ezarri beharra zegoen oinarrizko eskubideak babesteko Europako ordenamendu juridikoan.

Hain zuzen ere, Konstituzio Auzitegiak hiru galdera egingo ditu: lehenenik eta behin, ea zer nolako interpretazioa eman behar zaien *abstentzian* kondenatutako entregei, 2009ko Esparru Erabakiaren 4bis artikuluan jarraiki. Zehazki, zehaztu beharra dago ea legeak eragozten duen entrega baldintzatzea; edo ea ukapena eragozten duen, baina ez, ordea, baldintzatutako entrega. Bigarrenik, zalantzan jartzen du zenbaterainokoa den defentsa-eskubideen gaineko babes europarra, eta ea babes hori bateragarria den Esparru Erabakiaren 4bis artikuluan emandako babesarekin. Azkenenik, aurreko galdera bien erantzuna baiezkoa bada, ea zer nolako

[1]Sentsu honetan, GARCÍA SÁNCHEZ, B., «Pluralismo constitucional en la Unión Europea y heterogeneidad de las normativas penales de los Estados miembros: problemas del principio de reconocimiento mutuo», en *Cuadernos de Política Criminal*, 106. zbkia, 2012, 130; GIPPINI FOURNIER, E., *«¿Fin de la «autarquía jurídica» preludio de un conflicto anunciado? El primer reenvío prejudicial del TC*», *La Ley*, 23. zbkia, iraila-urria, 2011, 7, Auzitegi Konstituzionalaren Autoa goraipatzen duena; ANDRÉS SANZ DE SANTA MARÍA, P., «Un nuevo paso en el diálogo judicial europeo: el Tribunal Constitucional español recurre al reenvío prejudicial», en FERNÁNDEZ LIESA C.R.eta al.: *Libro homenaje a Dámaso Ruiz-Jarabo Colomer*, CGPJ, Madrid, 2011. 200.

[2]Doktrinak horrela eskatu zuen Konstituzio Auzitegiko 199/2009-ko Sententziarako eta Auzitegi gorenak ez zuen kontuan hartu. Proposamen honen alde azaldu zen: TORRES PÉREZ. A., «Euroorden y conflictos constitucionales: A propósito de la STC 199/2009, de 28-9-2009», *Revista española de Derecho Europeo*, 35.zbkia, 2010. 470. Alderantziz, MARTÍN RODRÍGUEZ, P., «Crónica de una muerte anunciada: Comentario a la Sentencia del Tribunal de Justicia (Gran Sala), de 26 de febrero de 2012, Stefano Melloni, C-399/11», *Revista General del Derecho Europeo*, 30, 2013, 18. orrialdea, bere ikuspuntutik egoera desberdina zen kasu honetan, eta horregatik ez zen beharrezkoa galdera egitea.

interpretazioa eman behar zaion Gutunaren 53.artikuluari[3]. Azken xedapen horri dagokionez, Konstituzio Auzitegiak zalantzan jarri du estatu kideek oinarrizko eskubideei babesa handiagoa eman ahal izatea, Europar Batasuneko auzitegiek baino; edo, berriz, euroaginduak gutxieneko babes gisa interpretatu behar diren Europar Batasuneko Estatuetan.

## 3. Ikerketaren muina: judizio aurreko auzia

Konstituzio Auzitegiak auzia planteatzeaz gain, Europar Batasuneko Auzitegiari hiru interpretazio eskaintzen dizkio Gutuneko 53.artikuluaren inguruan. Beraz, lehenik eta behin adierazi du 53.artikulua gutxieneko estandar balitz bezala interpretatu daitekeela, eta, zentzu honetan, estatu kideek babes maila altuagoa eskaini edo eman dezaketela. Izan ere, interpretazio hori da Konstituzio Auzitegiak orain arte egin duena. Bigarren aukera da oinarrizko eskubideak babestuko dituen maila komuntzat hartzea; horren arabera, estatu kideek garrantzi bera eman beharko liokete oinarrizko eskubide bakoitzari. Azken aukeraren desabantaila da oinarrizko eskubideen babesa gutxitzen dela batez ere Estatu batzuetan, Espainian kasu, non babes handiagoa ematen baiten defentsa eskubideari dagokionez. Halere, abantailen artean daude elkarren arteko aitorpen-printzipioa ezartzea eta nazioarteko kooperazio judiziala sustatzea. Ondorioz, inpunitatearen aurkako borroka areagotuko litzateke, eta horrekin batera onartuko litzateke Gutunaren bidez gutxitu egin daitekeela oinarrizko eskubideen babes-maila, estatu kideen arau konstituzionaletan ezartzen dena. Azkenik, hirugarren interpretazioaren arabera, 53.artikulua gutxienezkoen estandarra edo babes-maila komuna da, egoeraren araberakoa, hau da, testuingurua eta kasuaren ezaugarri konkretuak kontutan edukita.

Bestalde, abokatu nagusiak sailkatu egingo ditu Esparru Erabakiaren 4bis artikuluaren atalak. Bere iritzi, kategoria bi daude artikulu horren barruan. Alde batetik, lehengo bi atalak daude, hau da, a) eta b) letrak. Kasu horietan ulertzen da defentsa-eskubidea ez dela urratu. Bigarren atalean, berriz, c) eta d) letrak egongo lirateke. Kasu horietan defentsa-eskubidea alegatu ahalko litzateke, eta entrega baldintzatu edo ukatu, inputatuak eskubidea duelako beste epaiketa bat edukitzeko.

Konstituzio Auzitegiak egin duen bigarren galderari dagokionez –hau da, ea Esparru Erabakiaren 4bis artikulua bateragarria den Gutunaren 47[4]. eta 48[5].artikuluan ezartzen diren eskubideekin– edo Europako Giza Eskubideen Itunaren 6.artikuluari dagokionez, BOTek Abogakatu Nagusia adierazi du 4bis artikuluak Giza Eskubideen Europako Auzitegiaren eskakizunak bete ez ezik, kodifikatu ere egiten dituela. Horrez gain, aldez aurretik aipatutako sailkapena berriz egin du, baina Estrasburgoko jurisprudentzia aipatuz[6]. Hirugarren galderari dagokionez, abokatu nagusiaren arabera, Europar Batasuneko Zuzenbidea ez da oinarrizko eskubideen gutxieneko estandarra; beraz, uko egin dio ere estatu kideek babes-maila handiagoa eman ahal izateari. Onartu du, osterantzean, Europar Batasuneko Zuzenbidearen lehentasun printzipioa ez dela betetzen edo ez dela errespetatzen, ezta aipatu Zuzenbidearen batasuna eta eraginkortasuna ere. Gainera, segurtasun juridikoaren printzipioari eragiten dio, eta, azken finean, eragozpen handia da bai euroagindua bai elkarren arteko aitorpen-printzipioa betetzeko, arauen harmonizazioa behar duelako.

---

[3]Artikulu honek honako hau esaten du: Gutun honetako ezein xedapen ezin izango da interpretatu mugatzaile edo kaltegarri moduan, giza eskubideen eta oinarrizko askatasunei dagokienez, azken horiek aitortu direnean, dagokien aplikazio-esparruari begira, dela Europar Batasuneko zuzenbidean, Nazioarteko zuzenbidean, Europar Batasuna, Europako Erkidegoa edo estatu kideak alderdi dituzten nazioarteko hitzarmenetan, eta, bereziki, Giza Eskubideak eta Oinarrizko Askatasunak Babesteko Europako Hitzarmenean, dela estatu kideetako konstituzioetan.

[4]Artikulu honek esaten du: Benetako babes judizialerako eta alderdikeriarik gabeko epailea izateko eskubidea. Europar Batasunaren Zuzenbideak ziurtatzen dituen eskubide eta askatasunak bortxaturik ikusi dituen pertsona orok babes judizial eraginkorra izateko eskubidea du, artikulu honetan ezarri- tako baldintzak errespetatuz.Pertsona orok du bere kausa legeak aurrez finkaturiko arrazoizko epe baten barruan epaile independente eta inpartzial batek ekitatiboki eta publikoki entzuteko eskubidea.

[5]Pertsona orok du aholkuak jasotzeko eta defendatua eta ordezkatua izateko eskubidea . Behar adina baliabiderik ez dutenei doako laguntza juridikoa eskainiko zaie, betiere laguntza hori justiziaren aurrean eraginkortasunez aurkeztuko dela ziurtatzeko beharrezkoa denean.Errugabetasun-presuntzioa eta defentsaren eskubideak: 1. Akusatu oro errugabetzat hartzen da bere erruduntasuna legez frogatzen eta aitortzen den arte. 2. Akusatu orori defentsaren eskubideak errespetatuko direla ziurtatzen zaio.

[6]Bereziki Giza Eskubideen Europako Auzitegiaren hurrengo sententziak: Sejdovic Italiaren aurka, 2006ko martxoaren 1koa, 84. atala eta Haralampiev Bulgariaren aurka, 2012ko apirilaren 24koa, eta Idalov Errusiaren aruka, 2012ko maiatzaren 22koa.

Justizia Auzitegiak erantzun eta argudio labur-zehatzak eman ditu. Horrenbestez, doktrinak kritikak izan ditu, sententziak ez baititu Auzitegi Gorenaren ondorioak ez argudiatzen ez oinarritzen, abokatu nagusiak egiten duen moduan. Lehenengo galderari buruz –hau da, 4bis artikulua–, Justizia Auzitegiak aipatu du Esparru Erabakia kontuan hartu behar dela, baita bere helburuak ere. Horien artean nabarmentzen dira, batetik, entrega baldintzatzeko ahalmena indargabetzea, 2002ko Esparru Erabakiaren 5.artikuluan xedatutakoari jarraiki. Bestetik, entrega-prozesuak arintzea konfiantza-printzipioan oinarrituta; eta, azkenik, elkarren arteko aitorpen-printzipioa sustatzea, betearazpen ezaren arrazoiak bateratuz. Justizia Auzitegiak onartu du 4bis artikuluak hautazko arrazoiak ezartzen dituela euroagindua ez betearazteko; bereziki, inputatua epaiketan aurkeztu ez bada.

Bigarren galderari dagokionez, Justizia Auzitegiak onartuko du eskubide hori ez dela absolutua eta akusatuak uko egin ahal diola, betiere modu argian adierazten badu (baldin eta abokatu batek defendatu badu, eta epaiketaren dataren berri eman bazaio). Azkenik, ondorioztatu du bai artikulu hori bai defentsa-eskubidearen kontzeptua bat datozela Giza Eskubideko Europako Itunaren 6.artikuluan ezartzen denarekin eta Giza Eskubideko Auzitegiko jurisprudentziarekin. Gainera, euroaginduak bateratzeko helburuekin bat dator, pertsonen eskubide prozesalak indartzen ditu, eta elkarren arteko aitortza-printzipioa hobetzen du.

Judizio aurreko azkenen auziari dagokionez –hau da, Gutunaren 53.artikuluaren norainokoa–, Justizia Auzitegiak uko egin dio gutxieneko maila gisa erabiltzeari, Abokatu Nagusiarekin bat etorriz. Beraz, uko egin dio estatu kideek babes-maila handiagoa eskaintzeko aukerari. Horretarako, ondoko arrazoietan oinarritu da: a) lehengo eta behin, adierazi duenez, interpretazio hori jarraitzen ez bada, urratu egingo dira Europako Zuzenbidearen lehentasun, eraginkortasun eta lehentasun printzipioak; b) bestalde, interpretazio horrek ez du bat egiten 2002ko Esparru Erabakiarekin. Aipatu Esparru Erabakiaren xedea da elkarren arteko aitorpen-printzipioaren zailtasunak gainditzea, inputatua bertan egon gabe eman diren ebazpenenetan. Hori lortze aldera, agindua betearazteko baldintzak bateratu behar dira. Aldi berean, estatu kideek adostasuna lortu behar dute, eta maila bera ezarri oinarrizko eskubideak babesterako orduan. Ondoren, ez du bereizketarik egiten babes-esparru bien artean, hots, nazioaren eta erkidegoaren artean[7]. Abokatu nagusiak, aldiz, bereizketa hori egiten du. Sententziak arreta jartzen du, batez ere, efikazia eta lehentasun-printzipioa gatazkan sartzen direnean Zuzenbide nazionalarekin. Bestalde, Auzitegiak onartu du ez duela eskumenik erabakitzeko Estatu kideek haien lurraldearen barruan edo kide ez diren Estatuek oinarrizko eskubideei ematen dieten babesaren gainean. Bukatzeko, azaldu du ez dagoela aukerarik inputatua bertaratu gabe eman diren entregak Estatu kideen menpean jartzeko. Izan ere, Esparru Erabakiak adierazten du Estatu kideek lortu duten adostasuna, defentsa-eskubideari dagokionez.

## 4. Ondorioak

Judizio aurreko lehen auzia ez da berria, oinarrizko eskubideei buruzko hainbat ordenamendu juridiko gainjartzen baitira: Europako Giza Eskubideen Ituna, Gutuna eta Konstituzio nazionalak, hain zuzen ere. Halaber, kontuan eduki behar da sistema bakoitzaren organo judizialak bere interpretazioak egiten dituela. Oinarrizko eskubideei dagokionez, kasuan antzeman daiteke ez dagoela benetako homogeneizaziorik Europan. Auzitegi Judizialak erabaki askoz sakonagoa eman zezakeen, baita askoz konkretuagoa ere, Gutuna nola aplikatu behar den jakiteko. Azken finean, Auzitegi Judizialaren iritzia da garrantzitsuena: oinarrizko eskubideen babesa erabakitzerako orduan, estatu kideek ezin dituztela maila ezberdinak zehaztu, ez gutxiago ez gehiago; hau da, Europar Batasunaren Zuzenbideak zehazten duena eskaini behar dute, baldin eta Batasunaren lehentasunari eta zuzeneko eraginkortasun-printzipioei eragiten bazaie. Beraz, Europar Batasunaren Zuzenbideak ez du gutxienezkoen estandarra ezartzen. Aldiz, oinarrizko eskubideak babesterako orduan, arau homogeneoak eskaintzen ditu, konfiantza,elkarren arteko aitorpena, eta Batasunaren eraginkontarsun eta lehentasun printzipioak kontuan edukita. Hemendik aurrera, Justizia Auzitegiak horrelako kasu anitzei egin beharko die aurre. Testuinguru berri baten aurrean gaude, hots, Europar Batasunak bere oinarrizko eskubideen katalogoa dauka, eta hemendik aurrera sententziaz sententzia erabaki beharko du nola aplikatu behar den Gutuna. Kontuan hartu beharra dago tresna juridiko berria dela, aldez aurretik ez genuena.

Beste alde batetik, Espainiako Konstituzio Auzitegiak aldatu beharko du orain arte defentsa-eskubideari eman dion estandarra, eta Luxenburgoko jurisprudentzia kontuan eduki beharko du oinarrizko

[7]Sententziako 57.tik 60. atalera.

eskubideei dagokionez. Hortaz, alde batera utzi beharko du orain arte euroaginduari aplikatu dion doktrina. Izan ere, nazioarteko kooperaziorako tresna juridiko baten aurrean gaude, estatu kideen eta gainontzeko ordenamendu juridikoen arteko konfiantza oinarritzat duena.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea: Norantz doa Justizia Auzitegia?

Euroagindutik abiatuta, egiazta dezakegu oinarrizko eskubideek garrantzi nabarmena hartu dutela Europan; beste garai batean, pentsaezina zen hori. Era berean, euroaginduak erakusten digu hainbat sistema daudela oinarrizko eskubideak babesterako orduan eta, batzuetan, sistemok gainjartzen direla. Sistema horien barruan, ezinbestekoa da Europar Batasuneko Oinarrizko Eskubideen Gutuna, alegia, Europar Batasuneko ordenamendu juridikoaren berezko sistema, oinarrizko eskubideak babesten dituena. Beraz, hemendik aurrera, eta orain dela gutxi indarren dagoela kontuan edukita, aztertu beharko ditugu Justizia Auzitegiak ebazten dituen kasuak, Gutuna nola aplikatu edo interpretatu behar den jakiteko edo ikasteko.

## 6. Erreferentziak

ANDRÉS SANZ DE SANTA MARÍA, P., «Un nuevo paso en el diálogo judicial europeo: el Tribunal Constitucional español recurre al reenvío prejudicial», en FERNÁNDEZ LIESA C.R. eta Al, 2012, : *Libro homenaje a Dámaso Ruiz-Jarabo Colomer*, CGPJ, Madrid, 2011. 189-214.

GARCÍA SÁNCHEZ, B., «Pluralismo constitucional en la Unión Europea y heterogeneidad de las normativas penales de los Estados miembros: problemas del principio de reconocimiento mutuo», en *CPC*, nº 106, 2012. 121-222.

GIPPINI FOURNIER, E., «*¿Fin de la «autarquía jurídica» preludio de un conflicto anunciado? El primer reenvío prejudicial del TC*», La Ley, nº 23, septiembre-octubre, 2011.

IGLESIAS SÁNCHEZ, S., «La jurisprudencia constitucional comparada sobre la orden europea de detención y entrega, y la naturaleza jurídica de los actos del Tercer Pilar», *Revista de Derecho Comunitario Europeo*, nº 35, 2010.

PEERS, S., «The European Arrest Warrant: The Dilemmans of Mutual Recognition, Human Rights, and the EU Citizenship», en *The Court of Justice and the Construction of Europe: Analyses and Perspectives on Sicty Years of Case-Law*, Asser, La Haya, 2013.

TORRES PÉREZ. A., «Euroorden y conflictos constitucionales: A propósito de la STC 199/2009, de 28-9-2009», en *Revista española de Derecho Europeo*, nº 35. 2010.

MARTÍN RODRÍGUEZ, P., «Crónica de una muerte anunciada: Comentario a la Sentencia del Tribunal de Justicia (Gran Sala), de 26 de febrero de 2012, Stefano Melloni, C-399/11», en *Revista General del Derecho Europeo*, 30, 2013.

## 7. Eskerrak eta oharrak.

Lehenik eta behin, gustatuko litzaidake eskerrak ematea nire zuzendari Edorta Cobreros Mendozari, nigan eduki duen konfiantzagatik, baita tesina eta tesia zuzentzeagatik ere. Bigarrenik, UPV/EHUri eskertu nahi nioke urteotan emandako diru-laguntza, dela tesia idazteko dela beste ikerlan batzuk egin ahal izateko, horien artean, egonaldia Maastrichteko Unibertsitatean (Herbehereetan). Azkenik, eskerrak eman nahi nizkieke nire lankide Eneko Compainsi eta Miren Odriozolari, egunero eman didaten babesagatik.

# Euskal audientzia eta ikus-entzuleriaren neurketak:hurbilketa euskaldun baterako oinarriak

Díaz, K. *(EHU-UPV)* koldo.diaz@ehu.eus
Landabidea, X. *(Deustuko Unibertsitatea)* xlandabidea@deusto.es
Salces, G. *(EHU-UPV)* gorka.salces@ehu.eus

## *Laburpena*

Sekula ez da gaur beste euskarazko komunikabide martxan egon, hain esparru geografiko zabalean eta hain euskarri, formatu eta eduki anitzekin. Alabaina, bateratze multimediaren garaian beraien eragin erreala neurtu ahal izateko datu eta neurketa audimetrikoetan oinarritutako adostasun prekarioak gainditu beharra dago. Hala, audientzien neurketan teknika kuantitatiboez gain kualitatiboak ere erabiltzeari ezinbesteko deritzogu, (ez) kontsumitzeko zergatiak eta moduak, hedabideek transmititzen dituzten balioak eta euskararen normalizazioan jokatzen duten rola ezagutzeko. Aipatu uztarketa metodologikoa burura eramateko oinarrizko proposamena aletzen du Hekimen elkartearekin elkarlan estuan garatutako artikulu honek.

Hitz gakoak: euskara komunikabideak kontsumoa audientziak motibazioak

## *Abstract*

*There has never been as many media in Basque language as today. The variety of formats and contents is greater than ever, as well as their geographical coverage. However, to understand their real influence in the era of media convergence it is necessary to overcome the precarious agreements on audiometric data and measurement. Therefore, it is essential to employ qualitative methodology along with quantitative approaches. Only that way could we explore how and why do (not) Basque speakers consume media, and what is the role played by them in the linguistic normalization. This article puts forward the basic proposal to implement the above mentioned methodological combination, developed by the authors in close collaboration with Hekimen elkartea.*

*Keywords: Basque language media consumption audiences motivations*

## 1. Sarrera

Euskarazko hedabideek 1980ko hamarkadan bizi izan zuten bere historiako lehen loraldia (TOKIKOM, 2013: 5), erakunde publikoetatik zein herri ekimenetik sortutako komunikazio proiektuei esker. Orduztik hona asko eraldatu da euskal komunikazio esparrua, eta gaur egun inoiz baino eskaintza osatuagoa jartzen dute euskarazko hedabideek euskal hiztun komunitatearen eskura: inoiz ez da hainbeste komunikabide martxan egon, hain esparru geografiko zabalean eta hain euskarri, formatu eta eduki anitzekin. Banaketa geografikoari erreparatuz, euskararen esparru tradizionaltzat hartu izan ditugun eskualdeak betetzen dituzte euskarazko hedabideek, baina muga horiek gainditzea lortu dute eta eremu erdaldunagoetan ere badago euskarazko tokiko informazioa jasotzeko aukerarik. Jakina, hizkuntzaren ezagutzari eta erabilerari dagokionez oraindik orain alde handiak daude eskualde batetik bestera, baina euskararen eta erdaren arteko banaketa geografikoa ez da duela pare bat belaunaldi bezain zurruna. Euskarazko hedabideak hainbeste garatu diren azken hiru hamarkadetan geografikoki euskal hiztunen atomizazio prozesua gertatu da. Lehen baino euskaldun gehiago dago, eta erdara nagusi den eskualdeetan eta etxeetan bizi den euskaldunen proportzioak gora egin du nabarmen, soslai horretako hiztunak euskaldungoaren gehiengoa bilakatu direlarik (Hizkuntza

Politikarako Sailburuordetza, 2013: 4). Haatik, euskara nagusi den herrietan erdaldunen kopuruak gora egin du, eta euskara hutsean aritzen diren etxeak gutxiago dira (Goikoetxea, 2015: 10-11). Esparru fisiko definitu eta ezagunen jabe ziren bi talde linguistikoz osatutako gizartetik bi komunitate horiek espazio bera partekatzen duten gizartera igaro garela esan daiteke. Polarizaziotik nahasketara, alegia.

Euskarazko hedabideentzat, hiztun tipologiak ugaritu izanak erronka berriak sortu ditu: identifikatzen errazagoa zen publiko potentzialarentzako produktuak sortzetik ezaugarri jakin batzuei lotzen zailagoa den komunitate bati zuzendutako produktuak ekoiztera igaro dira. Hortaz, balizko hartzailearen -eta areago, hartzailetzaren- ezaugarriak aldatu dira euskarazko komunikabideentzat, eta aldi berean publikoarengana heltzeko kanalek sakoneko eraldaketa prozesua jasan dute. Agerikoa da konbergentzia mediatikoaren garaian mundu osoko komunikabideek zailtasunak dituztela ekonomikoki bideragarri izaten jarraitu eta, aldi berean, jendartearen ohitura komunikatibo berrietara egokitzeko. Globala den krisialdi ekonomikoaz gain, hedabideek berezko kontsumo krisia bizi dute, hein handi batean bat-batekotasunean eta doakotasunean oinarritutako dinamika komunikatibo multimediei zor zaiena.

Horretaz aparte, euskarazko hedabideek hainbat erronkari aurre egin beharko diote etorkizun hurbilera begira. Alde batetik, euren eragina hiztun komunitatearen periferiara hedatzeko beharra agerikoa da. Euskal hiztun komunitatea zirkulu kontzentrikoz osatuta dago (Sanchez Carrión, 1991: 203), eta "euskal hedabideak nagusiki nukleora iristen dira" (Zubiri, Retortillo eta Alberdi, 2007: 94). Halaber, periferia geografikoetara hedatzea funtsezko beharrizana da euskarazko komunikabideentzat. Azken urtetoan eginkizun horretan aurrerapauso nabarmenak egin diren arren, gaur gaurkoz "euskarazko tokiko hedabideen eskaintza zabalena eta handiena Gipuzkoan eta Bizkaian kokatuta dago" (Bidegain, Egaña eta Zuberogoitia, 2013: 182).

Halaber, edukiaren eta formaren aldetik ahalik eta komunikabide sorta zabalena eskaintzeari estrategikoa deritzogu. Izan ere, hizkuntza gutxituetako hedabideen eskaintzaren aniztasunak erabiltzaileen hautua baldintzatzen du (Moring, 2007), eta formatu zein euskarri bakoitzak publiko mota bereiziak biltzen dituzte (Skobergo eta Winsvold, 2011). Finean, euskal hiztun komunitate zein mundu mailako komunikazio sistema eraldaketa sakonean murgilduta dauden garai honetan komunikabideek hizkuntzaren normalizazio prozesuari egin diezaioketen ekarpena ulertzeko inoiz baino beharrezkoagoa da euskaldunen ohitura komunikatiboak kualitatiboki aztertzea euskarazko hedabideek konbergentzia mediatikoaren itsaso zakarrean nabigatzeko mapa egokiak izan ditzaten.

## 2. Ikerketaren helburuak

Audientziaren ikerketa tradizionalak muga garrantzitsu eta alboraezinak ditu euskal errealitatea aztertu eta azaltzerako orduan. Ez soilik euskarazko komunikazioak ezaugarri propioak agertzen dituelako (errealitate linguistiko eta kultural bereizi bezala), baita merkatuaren tamaina txikiak hurbilketa estatistiko-audimetrikoei ezartzen dizkien mugak tartean. Aldi berean IKTek hedabideen kontsumoari dagokionez sortutako berritasunek (Interneten egonkortzearekin batera hedabideak kontsumitzeko erak eraldatu eta biderkatu direla esan daiteke) euskarazko komunikazioaren eremua aztertzeko moduak erabat birpentsatzeko beharra (eta aukera) ekarri digute.

Egoera honen aurrean euskal gizartera egokitutako ikus-entzuleriaren ikerketa bat egiteko jarraitu beharreko oinarriak proposatzen ditugu ahalik eta modu sintetiko eta zehatzenean, helburu espezifiko bezala: euskal audientzia/ikus-entzuleria sortzea, adostasunak eraikitzeko gaitasuna izan duen audimetria propioak eraikitzea, bateratze digitalak eragin dituen testuaren eta haren kontsumoaren eraldaketak kontuan hartuko dituen ikus-entzuleriaren ikerketa proposatzea, euskal irakur-ikus-entzuletza garaikidearen ikerketan aurreratzea eta alternatiba etnografikoez eta osagarritasun metodologikoez baliatzea.

## 2.1. Euskal audientzia/ikus-entzuleria sortzea

Audientzia ez da berez existitzen. Ekoiztu egiten da. Audientziak, ikus-entzuleriak ez *daude*, ekoiztu egiten ditugu: ez dira errealitate objektiboa, prozesu zehatzen produktua baino. "Ez dago komunikabideen ikus-entzuleria bezala isolatu eta identifikatu dezakegun erakunde egonkorrik, ez eta arazorik gabeko objektu bakar bat ere guk azter eta beha dezagun 'hor' dagoena." (Moores, 1993: 1-2). Aldiz, audientzia interes konkretuei erantzuteko eraikitzen da eta ikerketako galderen formulazioak berak sortzen du audientzia edo ikus-entzuleriaren konstruktua.

Bestela esanda, "…kasu guztietan produktua fikzio bat da, zeinak irudikapena burutzen ari den erakundearen beharrei erantzuten dien. Ikus-entzuleria ez da inoiz ere ´erreala´, edo eraikuntza diskurtsiboz kanpokoa." (Hartley, 1987: 125). Hortaz, euskal errealitatea modu egokiagoan islatuko dugun konstruktua, fikzioa sortzean datza erronka. "Fikzio" objetibagarria, sinesgarria, baliagarria eta adostasunak sortzeko gaitasuna izango duena. Euskararen eta euskal kultur(ar)en errealitateari erantzuteko ahalmena izango duena.

## 2.2. Adostasunak eraikitzeko gaitasuna izan duen audimetria propioak eraikitzea

Audientzia, tradizionalki, une zehatz batean piztutako hargailu kopuru baten presentzian dagoen jende kopuruaren estimazio estatistikoa izan da; ikus-entzunezko jarioarekiko esposizio fisikoa. Ez ditu barne hartzen esposizio horrekiko erantzuna, arreta edo ardura. Ez da kezkatzen ikus-entzuleak esposizioari ematen dion erabilera edo balioarekin. Audientziaren kontzeptu honek esposizioaren neurketarako sistema bat eskatzen du ezinbestez, eta sistema horri deitzen diogu audimetria. Baina datu hauek osatzeko erabiltzen diren laginak milioika lagunen unibertsoentzat estatistikoki onargarriak izanagatik (zenbat eta handiago fidagarriago), gabezia nabarmenak agertzen dituzte unibertsoa txikiagoa denean (euskarazko hedabideen kasuan legez). Unai Break Argia aldizkarian jaso bezala "Denek ematen dute ontzat audimetroaren sistema, inperfektua dela aitortu arren " (Brea, 2011): lagina txikiegia da, ikus-entzuleriaren gutxiengo agerpenak ondo ordezkatu ahal izateko. Komunikazio eragile ezberdinak (industria, kontsumitzaileak, iragarleak, akademia…) adostasun ezerosoan daude kasurik onenean, komunikazioaren ekosistema bateratze eta digitalizazio prozesuaren eraginez anitzagoa, aldiberekoagoa eta transmediatikoagoa bilakatzen doan heinean.

Adostasuna eta onarpena dira ikus-entzuleriaren monetaren gakoak, ez zehaztasun gradua. Bestela esanda, ikus-entzuleriaren neurketarako industria metodologikoek adostasuna dute helburu, ez ikus-entzuleriaren ezagutza sakona. Ikus-entzuleriaren ikerketak eta bertatik eratorritako ezagutzak komunikabideen ekosistemako eragileen onarpena behar du, merkatuan jarduteko, baita euskarazko komunikazioaren esparruan ere. Euskarazko komunikabideen sektoreak, sektore publikoak, iragarleek, ikus-entzuleek eta bestelako gizarte eragileek onartuko duten euskal audimetria sistemetan ikertzea eta inbertitzea estrategikoa da.

## 2.3. Bateratze digitalak eragin dituen testuaren eta haren kontsumoaren eraldaketak kontuan hartuko dituen ikus-entzuleriaren ikerketa proposatzea

Bateratze multimediaren eta komunikabideen ekosistemaren eraldaketen ondorioz hedabideen arteko mugak lausotu egin dira eta testua ez da, dagoeneko, lehen zena, ez prentsan, ez irratian, ez telebistan, ez, ziurrenez, interneten ere. ["Testua hedabideen ikerketan gehien erabilia eta gutxien definitua den terminoa da aldi berean" (Threadgold, 2005: 345) ]. Gaur egun testua, zeinuen ehundura bezala ulertuta, idatzizko erregistrotik aldendu eta irudiz, ikusizko zeinuz, komunikatu daitekeen mezu oro adieraztera heldu da (webguneak, sare sozialak, bideojokoak…) eta horrek egoera konplexutu egiten du (baita gure aukerak zabaldu ere).

Testuaren estatusa zalantzan egoteak irakurlearen figura (eta ikus-entzulearena) ere zalantzan jartzen ditu, eta hortaz baita haren neurketa eta ezagupideak ere. Hedabide eta komunikabideei banan-banan eta modu kolektiboan eragin dieten aldaketa teknologiko, industrial eta sozialen aurrean ez du zentzurik aurreko kategoriei eusten saiatzeak. Aldiz, subjektuen bizi-munduari erreparatu beharko genieke, haien komunikazio-inguruari ematen dioten erabilera eta zentzuei erreparatzeko.

## 2.4. Euskal irakur-ikus-entzuletza garaikidearen ikerketan aurreratzea

Gaur egun euskal gizartean ikus-entzuleriaren parte izatea ez dela aparteko egoera, ohikoa baizik. Ikus-entzutea gizarte industrializatuetako egunerokotasunean bertan ehundutako jarduera da, bizitza eta iritzi publiko -eta publikatuarekin- estu lotutakoa. Ikus-entzuletza eguneroko auzia da, ohikoa, errutinazkoa, euskal gizarte garaikidean. Eta gero eta gehiago ikus-entzuletza hau plurala, komunikabide askotarikoa eta aldiberekoa da.

Apartekoa, zerbait izatekotan, komunikabide bakarrarekiko ikus-entzuletza dateke, audientziaren neurketak aurresuposatzen duen arreta bereizi eta esklusiboa. Publikoa komunikabideen bitartekaritzarik gabeko lekukotza zuzen bezala definitu dugun arren, komunikabideen ekosisteman geroz eta integratuago ageri zaigun gizartean ikus-entzuletzak ez du zertan publikotasuna ukatu, ez eta alderantziz ere. Bata eta bestea ez dira egoera edota jardun kontrajarriak: publikoak ikus-entzule izan daitezke, eta ikus-entzuleak publiko: aldi berean zuzeneko jazoera baten lekuko, ikus-entzunezko erregistratzaile, banatzaile eta erantzunen irakur-ikus-entzule. Ikus-entzuletzak, hortaz, ez du publikotasuna ukatzen.

Audientziaren kontzeptua diskretua bada ere, zenbatu, zatikatu eta batezbestekotan kalkulatu daitekeena (*rating* eta *share*etako hamartarrak errealitatean inon existitzen ez diren arren.) ikus-entzuleria jarraia, konplexua eta partziala da, eta ez dago erabat pertsonen eguneroko bizitzarengandik bereizterik (cf. Silverstone, 1989).

## 2.5. Alternatiba etnografikoez eta osagarritasun metodologikoez baliatzea

Errealitate mediatiko berrian kontsumoaren ertz guztiei taxuz heltzeko, beraz, audiometria klasikoa ez litzateke nahikoa. Horrenbestez, audientzien neurketan teknika kuantitatibo eta kualitatiboen arteko uztarketa metodologikoa gauzatzeari ezinbesteko deritzogu. Ildo horretan, komunikabideen etnografiak informazioa lortzeko sarri ikus-entzule gutxirekiko harreman estuak eta elkarrekintza luzeak baliatzen dituela azpimarratu izan da (Lull, 1988). Horrek berritasun garrantzitsua dakar: ikus-entzuleriaren ikerketa tradizionalak ikus-entzuleria erlatiboki homogeneoa den masa gisa hartu dute (ulerkera, esangura emate eta interes antzerakoak dituzten norbanakoez osatuta) laginetatik abiatuta unibertso zabalagoen ezaugarriak aurreikusi eta ezagutu ahal izateko. Ikus-entzuleriaren ikerketa etnografikoak, aldiz, batez ere talde txikietan jardun izan du, ikerketako parte-hartzaileak aldagai zehatzen arabera hautatu ondoren.

Ikerketa kuantitatiboak ikerketa objektuari ez dagozkion aldagaiak c*æterīs pāribus* manten ditzake, laginaren erantzunetatik unibertso osoari aplika dakizkiokeen ezaugarriak erauzteko. Ikerketa etnografikoa, aldiz, ondorio esanguratsuak ateratzeko parte-hartzaileen informazio anabasa aberatsean murgildu behar da, ikus-entzulerien esperientzia eta zentzu-eraikuntzan sakontzeko. Alderantzizko logikak diren arren, osagarriak izan daitezke, eta bereziki interesgarriak herri eta hizkuntza txikientzat. Bi abiapuntuek, kuantitatiboak eta kualitatiboak, estrategia metodologiko ezberdinak erabiltzen dituzte haien helburuak erdiesteko. Ikuspuntu osagarriak dira, errealitatearen alderdi ezberdinak argiztatzen dituzten fokoak, hala nahi bada, elkarrekin giza errealitatearen zati handiago bat ezagutzea ahalbidetzen digutenak.

## 3. Ikerketaren muina: bestelako ikerketa euskaldun baten diseinua

Bestelako hurbilpen teoriko eta metodologikoak defendatzen ari garen artikulu hau idazterakoan martxan dagoen ikerketa bat dugu oinarri. Hori dela eta, ikerketaren muina etorkizunean jorratu beharreko ildoa da.

Lehenik eta behin, ikus-entzuleriaren inguruko ikerketek egokitzapen kuantitatibo bat behar dutela deritzogu. Izan ere, Euskal Herrian egin diren datu-bilketa audiometrikoak ez daude euskarazko hedabideen errealitatera egokituta: erdarazko komunikabide handiagoentzat pentsatuak dira, eta ez daude diseinatuta herri edo eskualde mailako hedabide txikien kontsumoa neurtzeko. Horregatik, uste dugu etorkizunean egingo diren inkestetan Euskal Herriko errealitatera egokitutako eskala demografikoak erabili beharko liratekeela, eta komunikabideen hedapen esparruak ere kontuan hartzea ezinbestekotzat jotzen dugu.

Bigarrenik, online sare sozialen eta bat-batekotasunean oinarritutako ohitura komunikatiboen ondorioz audiometriak neurtzen duen errealitate mediatikoa gainditze bidean dago, jadanik gainditu ez bada. Batetik, egunkariek online sare sozialen bidez hedatzen dituzte notiziak, irratiek Internetez baliatzen dira Euskal Herriko txoko ezberdinetara ailegatzeko eta telebistek zuzeneko emisioak zein grabatutako saioak argitaratzen dituzte Interneten. Bestetik, hedabide ezberdinak aldi berean kontsumitzen duen populazioa handitu egin da: telebistako eztabaida saioa Twitterren komentatzen da egun, adibidez. Hori dela eta, neurketa audiometriko arrakastatsu baterako, bateratzeko digitalaren eta medioen uztarketaren ondorioz indarra hartu duten kontsumo zein esperientzia hauek neurtzeko eta ezagutzeko beharra dago.

Hirugarrenik, aurreko puntuan azaldu bezala, IKT-en egonkortzearekin batera hedabideak kontsumitzeko moduak biderkatu egin dira. Era berean, hedabide bat edo beste kontsumitzerako orduan eragina duten aldagaiak areagotu direla esan daiteke: hedabideak transmititzen dituen baloreak, hizkuntzak edota hurbilekoa izateak bezalako aldagaiek bere biziko papera jokatzen dute. Kontsumo esperientzia eta zergati hauek ezagutu ahal izateko, ordea, inkestek eskaintzen dituzten datu kuantitatiboak ez dira nahikoak, izan ere, teknika hauen betebeharra aldagai ezberdinak zenbatzea da eta ez esperientzietan sakontzea. Aldaketa teknologikoek esperientzia sozialak moldatzen dituzte eta egoera berri horren aurrean neurketa audiometrikoak egiteko teknika metodologikoak moldatu behar dira. Horregatik, aurrerantzean, euskal herritarren ohitura komunikatiboak neurtzeko orduan teknika kuantitatiboetan oinarritutako inkestez gain, teknika kualitatiboak ardatz dituzten sakoneko elkarrizketak edota eztabaida taldeak zein teknika etnografikoak osatzen dituzten behaketa (ez) parte hartzaileak erabiltzeko proposatzen dugu.

Teknika metodologikoak uztartuz gero, kontsumoaren zenbatekoak, zergatiak zein esperientziak neurtzeko aukera egongo litzateke. Lehenik eta behin, zen duten inkestak Euskal Herriko errealitate demografikora egokitu beharko liratekeela defendatzen dugu. Izan ere, inkesta horiek eskainiko lizkiguketen datu kuantitatiboetatik abiatuta, posible izango litzateke ezaugarri jakinak dituzten kontsumitzaile taldeak identifikatzea (“kasu kritikoak” deritzotenak), eta multzo horietako bakoitzeko ikusle/irakurle/entzuleekin sakoneko elkarrizketak egitekotan kontsumoaren zergatiak ezagutzeko aukera egongo litzateke. Azkenik, IKTek ahalbidetzen dituzten kontsumo esperientzia berriak zuzeneko behaketa (ez) parte hartzailearen bidez aztertuz neurketa audiometriko osatu bat lortuko litzateke.

Etorkizunean burutuko diren ikus-entzuleriaren azterketa audiometrikoek izan beharreko oinarrien proposamenarekin jarraituz, laugarren irizpide gisa, euskarazko komunikabide guztiak hartu behar direla deritzogu. Hasiera batean azpimarratu bezala, egungo neurketa audiometrikoek ez dute euskal gizartearen kontsumoa modu osatu batean aztertzen: inkestek kontuan hartzen ez duten aniztasun demografiko eta kontsumo zergatiak ez aztertzeaz gain euskarazko hainbat eta hainbat komunikabide ez dituzte kontuan hartzen. Herri zein eskualde mailako proiektuek euskarako komunikazio esparruaren parte oso esanguratsu bat hartzen dutela aintzat harturik, eta tokiko mailan esaguratsua izango litzatekeen lagina oinarri duen azterketa kuantitatiboa egin ahal izatea balizko aurrekontu orotik kanpo gelditzen dela jakinda, orain arte itsu-puntu izandako eremu hori argitzeko aurretiaz aipatutako teknika kualitatibo zein

etnografikoak beharrezkoak dira. Modu honetan, aipatu komunikabideek helarazten dituzten balioetan murgilduz, aurreko puntuetan azaldutako kontsumo zergati eta esperientzietan sakontzeko aukera izango genuke.

Azkenik, asko dira hizkuntza erabileran eragiten duten aldagaiak. Pentsatzekoa da euskararen moduko hizkuntza gutxitu batean aritzen diren komunikabideen kasuan, hizkuntza beraren jabekuntza prozesuan eragiten duten faktoreek garrantzi handia izango dutela kontsumoaren (edo kontsumo ezaren) zergatiak azaltzeko. Ondorioz, eta Sanchez Carrionen (1991) teoriak makulu gisa erabilita, inkestatuen motibazioak, ezagutza eta erabilera neurtu beharko litzatekeela deritzogu. Alde batetik, eguneroko bizitzaren espazio soziofuntzional ohikoenetan (lana, etxea, auzoa, lagunartea edota administrazioarekin harremanak) euskararen *erabilera* zenbatekoa den jakin beharko genuke; bestetik, hizkuntza gaitasun absolutuaren zein erlatiboaren inguruko datuak bildu beharko genituzke eta, azkenik, euskararekiko motibazio eta jarreren berri izan beharko genuke. Izan ere, azken hauek pertsonaren gertuko sare sozialaren errealitate linguistikoarekin koerlazio argia izaten du sarritan (Baker, 1992), eta ingurune horrek gutxieneko baldintzak bete ezean, hizkuntzaren erabilera efektiboa egitea ia ezinezkoa da. Izan ere, "*gizabanakoa horretaz ohartu gabe indarrean dagoen arau sozialak ezarritakoari jarraituko dio egoera bakoitzeko harremanetarako hizkuntza (gehienetan inkontzienteki)hautatzean"* (Martinez de Luna, 1996: 46). Hortaz, gure iritziz, kontsumo mediatikoa neurtzerakoan euskal herritarren gertuko sare sozialean euskarak duen presentzia antzemateko mekanismoak txertatu beharko lirateke. Modu honetan, hedabideen kontsumoaren azalpena ikuspegi orokor batetik egiteko aukera izango genuke.

## 4. Etorkizunerako planteatutako norabidea

Aurreko ataletan luze eta zabal deskribatutako neurketa integrala garatzeko lan egin dugu proiektu honetako partaideek artikulua idatzi aurreko hilabeteetan, Euskal Hedabideen Elkarte HEKIMENekin elkarlan estuan. Izan ere, euskarazko hedabideentzako funtsezkoa da, alde batetik, euren irismenaren berri izatea, eta, bestetik, kontsumitzaileen esperientziak ezagutzea. Dagoeneko hamaika aldiz baieztatu dugunez, soilik uztarketa metodologikoaren bidez jakingo dugu zenbat pertsonak erabiltzen duen zehazki hedabide bakoitza eta, horrez gain, kontsumitzeko zergatiak eta moduak, hedabideek transmititzen dituzten balioak eta euskararen normalizazioan jokatzen duten rola (hauek guztiak gure irudiko gutxienez datu kuantitatiboak bezain garrantzitsu direlarik).

Bada inkesta kuantitatiboa martxan jartzeko bidea jorratu dugu azken hilabeteotan. Alabaina, arestian aipatu lez, ikus-entzule kopuruen inguruko adostasuna beharrezkoa da bildutako datuek balio erreala izan dezaten. Publizitatearen industriaren eta, batez ere, erakundeen onarpen ofizialik izango ez lukeen neurketarik abiarazteak, beraz, ez luke zentzurik izango, eta, hortaz, eragile publikoen esku gelditzen da euskarazko hedabideen inguruko informazio kuantitatiboa biltzea.

Alor horretan etor litezkeen lanak itxaroten egon beharrean, baina, lanean jarraitzea probetxugarriagoa izan daitekeela sinesten dugu, eta datu kuantitatiboak iritsi bitartean alde kualitatiboa jorratzeari ekin diogu. Hala, euskarazko hedabideen kontsumitzaile tipologia diferenteekin banakako zein taldeko elkarrizketen bidez gauzatuko litzatekeen proiektua garatzen ari gara, hurrengo hilabeteotan burutzekoa litzatekeena. Elkarrizketetan euskal hiztun komunitatearen zein komunikabide-kontsumitzaile euskaldunen aniztasuna islatuko lukeen lagina biltzea aurreikusten dugu, eta pluralitate hori bermatzeko solaskideen sexua, adina, bizitokia eta hizkuntza gaitasuna aintzat hartuko ditugu. Parte hartzaileei euren eguneroko kontsumo mediatikoa deskribatzea eskatuko zaie, eta, horrez gain, arreta berezia jarriko dugu euskarri aniztasunarengan, kontsumoaren fluxuarengan, sareen erabilera aktiboarengan eta hedabideek erabiltzen duten hizkerari buruzko pertzepzioengan.

Finean, proiektu honetan euskarazko komunikabideen eguneroko kontsumorako hurbilketa kualitatiboa proposatzen da, ez errealitatearen konplexutasun osoa jasotzeko edo ikerketa aukera guztiak agortzeko asmoz, baizik eta anitza, aldakorra eta aberatsa den errealitatea esploratu eta hobeto ezagutzeko helburuarekin. Hein horretan proposamen hau "beta" proiektu bezala uler daiteke, hurrengo hurbilketa kualitatibo edo konbinatuetarako zoru metodologiko eta epistemologikoa ezarriko duena.

## 5. Erreferentziak


Aierdi, X. et al. (2008): "Euskal hedabideak EAEn", *BAT Soziolinguistika aldizkaria*, 68, 85-101.

Baker, C. (1992): *Attitudes and Language*. Multilingual Matters: Clevedon.

Bidegain, E. et al. (2013): "Euskarazko tokiko hedabideen erradiografia", in TOKIKOM, *Euskal hedabideen etxea, tokikoen ikuspegitik*, 94-191. [http://bloga.tokikom.eus/wp-content/uploads/2013/11/EUSKAL_HEDABIDEEN_ETXEA.pdf]

Brea, U. (2011): "Denek onartutako datu distortsionatuak", *Argia*, http://www.argia.eus/argia-astekaria/2271/telebistako-audientzien-neurketa-etik hartua.

Goikoetxea, G. (2015): "Birikak estutzen", *Berria,* 10-11.

Hartley, J. (1987): "Invisible fictions: Television audiences, paedocracy, pleasure", *Textual Practice,* 1, 2, 121-138.

Hizkuntza Politikarako Sailburuordetza (2013): *V. Inkesta Soziolinguistikoa*. Eusko Jaurlaritza: Gasteiz.

Lull, J. (1988): "Critical response: The audience as nuisance", *Critical Studies in Mass Communication,* 5, 239-243.

Martinez de Luna, I. (1996): "Hizkuntzekiko motibazioen ekarpenak inguruneak ezarritako baldintzen aurrean", *BAT Soziolinguistika aldizkaria*, 18, 39-52.

Moores, S. (1993): *Interpreting audiences. the ethnography of media consumption.* Sage: London.

Moring, T. (2007): "Functional completeness in minority language media". in Cormack, M. eta Hourigan, N. (Ed.), *Minority language media. Concepts, critiques and case studies*. Multilingual Matters: Clevedon, 52-68.

Ott, B. L. (2008): "Introduction: The not TV text". in M. Leverette, B. L. Ott & C. L. Buckley (Eds.), *It´s not TV. Watching HBO in the post-television era.* Routledge, New York & London.

Sanchez Carrión, J.M. (1991): *Un futuro para nuestro pasado*. Elkar, Donostia.

Silverstone, R. (1989): "Let us then return to the murmuring of everyday practices: A note on Michel de Certeau, television and everyday life", *Theory Culture Society,* 6, 77-94.

Skobergo, E. eta Winsvold, M. (2011): "Audiences on the move? Use and assessment of local print and online newspapers", *European Journal of Communication*, 26, 3, 214-229.

Threadgold, T. (2005): "Text". in T. Bennett, L. Grossberg & M. Morris (Eds.), *New keywords: A revised vocabulary of culture and society,* 345–347. Blackwell, Malden.

TOKIKOM (2013): *Euskal hedabideen etxea, tokikoen ikuspegitik*. [http://bloga.tokikom.eus/wp-content/uploads/2013/11/EUSKAL_HEDABIDEEN_ETXEA.pdf]

Webster, J. G. et al. (2006): *Ratings analysis: The theory and practice of Audience Research*. Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, New Jersey and London.

# Euskaldunok eta telebista XXI. mende hasieran: ikus-entzuleen hitzetan oinarritutako hurbilketa kualitatiboa.

Xabier Landabidea Urresti
Euskal Gaien Institutua. Deustuko Unibertsitatea.
xlandabidea@deusto.es

## *Laburpena*

Telebista milioika pertsonaren eguneroko errealitateren parte zentrala eta XXI. mendearen hasieran komunikabideekin lotutako aisian eragilerik garrantzitsuenetarikoa dela esan daiteke. Egunerokotasunean telebistak duen zentraltasunaz jabeturik, lan honek lau adin-taldetan banatutako (Gazteak, Helduak 1, Helduak 2, Nagusiak) bederatzi eztabaida-talde eta sei sakoneko elkarrizketaren telebistarekiko harremanen esplorazioa eta aisia humanistaren perspektiban oinarritutako interpretazio-eredua eskaintzen ditu. Komunikabideen kontsumoaren eta ikus-entzulerien ikerketa batez ere tenika kuantitatiboen bidez bideratu da orain arte Euskal Herrian, baina komunikabideen ingurunearen aldaketa azkar eta hazkorrak eragindako erronkei erantzun aldera, hurbilketa kualitatiboa proposatzen da lan honetan.

Hitz gakoak: telebista, aisiazko ikaskuntzak, ikus-entzuleriaren ikerketa, esperientzia, komunikabideen ekosistema.

## *Abstract*

*Television is a central part of the daily reality of millions of people, and arguably one of the most important (f)actors informing media related leisure in the XXIst century. Aware of the centrality of television in the everydayness this paper proposes the exploration of nine focus groups and six in-depth interviews of four age-groups (Youngs, Adults 1, Adults 2, Elder) and an interpretative-explicative model based on the humanist leisure theory. Although most of the research on media consumption and audience research in the Basque Country has been oriented to quantitative techniques the paper puts forward a qualitative approach in order to deal with the challenges that the rapid and incremental changes happening in the media environment.*

*Keywords: television, leisure studies, audience studies, experience, media ecosystem.*

## 1. Sarrera

Telebista milioika pertsonen eguneroko errealitatearen parte da munduan egun eta XXI. mendearen hasieran pertsonen aisiaren zutaberik garrantzitsuenetarikoa izaten jarraitzen du, baita Euskal Herrian ere. Euskal gizartearen egunerokotasunean telebistak duen zentraltasunaz jabeturik lau adin-taldetan banatutako bederatzi eztabaida talde eta sei sakoneko elkarrizketaren telebistarekiko harremanen esplorazio kualitatiboa eta aisia humanistaren perspektiban oinarritutako interpretazio eredua eskaintzen ditu lan honek.

Komunikabideek egungo gizarteetan aisia definitzeko agertzen duten garrantzia hazkorra ikusita Aisiazko Ikaskuntzen eta Ikus-entzuleriaren Ikerketaren artean zubi-lana egitea ezinbestekoa eta emankorra da. Izan ere, komunikabideen ekosisteman ematen ari diren aldaketek erronka berriak ez ezik, erronka hauei eremu bietatik elkarrekin

erantzuteko aukerak ere zabaltzen dituzte. Erronka hauei erantzute aldera hurbilketa kualitatiboa proposatzen da lan honetan, Ikus-entzuleriaren Ikerketa batez ere komunikabideen kontsumoaren azterketa kuantitatibora bideratu baita, eta denbora-aurrekontuak bezalako Aisiaren Ikaskuntzekin lotutako ikerketa jarduerek jarduera behagarrien neurketa hartu izan baitute ardatz, jarduera hauetatik eratorritako esanahiei entzungor eginik sarri.

Hein horretan aisiazko esperientziaren kontzeptua telebistaren ikus-entzuleriaren eremura egokitzea gakoa da telebistaren egungo eta etorkizuneko formak hobeto ulertzeko. Hartara, ikus-entzuleriaren azterketarako eredu berri bat proposatzen da, aisia eta telebistaren adiera anitzeko izaera barne hartzen dituena eraldatzen ari den komunikabideen ekosistemaren baitan. Parte-hartzaileen kontakizunaren azterketa eta kodeketa sistematikoak adin-taldeen arteko kontzeptuzko alderaketarako eta telebistarekin lotutako aisiazko harremanen marko interpretatibo orokorrerako oinarriak eskaini ditu. Ezberdintasun esanguratsuak aurkitu dira adin-taldeen artean, baita antzekotasun nabarmenak ere adin-tarte bereko pertsonen artean. Kasu azterketan aurkitutako antzekotasun eta ezberdintasunetatik eta parte-hartzaileek belaunaldien inguruan esandakotik abiatuta proposatzen da telebistaren aisiazko ontologia, eta telebista belaunaldien arteko aisiarako eta aisiazko artefaktua dela eta belaunaldien partaidetzak eta ezberdintzeak telebistaren eguneroko errealitatearen eraikuntzan garrantzi handikoak direla ondorioztatzen da bertan.

Hedabideekin lotutako aisia garrantzia psikologiko, soziologiko eta ekonomiko hazkorra hartuz joan da gizarte industrializatuetan. Horrenbeste ezen aisia eta komunikabideak bereiztezinak bihurtu diren hein handi batean gizarte oparoenetako herritarren gehiengoarentzat. Egun geroz eta zailagoa da XXI. mendeko herritararen aisia irudikatzea honek hedabide ezberdinetako testuak (idatzizkoak, ikus-entzunezkoak, digitalak, analogikoak…) kontuan izan gabe (dela kontsumitzaile edo parte-hartzaile bezala). Masa hedabideak norbanako eta taldeen eguneroko bizitzaren lehengai esanguratsuak bilakatu dira herrialde gehienetan, eta euskal gizartea ez da salbuespena.

Eguneroko espazioak -egongela eta logelak, ikasgelak, kulturetxeak, taberna eta kafetegiak, ibilgailu publiko eta pribatuak- eta denborak – errutinak, ohiturak, maiztasunak, aldiak- hedabideen testuz saturatuta ageri zaizkigu. Ekonomikoki garatuenen dauden herrialdeetako herritarrek eskura duten astialdiaren zati handiena telebista ikusten, irratia entzuten, egunkariak irakurtzen, interneten nabigatzen eta bideokontsolan jokatzen ematen dute.

Bestela esanda: hedabideak nonahiko bilakatu zaizkigu. Eta hala bihurtu badira batez ere aisiaren eraginez izan da batez ere. Egun, ekidiezina da aisia aztertzea komunikabideen izaera eta egoera aztertzeko, eta nahitaezkoa zaigu komunikabideak aztertzea euskal gizartearen aisiaren egoera eta izaera ulertu ahal izateko. Bata eta bestea lotuta doaz.

Bestalde, komunikabideen ikus-entzuleen aisiazko esperientzien miaketarako abiapuntu kontzeptual eta enpiriko emankorra eskaintzen du telebistak. Telebista eta ikus-entzuleriak Aisiazko Ikaskuntzen perspektibatik ikertzea ez du soilik berau ikustera eskaintzen zaion ordu kopuru agregatu itzelak justifikatzen, baita haren zentralitatearen zalantzazkotasunak ere azkar aldatzen ari den komunikabideen paisaia digitalak berak ere: telebistaren orainaldia eta etorkizuna, biak dira gai kritikoak Aisiazko Ikaskuntzentzat. Ikus-entzulerien ikerketak tradizionalki pantailaren aurrean igarotzen dugun denbora zenbatu eta pisatzeaz eta komunikabideek haien ikus-entzuleriengan duten eragina neurtzeaz arduratu dira batez ere, baina gutxiago landu izan dute nola eta zergatik txertatzen dugun telebista gure eguneroko bizitzan, zein eguneroko esangura hartzen dituen telebistak edota zein esanahi eta plazer aurkitzen dituzten norbanako eta taldeek harekin ezartzen dituzten harremanetan. Aisiaren eta ikus-entzulerien ikerketek ezin dute erronka hauek ekiditen jarraitu. Lan honek ikus-entzulerien zenbakien atzean ezkutatzen diren aukera pertsonal eta kolektiboak ulertzen lagundu nahi luke, pertsonek telebistarekin harremanean aurkitzen dituzten esanahiak eta telebistak haien eguneroko bizitzan jokatzen dituen paperak aztertuz.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lan honetan Aisiazko Ikaskuntzen eta Ikus-entzulerien Ikerketaren alorretara ekarpena egin nahi izan da denboraren zenbaketaz eta hedabidearen eduki testualaren azterketaz haratago doan ikus-entzuleen telebistarekiko aisiazko harremanen azterketaren bidez. Horretarako telebista haren ikus-entzuleen aisiazko esperientziarekin hartuemanean dagoen entitate konplexu eta dimentsio anitzekoa bezala ulertu eta esploratu da, komunikaziorako teknologia bereizi edo aisiazko jarduera zehatz bainoago. "Telebistak jada ez du lehen zuen esanahi bera" (Shimpach, 2010: 1), eta, hartara, haren ikus-entzuleriek ere ez lukete esangura bera izan behar. XX. mendeko parametro nagusiak denbora eta espazioa izan badira, XXI. mendeko euskal ikus-entzuleriaren ikerketek norbanako eta komunitateen esperientzia hartu beharko lukete ardatz. Ardura horrekin eman zaio hasiera proiektu honi, eta horri begira planteatzen da azken ekarpena ere: telebista aisiazko esperientzien gaitzaile, baldintzatzaile eta eraldatzaile bezala ulertzeko eredua eskaintzea.

Telebistak belaunaldi ezberdinen eguneroko aisian duen lekua ulertze aldera luzatutako galderak honako iker-galdera bezala laburbildu daitezke:

- Nolako harremanak dituzte adin-talde ezberdinetako pertsonek telebistarekin haien eguneroko bizitzan? Hauetatik, zeintzuk dira aisiaren esparrukoak?
- Nola artikulatzen dira aisialdia, aisiazko jarduerak eta aisiazko esperientziak informatzaileen diskurtsoan aldaketa teknologiko azkarreko agertoki batetan txertatutako telebista batekin harremanean?
- Nola hautematen dituzte bateratze digital eta multimediaren aukera eta mugak?
- Antzekotasun eta ezberdintasunak aurkitzen al dira adin-taldeen artean telebistarekin lotutako aisiazko esperientziei dagokienez?
- Belaunaldi eta belaunaldiekiko partaidetzak paralelotasun eta dibergentzia hauek azaltzen lagundu dezakete?
- Zein da telebistaren izaera aisia humanistaren perspektibatik?

Iker-galdera hauek ikerketaren helburuen ondorengo formulaziora eraman gaituzte, helburu nagusi, helburu espezifiko eta hauen azpi-helburutan banatuta:

Helburu nagusia:

- Lau adin-talderen telebistarekiko harremanak aisia humanistaren perspektibatik miatzea belaunaldien arteko antzekotasun eta ezberdintasunak aztertu, interpretatu eta azaltzeko gai den eredu teoriko bat proposatze aldera.

Helburu espezifikoak

1) Aisiazko Ikaskuntzen eta Ikus-entzulerien Ikerketaren esparruak elkar-harremanean jartzea bata eta bestearen ekarpenak erabiliz iragaite egoeran aurkitzen den telebista ikertzeko.
    - Hizkuntza eta tradizio ezberdinetako aisiaren ulerkera klasiko zein garaikideak berrikusi eta hauek telebistarekin lotutako aisiarekiko hurbilketarako moldatzea.
    - Telebista bestelako hedabide eta komunikazio modu berriekin harremanean kokatzea aurpegi anitzeko bateratze multimediaren testuinguruan.
    - Ikus-entzulerien Ikerketaren ekarpen esanguratsuak berreskuratzea hedabidearekiko esposizoaren neurketa soilaz harago doazen ikus-entzuleria eta ikus-entzuletzaren lanerako definizioak berrikusi eta proposatzeko.

2) Eguneroko bizitzan telebistarekiko jarrera, emozio eta sentimenduen inguruan parte-hartzaileek duten diskurtsoa aztertzeko marko metodologiko kualitatiboa eskaintzea.
    - Kasu azterketaren abantailetaz baliatzea eguneroko telebistaren esperientziaren kontakizun subjektiboaren sakoneko ikerketa burutzeko.
    - Korpusari geroztiko azterketa dinamikoak egitea ahalbidetuko duen kodeketa arkitektura koherente eta sistematikoa eraikitzea.
3) Proposatutako telebistarekin lotutako aisiarako hurbilketa integralaren arabera adin-talde ezberdinen telebistarekiko harremanaren eta beronen ulerkeraren ezaugarri gakoak identifikatu eta alderatzea.
    - Telebistarekin lotutako jarduerekin lotuta.
    - Astialdiaren ulerkera eta esperientziarekin lotuta.
    - Telebistarekin lotutako aisiaren ulerkera eta esperientziarekin lotuta.
4) Telebista aisiazko esperientzien marko gisa hartzen duen ikus-entzuleen aisiaren azterketa, interpretazio eta azalpenerako eredua proposatzea.
    - Behatutako aisiaren koordenatuen ezaugarriak karakterizatzea.
    - Adin-taldeen telebistarekiko harreman bereizgarriak interpretatzea.
    - Kasu azterketaren interpretazio eredu orokorra proposatzea.
    - Telebistarekiko aisiazko harremanetan belaunaldiek duten esanguraren azalpenean aurreratzea.

Helburuok ikerlariaren ardurak islatzeaz gain ikerketaren eremua definitu eta lerro gidari nagusiak marrazten dituzte. Horrela, angelu ezberdinetatik heltzen zaio helburu eta azpihelburu bakoitzari lanaren atal ezberdinetan.

## 3. Ikerketaren muina

Lan honen helburua ez da adin talde ezberdinetako euskaldunek (kasu honetan Bizkaitarrek) telebista ikusten duten denbora eta espazioak (non, noiz, zenbat, zenbat aldiz…) edo edukiak (zer, nola, zein kanalen bidez) aztertzea edota euskal ikus-entzulerien joera orokorrak identifikatzea, baizik eta parte-hartzaileen kontakizunak jaso eta alderatzea haien telebistarekiko aisiazko harremanak hobeto ulertzeko. Zentzu horretan lanak ez du lurralde ordezkaritzarik edo aurkitutako ondorioak Bizkaiko biztanleria osora orokortzerik bilatzeko inolako asmorik. Kontrara, helburua telebistak pertsonen egunerokotasunen bizitzan dituen esanahien ugaritasuna argitzea da helburua. Hori dela eta, lanaren anbizio metodologikoa ulerkerazkoa da, ez orokortzailea (Velasco & Díaz de Rada, 2006). Giza esperientziaren izaerak eta fenomenoaren konplexutasunak hurbilketa kualitatiboak eskatzen ditu. Chris Rojekek adierazi bezala, hemen behar dena hurbilketa ideografikoa da nomotetikoa baino gehiago: metodologia ez-orokortzailea, orokortzailea baino gehiago (Rojek, 2009). Ikerketaren interesa esanahiaren eraikuntzan eta aisiaren bizipen esanguratsuan datzanez, esperientzia hauen kontakizunaren bidez soilik hurbil gaitezke iker-objektuarengana, berau pertsonaren baitan gertatzen baita, inoiz ere ez harengandik kanpo.

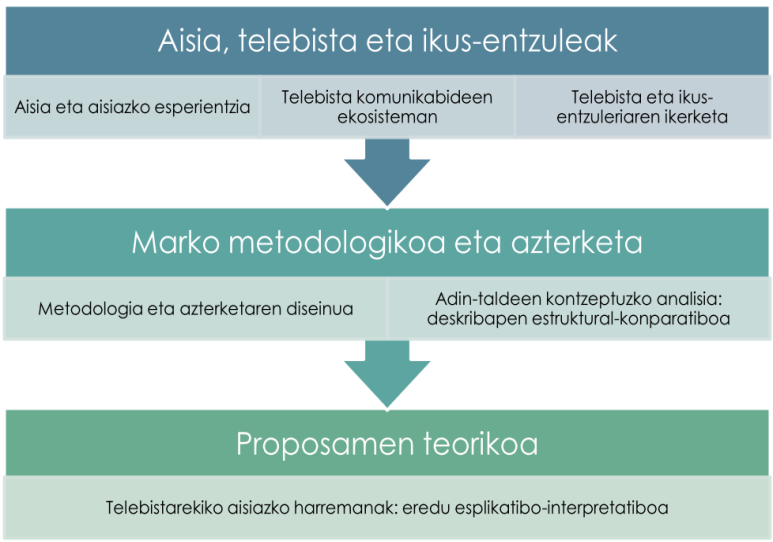
Ikus-entzuleek telebistari esleitzen dioten garrantzia, adiera eta esanahia beraien adierazpenaren bidez soilik ezagutu ditzakegu. Hori esanda, ikerlanaren izaera kualitatiboa ez da hurbilketa kuantitatiboekin kontrajarrita bezala aurkezten ezta ulertzen ere, osagarriak eta elkar lotesleak baitira zentzu askotan. Tesia azterketa kualitatiboaren tradizioan kokatzen den arren, beste hurbilketa eta ekarpenetara irekita dago. Landa lanari erreparatuz gero, bi ikerketa teknika erabili dira: eztabaida taldeak (aldakuntza maximozko laginketa jarraituz) eta sakoneko elkarrizketak (kasu

kritikoen aukeraketari jarraituz) galdetegi semi-egituratu eta dinamiko bera harturik oinarri. Teknika bakoitzaren ostean parte-hartzaileen idatzizko kontakizuna ere jaso da saio guztietan. Bi eztabaida talde pilotu burutu dira pretest bezala: bata gaztelaniaz (landa lanean euskaraz burutu ez den saio bakarra izan da hau) eta bestea euskaraz. Pilotu hauek elkarrizketa eta eztabaidetan erabili den gidoi semi-egituratua testatu eta teknika bakoitzak ezarritako helburuekiko agertzen dituzten muga eta indarguneak hobeto ezagutzea ahalbidetu dute. Bai datuen analisi eta kodeketaren ondoz ondoko faseetan eta informazioaren berreskurapen eta ikusarazpenean ere ATLAS.ti softwarea erabili da, zein ezinbesteko tresna bilakatu den QDA ereduaren araberako azterketa sistematikoa burutu eta kategoria teorikoak sortzerako orduan.

Lanaren lehen atalak tesiaren abiapuntu teorikoa jasotzen du Aisiazko Ikaskuntzen eta Ikus-entzuleriaren Ikerketen ekarpenak hiru ikuspegitatik esploratuz. Lehen kapituluak aisiaren eta aisiazko esperientziaren kontzeptuak mahaigaineratzen ditu, euskarazko, gaztelerazko eta ingelesezko iturri klasiko eta garaikideak alderatuz eta lan osoan oinarri izango den telebistarekiko aisiazko hurbilketa integrala proposatzen da, Astia-Aldia-Aisia eredua. Bigarren kapituluak telebista komunikabideen ekosisteman kokatzen du, aldaketa sozial, teknologiko eta industrialen zeresana azpimarratzeko. Komunikabideen ekosistema komunikabide eta ikus-entzulerien arteko interakzio sare konplexu bezala aurkezten da, non telebista zer den eta telebista ikustea zer den birpentsatzea ezinbestekoa bihurtu zaigun. Hirugarren kapitulua telebista eta ikus-entzuleriaren ikerketan fokatuta dago. Bertan, audientzia, ikus-entzuleria, ikus-entzuletza eta ikus-entzuleen kontzeptuak aztertzen dira eta Euskaldunak eta telebista XXI. mende hasieran audimetria tradizionalaren mugak eta ikus-entzuleriaren ikerketaren ekarpen kritiko esanguratsuenak gogora ekarriz. Bigarren atalak lanaren marko metodologikoa eta azterketaren alde enpirikoak zehazten ditu. Hala, laugarren kapituluak lanaren izateko arrazoia, helburuak, hipotesiak eta erabilitako ikerketa teknikak zehazteaz gain tesiaren perspektiba metodologikoan sakontzen du, logika ideografiko eta nomotetikoaren eta kasu azterketaren figuraren ezaugarri garrantzitsuenei erreparatuz. Bertan azaltzen dira baita ATLAS.ti programaren bidez erabilitako azterketa eta kodeketa estrategiak eta eredu interpretatibo-esplikatiboa osatzeko erabilitako triangulazioaren eredua ere. Bostgarren kapituluak tresneria analitiko honetatik ondorioztatutako kontzeptuzko kasu analisia aurkezten du: parte-hartzaileen deskribapen estruktural konparatiboa. Bertan, Aisia-Aldia-Astia ereduari jarraituz telebistarekin lotutako aisiaren dimentsio ezberdinak aletzen dira (telebistarekin lotutako praktiketatik hasi, astialdiarekin duen loturarekin jarraitu eta telebistaren esperientzia eta esanahien geruza ezberdinekin amaitzeko).

Hirugarren eta azken atalak prozesu teoriko eta analitiko honetatik ondorioztatutako eredu interpretatibo-esplikatiboa aurkezten du: telebistarekin lotutako aisiazko esperientzien karakterizazioa (aisia humanistaren koordenatuen kontzeptuak erabiliz), adin-taldeen telebistarekiko harremanen alderaketa eta adin-talde eta belaunaldien arteko lotura (etic zein emic perspektibetatik eta belaunaldiekiko partaidetza eta belaunaldien arteko ezberdinketari helduta).

**1. irudia: lanaren egitura orokorra**



## 4. Ondorioak

Ikerketa abiatu ahal izateko ontzat eman diren zazpi lanerako hipotesi hauen baliozkotasuna lanaren ikerketaren prozesuaren eta ondorioaren argitan berraztertuta ondoko ondorioetara heldu gara:

1) *Pertsona ezberdinek harreman ezberdinak garatzen dituzte telebistarekin. Telebista-ikusleek trebetasun, helburu, estrategia eta erabilera ezberdinak agertzen dituzte telebistarekin hartuemanean, eta ondorioz bizitako esperientziak ezberdinak dira, baita aisiazkoak ere.* Lanean elkarrizketatu diren 73 parte-hartzaileek telebistarekiko interes, iritzi eta ideia ezberdinak eta harekiko estrategia, helburu, erabilera eta aztura ezberdinak agertu dituzte, eta haien telebistarekiko aisiazko esperientzien kontakizunak idiosinkratikoak izan dira erabat (hipotesia baieztatu da).

2) *Hedabideak eurek eta ikus-entzuleriek hedabideekin dituzten harremanak sakonean aldatzen ari dira. Belaunaldi ezberdinek ukitze puntu ezberdinak izan dituzte hedabideekin, zeinen ondorioz iaiotasun eta interes ezberdinak garatu dituzten, baita hedabideekin harremantzeko modu berezkoak ere, zeinak belaunaldien eratzaile eta bereizgarritzat har daitezkeen.* Komunikabideen ingurunean gertatutako aldaketak belaunaldien ezaugarritze eta ezberdintzerako erreferentzia bezala erabilita azaltzen dira behin eta berriro eta komunikabide berrien agerrera norberaren bizitzan noiz gertatzen den (haurtzaroa, zahartzaroa, helduaroa...) belaunaldiarekiko harremana sustengatzen duen markagailu biologiko gisara (hipotesia baieztatu da).

3) *Telebistaren kontsumoarekin lotutako trebezia, helburu, estrategia eta azturak ezberdinak dira adin-taldeen artean informazio eta komunikazio teknologien erabileraren abilezia, hedabideetan alfabetatze maila eta agenda sozial eta pertsonal ezberdinen eraginez. Hala ere adinak ezin ditu bere horretan telebistarekiko aisiazko harremanen ezberdintasunak azaldu.* Adin-tarteek ezberdintasun nabarmenak agertzen dituzte telebistarekiko aisiazko harremanei dagokienez, baina belaunaldiarekiko partaidetza indartsuagoa den kasuetan kokapen subjektiboa telebistarekiko harremanarekiko adierazle hobegagoa da (hipotesia baieztatu da, abileziaren inguruan ikerketa gehiago behar den arren).

4) *Telebistarekin lotutako aisiazko esperientziak konplexuak eta anitzak dira, eta audientziaren neurketa kuantitatiboak ez ditu agortzen, ezta igorpenaren edukiak soilik azaltzen. "Telebista ikustea" adiera bakarrekoa denaren ustea engainagarria da, ikus-entzuleek eguneroko ohitura, estilo eta errepertorioetan txertatutako jardueraren baitan aurkitzen dituzten motibazio, erabilera, sari eta esangura ezberdinak ezkutatzen baititu.* Telebistako eduki berarekiko oso harreman ezberdinak eratu dituzte parte-hartzaileek, baita telebista ikustearen ekintzarekiko ere, hau edozer izan baitaiteke: denbora galtzetik asteko unerik onenera, familia osoa batzeko aitzakia zein elkarrekin hitz egin behar ez izatekoa (hipotesia baieztatu da).

5) *Telebistarekin lotutako aisiazko esperientziak ez dira zertan telebista gailua piztean hasten, ez eta hau itzaltzean amaitzen ere. Telebistarekiko harremanak esposizio hutsa baino zabalagoak dira.* Telebistaren inguruan berba egitea (aurretik, tartean eta gero) unibertsalki hedatuta dago adin-talde guztietan, eta berehala moldatu da sare-sozial digitaletara (hipotesia baieztatu da).

6) *Telebistarekin lotutako aisiaren subjektuaren esperientzia haren kontakizunetik bakarrik ezagutu dezakegu. Informatzaileen diskurtsoaren azterketa sistematikoak Euskaldunak eta telebista XXI. mende hasieran aisia fenomeno subjektibo bezala esploratzeko aukera zabaldu eta norbanako eta taldeen bizi-munduaren berri eman diezaguke.* Hitzean oinarrituta ez dauden ikerketa teknika sortzaileak saiatzea interesgarria litzatekeen arren, telebistaren eta harekiko harremanaren inguruan hitz egin eta eztabaidatzeak pertsonen egunerokotasunaren alde subjektiboara hurbiltzeko oso erabilgarria izan da (hipotesia baieztatu da).

7) *Hizkuntzan oinarritutako hurbilketa (eztabaida talde eta sakoneko elkarrizketen bidez) parte-hartzaileen eguneroko bizitzan telebista zer den eta zein toki betetzen duen hobeto ulertzeko baliagarria da. Parte-hartzaileen kontakizuna haien euskalkian eta erabilitako hitzekin aztertzeak subjektuen esperientziaren ikerketa beraien koordenatuetan egitea ahalbidetzen du.* Eztabaida-talde eta sakoneko elkarrizketen hitzez-hitzezko transkribapenak jatorrizko eran (edo modu natiboan) azaldu diren terminoak teoria berria sortzeko erabili eta parte-hartzaileen bizi-munduarekiko hurbiltasuna mantendu eta berrikuntza teorikoa ahalbidetu ditu (hipotesia baieztatu da)

Orohar, beraz, hipotesi nagusia ere baieztatu dela esan dezakegu: belaunaldi ezberdinetako partaideek haien bizitzan zehar hedabideekin izan dituzten harreman eta esperientziek haiekiko aisiazko harreman bereizgarriak taxutu dituzte. Telebista, salbuespena izatetik urrun, eraldaketa hauen kristalizatzeen paradigma da, belaunaldiek etengabeko aldaketan dauden hedabideekin dituzten harremantze modu bereizien eredu eta erdigune.

## 5. Etorkizunerako norabideak

Lan honek erronka zahar eta bide berri ugari zabaltzen dituen arren, hiru esparru azpimarratuko nituzke:

- Corpusaren ondoz-ondoko azterketa: aztertutako kasuen eredu interpretatibo-esplikatibo bat proposatu den arren jasotako datuen aberastasunak hurbilketa berriak ahalbidetzen ditu (adibidez emakume eta gizonen arteko harremanari edo ezberdintasun sozio-ekonomikoen eraginari erreparatuz).
- Landa lan berria burutzea Euskal Herriko lurralde ezberdinetan eta ikerketa teknika berriak saiatuz (teknika kuantitatibo orokortzaileak, hizkuntzan oinarritutako teknika kualitatiboak eta teknika sortzaileak: marrazketa, bideogintza, eraikuntza...) batez ere ume eta pertsona nagusien partaidetza ahalbidetzeko.
- Diziplinarteko eztabaida sustatzea, aisiazko ikaskuntzen eta ikus-entzuleriaren ikerketaren arteko elkarrizketaz harago. Teoria oro kontrastatu, eztabaidatu eta birpentsatua izan behar da diziplina ezberdinen argitara, euskal komunikazio ingurumenaren errealitate aldakorra azaltzen lagunduko badigu. IkerGazte abiapuntu egokia da horretarako.

## 6. Erreferentziak

Aroldi, P., & Colombo, F. (2007). Generational belonging and mediascape in europe. Journal of Social Science Education, 6 (1), 34-44.

Blumler, J. (2001). Foreword. In S. Livingstone, & M. Bovill (Eds.), Children and their changing media environment: A european comparative study (xi. or.). Mahwah, New Jersey & London: Lawrence Erlbaum Associates.

Caldwell, J. (2004). Convergence television: Aggregating form and repurposing content in the culture of conglomeration. In L. Spigel, & J. Olsson (Eds.), Television after TV (41-74 orr.). Durham & London: Duke University Press.

Cuenca Cabeza, M. (2000). Ocio humanista. dimensiones y manifestaciones actuales del ocio. Bilbao: Universidad de Deusto.

Cuenca Cabeza, M. (2012). Zer da aisia? 25 erantzun klasiko eta lekukotza bat. (X. Landabidea Urresti, J. Arieta-Araunabeña Alzaga, S. Muniozguren Ortiz & M. Bilbao Ormaetxea Itzultz.).

de Certeau, M. (1984). The practice of everyday life. Berkeley: University of California Press.

Landabidea Urresti, X. (2014). Belaunaldien telebistarekiko aisiazko harremanak: Bizkaiko lau adin-talderen kasu azterketa. (Doktorego tesia). Bilbao: Deustuko Unibertsitatea.

_____ (2014). Television as an intergenerational leisure artefact: an interdisciplinary dialogue. Participations. Journal of Audience and Reception Studies. 11:2. pp. 123-55.

Rojek, C. (2009). The labour of leisure: The culture of free time. SAGE Publications Ltd.

Shimpach, S. (2010). Television in transition. Chichester, UK: Wiley-Blackwell.

Velasco, H., & Díaz de Rada, Á. (2006). La lógica de la investigación etnográfica. Madrid: Trotta.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Egileak eskerrik beroenak eman nahi dizkie artikulu honen oinarrian dagoen doktorego tesia ("Belaunaldien telebistarekiko aisiazko harremanak: Bizkaiko lau adin-talderen kasu azterketa.) burutu artean ezinbesteko laguntza eta bultzada eman duten pertsona eta erakundeei: Iratxe Aristegi eta Aurora Madariaga tesi-zuzendariei, Deustuko Unibertsitateko Aisiazko Ikaskuntzen Institutuari eta Euskal Gaien Institutuari -eta bereziki azken honetako zuzendaria den Nerea Mujika Ulaziari, hasieratik eskainitako konfidantza eta babesagatik-, Westminsterreko Unibertsitateari Londresen lau hilabeteko egonaldi ezinbesteko hura ahalbidetzeagatik eta Lehendakaritzari, "Euskal Gizartearen Egoera" 2014 ikerketa-sariarekin egindako lanari balioa eta egiteko dagoenerako indarrak emateagatik.

Eta Jone Goirigolzarriri, preziorik ez duen konplizitate horregatik.

# EAEko Gizarte Zerbitzu Sistemaren konplexutasunaren faktore erabakigarriak eta zerbitzuen lurralde esleipenean honek dituen ondorioak.

Arrieta Frutos, F.
*Deustuko Unibertsitatea, Gizarte eta Giza Zientzien Fakultatea, Gizarte Lana eta Soziologiako Saila, 'Deustu Gizarte Balioak' ikertaldea.*
*felix.arrieta@deusto.es*

## *Laburpena*

EAEko gizarte zerbitzuen sistema modu ezberdinean egituratu da Lurralde Historiko bakoitzean. Doktorego tesi honen helburua honen zergatiak aztertzea da, EAEko sistema politiko federalak gizarte zerbitzuen sistema egituratzean izan duen eraginean arreta berezia jarriz. Datuetatik eratorriz, lurralde ezberdintasunak ziurtatuko dira eta sisteman eragile diren pertsonak elkarrizketatuz honen zergatietan sakondu.

Hitz-gakoak: gizarte zerbitzuak, federalismoa, gobernantza, ezberdintasunak

## *Abstract*

*Basque social care system has been articulated in a different way in each 'Historic territory'. The main objective of this thesis is to find the reasons of this territorial articulation, thinking specially on the effects of federalism on the articulation of the basque social care system. From the data the system provides we are going to prove the differences and go into details about the reasons doing interviews to relevant people.*

*Keywords: social care, federalism, governance, differences*

## 1. Sarrera

Gizarte zerbitzuen garapena eztabaidagai garrantzitsua bihurtu da azken urteetan. Bizi dugun krisi ekonomiko eta sozial sakonaren garaietan, soziologo ezberdinek arriskuaren gizarte, gizarte likido edo gaseoso deitzen duten honetan, gure babes sistemaren egituraren inguruko eztabaida intentsitatez eta baita bolumenez ere handituz joan da. Bigarren Mundu Gerraren ostean Ongizate Estatua fenomeno gisa azaldu zenetik, ekintza publikoak kohesio sozialerako bideratutako politikak aurrera eramateko moduak zabaltzen joan dira Europa osoan. Ongizate Estatuaren urrezko aroa deritzona izan zen, Europan gizarte segurantza, hezkuntza eta osasun sistemak garatu eta indartu ziren urteak, ezaugarri ezberdinekin, baina denek unibertsalitatea helburu izango zutenak.

Espainiar Estatuan Ongizate Estatuaren urrezko aroa Marshall Plana bezalaxe igaro zen Berlangaren pelikulan horren ongi ikus daitekeen bezala: bertan geratu gabe. 1978ko Konstituzioa onartzetik aurrera, eskuduntzen deszentralizazioak ekarri zuen gizarte zerbitzuen garapena erkidego eta udaletan, hori bai, bakoitzak erabaki zuen erritmo eta moduetan. EAEko 1982ko Gizarte Zerbitzuen legeaz geroztik erkidego bakoitzak bere legedi eta antolaketa eredu propioa jarri zuen abian.

Euskadin, Autonomia Estatutuak eta 1983ko Lurralde historikoen legeak jarri dute gizarte zerbitzuen inguruan onarturiko hiru legeentzako beharrezko eszenatokia. Eszenatoki honek, eskuduntzak udal, aldundi eta jaurlaritzaren artean banatzen ditu, baita onartutako azkeneko legean ere, 12/2008.ean.

Testuinguru honetan eratzen da EAEko gizarte zerbitzuen sistema. Emaitza onak ematen dituen sistema, indikadore guztien arabera, baina gobernu sistema zatikatua duena, erabaki prozesuak luzatuz. Hau izan da beraz doktorego tesi hau mugatu duen testuingurua eta galderak planteatzera eraman duena.

## 2. Ikerketaren helburuak

Ikerketa hau hiru helburu nagusiren baitan mugatu da bere definizioan. Lehenbizi, EAEko egitura federalak eta beraz, hau gauzatzen duen sistema politikoak gizarte zerbitzuen sistemaren egituraketan zuen eragina azaldu nahi izan dugu. Horrela, sistema politiko federalak gizartze zerbitzuen lurraldetasunean zuen eragina ikustean, hiritarren zerbitzuetara izan zezakeen sarbidea eta baldintzak ere azter zitezkeen elementu estrukturalen argitan.

Bigarrenik, EAEko gizarte zerbitzuen sistema osatzen duten aktore eta agente politikoen osaera aztertu eta honekin batera, berau ulertzeko giltzarri nagusien identifikazioa gauzatu. Azkenik, faktore hauek Gizarte Zerbitzuen sistemaren lurralde egituran sortzen dituzten eraginak identifikatuko dira, ekitatearen ikuspegitik.

## 3. Ikerketaren muina eta ondorioak

Doktorego tesiak, ohiko eskema bati jarraituz, bi zati nagusitan bereizten du bere egitura: marko teorikoa edo erreferentzia nagusienei begirada eta ondoren, analisi enpirikoa eta lanetik eratorritako ondorioak.

Marko teorikoaren garapenari dagokionez, hiru kontzeptu nagusi zehaztu eta definitzeari orientatu da bere egitua: federalismoa eta honek ongizate estatuetan duen eragina, gizarte zerbitzuak eta bi hauen egituraketa EAEko esparru juriko politikoan. Hiru kontzeptu hauen elkarrekintzatik sortzen da ikerketa honen definizio esparrua eta bertatik abiatuta zehaztuko dira ondorengo analisiak ere.

Federalismoaren definizioari dagokionez, autore gehienek azpimarratzen dituzten ezaugarriek lurralde berean bizi den biztanlengoarengan erakunde ezberdinek erabakiak hartzearen gaitasunean jartzen dute begirada. Hemendik abiatuta, eztabaida irekia geratzen da, sistema politiko honek ongizate estatuaren egituratan lagundu edo oztopatzen duen argudiatzeko garaian. Autore batzuen iritziz, eta teoria klasikoak jarraituz, federalismoa ongizate estatuarentzako oztopoa da, eskubide sozialak garatzeko ezinbestekoa baita hauek modu bateratuan ematea lurralde osoan. Beste autore batzuen iritziz krisiak erakutsi du egitura federala ongizate estatuaren iraupenerako tresna baliogarria izan daitekela eta beraz, aurrekontu gabezia eta murrizketa garaietan gobernu maila ezberdinek ziurtatzen dutela estatu mota honen iraunkortasuna. Azkenik bada hirugarren autore multzo bat federalismoa ez duela zertan ongizate estatuarekin lotuta ikusten inongo zentzutan eta beraz, harremanik ez dagoela ondorioztatzen duen.

Federalismoa bera definitu ondoren, gizarte zerbitzuen kontzeptua definitzera igaroko gara ondoren. Horretarako, kontzeptu hau Ongizate Estatuaren kontestuan kokatuko dugu, II Mundu Gerraren ostean finkatutako fenomeno gisa. Marko honetan joango da eratzen Gizarte Zerbitzuen politika, gainontzeko politikak (hezkuntza, osasuna, gizarte segurantza) baina beranduago, eta etapa ezberdinak igaro ondoren, bere definizio eta kontzepzioan. Etapa hauek karitatea, gizarte laguntza eta beste hainbat hartuko dituzte bere baitan egungo kontzeptuaren definiziora iritsi arte.

Aterki orokor honetatik EAEko errealitatera gatoz. Alde batetik, EAEko egitura bera federala den edo ez azaltzeko. Lehen adierazpen hau baieztatua geratuko da arestian aipatutako ezaugarriak EAEra aplikatuz eta beraz, kontzertu ekonomikoak, Gernikako Estatutuak eta Lurralde Historikoen Legeak marrazten duten eszenatokiaren ezaugarriak behatuz. Modu honetara, EAEren barne egitura federala dela esan dezakegu. Hau esanda, gizarte zerbitzuen sistemak izan duen garapen juridikoa zehaztu daiteke segidan. Honetarako legedi orokorra aztertuko dugu eta baita arloari dagokion legedi zehatza ere, eskuduntza banaketan erreparatuz. Azterketa honek eszenatoki zatitu bat utziko digu EAEn,

aktore ezberdinen elkar ulertzea ezinbesteko eginez gizarte zerbitzuen garapenerako. Horrela, 1982tik onartutako hiru gizarte zerbitzuetako legeek antzeko eszenatokia marraztu dute eskuduntzen banaketari dagokionez: Jaurlaritzak plangintza eta lege proposamenak, Aldundiek exekuzioa eta plangintza beraien lurralde eremuetan eta Udalek lehen arreta eta exekuzioa.

Gauzak horrela, ikerketaren markoa azalduta, emaitzak bildu eta interpretatzea izango da hurrengo pausoa. Horretarako, bi teknika nagusi erabiliko dira. Alde batetik, bigarren mailako datuen analisia. Teknika honen bitartez, hiru lurraldetako adineko pertsonentzako egoitza eta eguneko zentruen datuak alderatuko dira, benetan lurralde arteko diferentziarik badagoen konparatzeko. Alderatutako aldagaien artean zerbitzuen eskaintza, gastu eta kosteak eta sarrerarako baldintzak izango dira. Bestetik, sakoneko elkarrizketak egingo dira hiru lurraldetako aktore politiko eta teknikoen artean, udal, foru eta jaurlaritza mailan, eta baita hirugarren sektoreko eta adituen artean ere. Modu horretara, sistema osatzen duten aldagai nagusienen inguruko kontrastea egin ahal izango dugu eta hauen eraginak neurtu, diskurtsotik abiatuta, sistemaren logika ulertu ahal izateko. Bigarren teknika honen esplotazio eta analisia Atlas.ti programa erabiliz gauzatuko da.

Analisiaren lehen zatian, hiru lurraldetako datuak alderatzerakoan, desberdintasunak nabariak dira. Zerbitzuen eskaintzari dagokionean daude aldekotasun gehienak hiru lurraldeen artean. Baina hor amaitzen dira. Adineko pertsonentzako egoitzen kobertura oso antzekoa da hiru lurraldetan. Ez ordea eguneko zentroena. Gipuzkoak eta Arabak datu antzekoak dituzten bitartean, Bizkaia oso azpitik dago eguneko zentroen estalduran eta oso gainetik, aldiz, hauek duten egun bakoitzeko prezioan. Titularitatea da beste elementu bereizgarri bat. Lurralde bakoitzak kudeaketa eredu diferentea du, publiko eta pribatuaren arteko oreka modu diferentean eginez. Honek plaza bakoitzaren prezioa diferentea izatera eramaten du dagokion administrazioarentzako. Azkenik, zerbitzuen onuradun izateko bete beharreko baldintzei dagokienez, hauek ere guztiz diferenteak dira lurralde bakoitzean. Adibide gisa, alde batetik, lurralde bakoitzak hau arautzeko dituen dekretu kopurua (4 dekretu batazbeste lurraldeko) baina baita, mendekotasun legetik eratorritako dirulaguntza eta zerbitzuen arteko bateragarritasun kriterioak. Hauek bateragarriak dira Gipuzkoa eta Araban (nahiz eta ez kasu berdinetan) baina ez Bizkaian. Honek ere diferentziak sortzen ditu beraz, bete beharreko baldintzei dagokienez, lurralde ikuspegi batetatik.

Bigarren mailako datuen analisi honek beraz, zera erakusten digu: desberdintasunak egon, badaudela hiru lurraldeen artean. Hurrengoa planteatu beharreko galdera beraz, desberdintasun horien arrazoiei dagokie, eta hori izan da segidan egindakoa. Sistemaren egituratzearen arrazoiei begiratuta, eta beraz desberdintasunak sortzearen ardura dutenei, zazpi nagusi detektatzen dira egindako analisian: federalismoa, finantziazioa, gobernantza, alderdi politikoak, path dependency, ezagutza eta ingurunea.

Federalismoari dagokionez, aldagai honekin, sistema politikoaren egitura federalak gizarte zerbitzuen nondik norakoan izandako eragina aztertu nahi izan dugu. Eskuduntzen banaketak, foralitatearen inguruko diskurtsoak edo erakunde ezberdinek jokatzen duten papera luze aztertuak izan dira aldagai honen baitan. Foralitatearen inguruko diskurtso ezberdinek justifikatu edo arbuiatu egiten dituzte lurralde arteko ezberdintasunak, estatu quo-aren defentsa batetik, edo ‘herria horrela da eta nik horrela maite dut’ logika batetik aldekoek, eta homogeneitatea eta eskuduntza banaketaren logika eza kontrakoek. Baina denek argi ikusten dute aldagaiak duen pisua eta honek modu zuzen batean determinatzen duela gizarte zerbitzuen sistemaren egitura eta erabaki hartze prozesua.

Bigarren aldagaia finantziazioarena da. Badira pertsonak aldagai hau aurrekoaren gainetik jartzen dutenak, benetako arazoa dirua dela argudiatuz, egitura bera baina gehiago. Baina, orokorrean, iritzi guztiak bat datoz, dirua eta finantziazioa federalismoaren menpe dagoen zerbait dela azpimarratzean eta beraz, batak dituen eztabaidarako elementuek besteari ere eragiten diotela aipatzean. Are gehiago, elkarrizketatuetako gehienek ez dute krisia faktore erabakigarritzat eta gizarte zerbitzuen sistemak dituen elementuen oinarrian beste arazo batzuk daudela argi dute. Krisiak errekurtsoak gelditu dituela diote, baina hau hala gertatu izan ez balitz, egun sistemak dituen arazo antzekoen aurrean egongo ginakela aipatzen dute.

Hirugarren aldagaiak gobernantzari egiten dio erreferentzia eta sistemak bere burua gobernatzeko erabakitako organo eta tresnei buruzko eztabaida aztertzen du. Nagusiki, Erakundearteko Organoa jartzen da auzitan eta bere funtzioa koordinaziozkoa edo erabakiorra izan behar duen. Ez dago gai honetan adostasunik. Honi lotuta agertzen da baita ere, sistemaren lidergoaren inguruko eztabaida. Adostasun zabala dago lidergorik ez dagoela aipatzerakoan, baina ez lidergo horrek nolakoa izan beharko lukeen definitzerakoan. Jaurlaritzaren lidergoa? Lidergo partekatua? Atzeko eztabaida, noski, sistemaren egitura federalaren ingurukoa berriz ere.

Alderdi politikoei egiten die erreferentzia laugarren aldagaiak. Alderdiek gizarte zerbitzuen inguruko eredua duten eztabaidatzen da puntu honetan. Gehiengoa ados dago alderdien erreferentzia falta aipatzerakoan nahiz eta argi aipatzen den badaudela pertsona konkretuak alderdi guztietan eredu jakin bat badutenak, erakundeetan izandako eskarmentuagatik, nagusiki. Gauzak horrela, ondorioztatzen den beste ideia nagusi bat hauxe bera da: erakundeak direla eredua baldintzatzen dutenak eta ez alderdiak. Horregatik, erakunde arteko organoan posizio ezberdinak antzeman daitezke alderdi berdineko pertsonen artean, erakundeak hartzen baitu posizioa adierazteko pixua.

Bostgarren aldagaiak instituzionalismoaren teoriarik hartzen du bere izaera: path dependency edo erakundeen bidearen inertzia. Honen adiera zera da: dagoeneko berrogei urtez horrela izan dena aldatzea oso zaila dela, hobeto edo okerrago horrela izan dadin inertziak sortu direlako toki guztietan. Elkarrizketatuen arabera horrela gauzatu da sistema bera ere, arrapaladan, eta horrela jarraitzen du aurrera orain ere.

Azken bi aldagaiek ezagutza eta inguruneari egiten diote erreferentzia. Ezagutzak gizarte zerbitzuen arloaren ezagutza eta produkzio zientifiko eskasa nabartzen dute egiturazko faktore gisa, honen egonkortze ahula azaltzeko. Elkarrizketatu baten metaforari helduz, posible litzake honen inguruan idazten duten pertsona guztiak Txoko batean batzea bazkari bat egiteko, eta hauxe litzake errealitatea. Inguruneak beste hainbat faktoreri egiten dio erreferentzia, sistemarenak zuzenean izan gabe honi eragiten diotenak.

Ondorioz beraz, esan daiteke EAEko Gizarte Zerbitzuen Sistema gaur egun ezberdina dela Lurralde Historiko bakoitzean, eta nekez hitz egin dezakegula Euskal Gizarte Zerbitzuen Sistemaz, elementu komunak topatzea neketsua baita bere osaeran. Baina ezberdintasun hauen sorrera ez da unifaktoriala, ez dagokio aldagai federalari soilik, normalean izaten den bezela, hainbat elementuren batura da. Elementu federalak bere baitan hartzen du finantziazioa. Baina honi, edo hauei batu egin beharko litzaizkieke, triangelu perfektu batean, alderdi politikoen eredu eza eta baita ezagutza zientifikoaren gabeziak. Hiru elementu hauek elkarrekin azaltzen dute egun EAEko gizarte zerbitzuen sistemak bizi duen egoera eta hiru elementu hauek beraz dira ezberdintasun hauek sortu eta irautearen arduradun. Identifikazio honetatik abiatuta etorri beharko dira neurriak, hartu beharrekoak benetan justizia sozialean oinarritutako gizarte bat helburu badugu.

## 4. Etorkizunerako planteatutako norabidea

Ikusi dugu EAEko gizarte zerbitzuen sistemak lurralde ezberdintasunak sortzen dituela eta baita zein faktoreren inguruan lan egin beharko litzakeen aldaketa bat eman dadin. Baina hau ez da automatikoa izango, politika publikoetan beti gertatzen den bezela, aldaketa guztiak progresiboak izango dira. Elementu federalari begiratuta, sistemaren homogeneizaziorako bideak bilatu beharko dira, egun daudenetatik haratago, eskumen banaketa gailenduko dutenak. Eta hau egitea posible da, erakunde egitura zalantzan jarri gabe, hezkuntzan edo osasunean ikusi den bezela. Baina kontsentsu politikoak urruti daudela dirudi.

Eta hauxe da ekin beharreko bigarren erronka. Kudeaketa ereduaren gainetik (edozein politika piublikoetan eman daitekeena) alderdiek bere egingo duten gizarte zerbitzuen eredu bat landu behar dute, benetako eztabaidarako emango duena. Eta baita unibertsitateek eta ezagutza zentruek ere. Gizarte zerbitzuen inguruko ikerketan sakonduz, gaia ezagutzera eman eta egituraketarako faktore garrantzitsua izan daiteke. Ez da biharko. Ezta etzirako ere. Baina zilegia da berdintasunean oinarritutako gizarte hobeago batean ikuspuntua jartzea, ezta?

## 5. Erreferentzia batzuk

Aguilar Hendrickson, M. (2009). Servicios sociales: la tribulación de un sector emergente. In L. Moreno (Ed.), Reformas de las políticas de bienestar en España. Madrid: Siglo XXI.

Alemán Bracho, C., Alonso Seco, J. M., & García Serrano, M. (2011). Servicios Sociales públicos. Madrid: Tecnos.

Alguacil Gómez, J. (2012). La quiebra del incompleto sistema de Servicios Sociales en España. Cuadernos de Trabajo Social, 25(1), 63–74.

Arrieta, F., & Etxezarreta, E. (2012). Análisis de la colaboración público-privada en el sector de los servicios sociales en Gipuzkoa: el modelo guipuzcoano de concertación con el tercer sector a debate. Oñati Socio-Legal Series, 2(4). Retrieved from http://ssrn.com/abstract=2013101

Castles, F. G., & Obinger, H. (2008). World, Families, Regimes: Country Clusters in European an OECD area Public Policy. West European Politics, 31, 321–344.

Costa-Font, J., & Greer, S. L. (2013). Federalism and decentralization in European health and social care. London: Palgrave.

Del Pino, E., & Rubio Lara, M. J. (2013). El estudio comparado de las transformaciones del Estado de Bienestar y las políticas sociales: definiciones, metodología y temas de investigación. In E. Del Pino & M. J. Rubio Lara (Eds.), Los Estados de Bienestar en la encrucijada (pp. 23–60). Madrid: Tecnos.

Duque, J. M. (2012). Redescubrimiento de los servicios sociales de atención primaria : hacia un (nuevo) modelo de atención personal y comunitaria. Zerbitzuan Aldizkaria= Revista de Servicios Sociales, 52, 23–44.

Esping-Andersen, G., & Palier, B. (2010). Los tres grandes retos del Estado de Bienestar. Barcelona: Ariel.

Etxeberria, X., De la Cruz, C., & Sasia, P. (2009). Marco ético del modelo de servicios sociales en Gipuzkoa. In Ponencias del proceso de reflexión. Hausnarketa prozesuaren txostenak (pp. 41–74). Donostia - San Sebastián: Gipuzkoako Foru Aldundia.

Etxezarreta, E. (2012). Gizarte ekonomiaren aukera zaintzen krisiaren aurrean: Gipuzkoako pertsona nagusien alorra aztergai. UPV-EHU. Retrieved from http://www.euskara.euskadi.net/appcont/tesisDoctoral/PDFak/Enekoitz_Etxezarreta_TESIA.pdf

Fantova, F. (2008). Sistemas públicos de servicios sociales. Nuevos derechos, nuevas respuestas. (serie Cuad.). Bilbao: Universidad de Deusto.

Gallastegui, M. C., & Gallastegui, I. (1986). Un análisis económico de la Ley de Territorios históricos. Donostia: Eusko Ikaskuntza.

Gallego, R., & Subirats, J. (2011). Autonomies i desigualtats a Espanya: Percepcions, evolució social y polítiques de benestar. Barcelona: Generalitat de Catalunya.

García Herrero, G. (2005). Ideas, argumentos y propuestas sobre los servicios sociales, la autonomía personal y la protección de las personas en situación de dependencia. Trabajo Social Hoy, 2, 17–66.

Goikoetxea, J. (2012). Nationalism and Democracy in the Basque Country (1979–2012). Ethnopolitics, 12(3), 268-289. doi:10.1080/17449057.2012.711049

Guillén, E., & Vilá, A. (2007). Los cambios legislativos recientes en materia de servicios sociales. In D. Casado & F. Fantova (Eds.), Perfeccionamiento de los servicios sociales en España: informe con ocasión de la Ley sobre autonomía y dependencia. Madrid: Fundación Foessa.

Keating, M., & McEwen, N. (2005). Introduction: Devolution and public policy in comparative perspective. Regional and Federal Studies, 15(4), 413–421. Retrieved from http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13597560500230516

Leibfried, S., & Mau, S. (2008). Welfare States: Construction, deconstruction, reconstruction. Northampton: Edward Elgar.

Moreno, L. (2013). La Europa asocial. Barcelona: Debate.

Moreno, L., & Mari-Klose, P. (2013). Las transformaciones del Estado de Bienestar Mediterráneo: trayectorias y retos de un régimen en transición. In Los Estados de Bienestar en la encrucijada (pp. 126–146). Madrid: Tecnos.

Moreno Márquez, G. (2003). Trabajo y ciudadanía. Un debate abierto. Vitoria - Gasteiz: Ararteko.

Novo, A. (2010). La excepcionalidad del modelo federal foral vasco. Valencia: Tirant lo Blanch.

Obinger, H., Leibfried, S., & Castles, F. G. (2005). Federalism and the welfare state (Vol. 2005). Cambridge: Cambridge University Press.

Rodríguez Cabrero, G. (coord), Aguilar Hendrickson, M., Alfama, E., Arriba, A., Carrasco, C., Casado, D., … Montserrat, J. (2014). Estado de bienestar en España : transformaciones y tendencias de cambio en el marco de la Unión Europea. In Fundación Foessa (Ed.), VII Informe sobre exclusión y desarrollo social en España 2014 (pp. 300–393). Madrid: Caritas Española.

SiiS. (2012). II Informe del Consejo Vasco de Servicios Sociales. Vitoria - Gasteiz.

Sobremonte, E. (2009). Deshaciendo la madeja de los servicios sociales. In EHUko Uda Ikastaroak. Donostia - San Sebastián: UPV-EHU.

Sotelo, H. (2005). Marco normativo de los servicios sociales en la CAPV y propuesta de reordenación. In VVAA (Ed.), Situación y perspectivas del sistema público de servicios sociales en la Comunidad Autónoma del Páis Vasco. Vitoria - Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Taylor-Gooby, P. (2004). New Risks, New Welfare: The transformation of the European Welfare State. Oxford: Oxford University Press.

## 6. Oharrak

Aurkeztutako lana nire doktorego-tesiaren laburpena da. Tesia 2015eko apirilean defendatzea aurreikusten da Deustuko Unibertsitatean (Donostia). Tesiaren zuzendaria Emma SOBREMONTE DE MENDICUTI anderea izan da.

# Hurbilketa euskarazko lehen telebista saioen historiara

MARTINEZ, J.

*Ikus-entzunezko Komunikazioa.*

josu.martinez@ehu.es

***Laburpena***

1971an, Hego Euskal Herrian Telenorten lehen aldiz euskara entzun baino bost urte lehenago eta ETB sortu baino hamaika urte lehenago, historiako lehen euskarazko telebista-saioak hasi ziren Ipar Euskal Herrian. Maite Barnetchek France3 katean zuzendutako *Eskual Herria orai eta gero* magazine kulturala dugu, beraz, euskarazko telebistaren *amatxi*. Iparraldeko euskal kulturaren lekukotza bizia biltzen duten 300 saiotik gora emititu ziren arren, apenas ikertu da esperientzia aitzindari hura. Ondorengo lerroetan, lehen hurbilketa bat burutzen da, ikerketa sakonago baten lehen pauso legez.

Euskal telebista; Iparraldea; Maite Barnetche; ikus-entzunezkoen historia.

***Abstract***

*In 1971, five years before Basque language was first heart in Telenorte and eleven years before ETB was started, first Basque language television shows appeared in the Northern Basque Country. Culture magazine Euskal Herria orai eta gero, directed by Maite Barnetche for the French television, is Basque language´s TV grandma. Although more than 300 shows were broadcasted, forming a living testimony of the Basque culture in Iparralde, few investigation has been done on the issue. We will do a first approach, as the first steep of further investigation.*

*Television in basque; Northern Basque Country; Maite Barnetche; Basque audiovisuals history*

## 1. Sarrera

Joan den urteko abenduan irakurritako *Gure (zinemaren) Sor Lekua. Euskarazko lehen filmaren aurkikuntza, historia eta analisia* izeneko doktore tesiaren ondorioetan, hala adierazi genuen Ipar Euskal Herrian euskarazko kulturak izandako ibilbidea aztertzean:

> Historian zehar beraz, kulturaren elementu berriak, behin eta berriz Iparraldetik sartu dira euskarara. (...) Literatura, kantagintza modernoa, rock-a, telebista... eta baita zinema ere. Gero, Hegoaldean zabaldu eta popularizatuko dira ordea, eta Iparraldearen aitzindari papera, ahaztu egingo zaigu, gure *hegozentrismoak* jota edo (Martinez, 2014)

Aipatu lanean, euskarazko lehen filma André Madré hazpandarrak 1956an zuzendu zuela ezezik, nabarmendu genuen, besteak beste, literaturak (Bernat Etxepareren obraren bidez 1545an), kantagintza modernoak (Mixel Labeguerieren abestiak medio), rock musikak (Niko Etxart eta Errobiren bitartez) edo eta telebistak (Maite Barnetxeren saioekin) Bidasoatik gora ikasi zutela euskaraz. Hots, geografikoki Hegoaldea baino askoz eremu ttikiagoa izanagatik, kultura eta komunikazio molde berriak, zenbait kasu nabarmengarritan Iparraldean gauzatutako esperientzien bitartez sartu direla gure kulturara, historiako aro ezberdinetan.

Konstatazio historiko honetatik haratago, ez genuen egitatearen kausa soziologikoetan sakontzeko betarik izan. Arrazoiak *"seguraski kultura edo eta politikan"* (Martinez, 2014) bilatu beharko zirela zirriborratu genuen, hipotesi gisa, baina ikerketa sakonagoa, hurrengo lan batzuetarako utziz; doktore tesiak jadanik aski fruitu emana zuelakoan. Orain ordea, lan hura bukatuta iker-erronka berriei heltzeko tenorea iritsi zaigunean, orduan erantzun gabe utzitako galderen inguruan gogoetatzen hasteko abiapuntu egokia begitantzen zaigu Ikergazte kongresu hau.

Oixtion aipatutako kultur elementuen euskarazko jardunaren hastapenen historiatik, telebista da naski gure interes eremura gehien hurbiltzen dena eta aldi berean -denetan gazteena izanik paradoxikoa badirudi ere- gutxien ikertu denetakoa. Izan ere, euskal telebista ETBren jaiotzarekin hasi balitz legez, usu oharkabean pasatzen da euskarazko lehen telebista saioak Iparraldean sortu zirela, kasik hamabi urte lehenago Maite Barnetche kazetari bidarraitarraren eskutik. Hala, 1971etik aurrera Barnetchek zuzenduta France3 katean emititutako *Eskual Herria orai eta gero* telebista saioaren sorrera eta historia aztertuko ditugu lerrootan.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Egiteke dago oraindik, hain segur, euskarazko ikus-entzunezko komunikazioaren historia. Guk bederen, ez dugu aurkitu berau beren-beregi gaitzat hartzen duen obrarik, eta zinez mereziko lukeen lana litzatekelakoan gaude. Baina "hutsune" hau handia izanik, are handiagoa da errefentzia gabezia, Ipar Euskal Herriko jardunei gagozkielarik.

70eko hamarkadatik aurrera euskaraz egindako telebista emankizunetaz interesatzen hasi ginelarik, berehala ohartu ginen, informazio gutxi eta sakabanatua zegoela gaiaz. Han hemenkako zenbait artikulutan esperientzia aitzindari hura aitortzen bazen ere, gehienetan aipamena ez zen esaldi pare batetik pasatzen, eta, kasu askotan, anekdota kutsua egozten zitzaien France3ko euskarazko emankizunei. Alta, bai koalitatiboki (magazin kultural bat baino ez zen) bai koantitatiboki (hilabetean 30 minutu baino ez zituen euskarazko emisioak) oso mugatua izan arren, 1971tik 1992ra 300 atal eta 75 emisio ordu inguru pilatu zituen *Eskual Herria orai eta gero* saioa anekdota hutsa baino dezentez gehiago izan zen. Izan ere, Patricio Guzman zinegile txiletarraren esaldi famatua ( *"un país sin cine documental es como una familia sin album de fotos"*) ontzat ematen badugu, Maite Barnetche-ren lana, euskal ondare kulturalaren album ahaztu bezain paregabea da.

Aurkitu dugun erreferentzia osoena eta monografikoki gaia lantzen duen bakarra, Eusko Jaurlaritzak argitaratzen duen *Bidegileak* kolekziorako Xipri Arbelbidek Barnetcheren bizitzaz eta lanaz idatzitako liburuxka da. Bertan, heletar apez ikerlariak, kazetariaren eta euskal emankizunen inguruko datu andana bat eskaintzen ditu, tonu dibulgatibo eta hagiografiko samarrean. Guk aipatu erreferentzia faltatik abiatuta, Arbelbidek Barnetche-ren figura aldarrikatzen du, haren lanaren inguruko errekonozimentu falta salatuz.

> Alferretan bilatuko duzue Maite-ren izena gure kulturaren «kutxak» diren entziklopedietan! Lehen Euskal Telebista egin zuenik ez dakite! Horiek egin dituzten erredaktore, aholkulari, zuzentzaile, oharre- gile eta gaineratiko taldeetako adituek ez zekiten Maite Barnetxe bat izan denik ere (Arbelbide, 2002).

Kontsultatu ditugun euskal entziklopedietan Auñamendi da, Barnetcheri eta haren lanari erreferentzia osoena egiten diona; bi sarreratan aipatzen baita. Batean, Maite Barnetcheren biografia labur bat sinatzen du Ainhoa Arozamenak eta bestean, telebistak Iparraldean izandako bilakaera aztertzean paragrafo bat eskaintzen dio Petxo Idoyagak.

Bestalde, 1979an Jakin aldizkariak Ipar Euskal Herriari dedikatutako ale monografiko batean, Xabier Gasteizek (Piarres Xarriton ezkutatzen zen ezizen honen atzean) hiru orrialdetako artikulu bat eskaintzen dio "Baionako euskal irrati-telebistei" (Gasteiz, 1979) eta *Le Mouvement Culturel Basque* 1951-2001 liburuan Mixel Oronosek beste hainbeste egiten du Barnetche eta haren ondorengo Marie Bidarten lanarekin. Baina gainontzekoan, ezer gutxi. INGUMA datu basean, esaterako, Xipri Arbelbideren liburuxka baino ez da agertzen.

Frantzia mailan, berriz, aurkitu dugun lan aipagarri bakarra, JJ. Cheval-ek *Langues d´Aquitaine, dynamiques institutionnelles et patrimoine linguistique* publikazio monografikorako idatzitako *"Medias audiovisuels français et langues regionales minorisées. Contexte national et exemples aquitains"* artikulua dugu (Cheval, 2005). Bertan, Bordeleko unibertsitateko irakasle honek, Akitania eskualdeko medien historia egin eta bertan euskarak eta okzitanierak edukitako presentzia aztertzen ditu, Barnetche-ren lanari erreferentzia luzea eginez.

Horiek horrela, gure ustez aizu da esatea arlo honetan badela zer ikertu, eta merezi duela lan horri lotzea. Lehen hurbilketa honetan beraz, gaia plazara ekarri, eta hurrengo ikerketa lanentzako oinarri gisa balioko duen azterketa burutzea izan da gure helburua; euskarazko lehen telebista saioaren sorrera, praktika, eta oihartzunak enfoke historiko batetik aztertuz. Lehen eta bigarren mailako iturriak erabili ditugu horretarako. *Eskual Herria orai eta gero* saioko hogei atal ikusi ditugu *Institute National Audiovisuel* (INA) frantsesaren artxibo digitalean, eta bilketa bibliografiko eta hemerografikoa osatu dugu, bai euskal iturrietan, bai Frantzia mailakoetan.

## 3. Eta euskara telebistara heldu zen: *Eskual Herria orai eta gero* saioa

1971ko urriaren 4an, arratsaldeko 18:30etan puntuan, Mattin bertsolaria agertu zen Ipar Euskal Herriko etxeetako telebistetan. Laneko arropekin, Ahetzeko bere etxaldearen pentze batean zutik, ezker eskua gurdi batean zuela ondorengo bertsoa kantatu zuen:

> "Telebistan´e hasi zauzkigu eskuaraz emankizunak
>
> lan hortarako etorri zaizkit gizon batzuk jakintsunak
>
> izate hortaz poztu zaitezte adiskide ta lagunak
>
> bihotz erditik agurtzen ditut beira dauden eskualdunak".

Horiexek izan ziren, telebistaren historiako lehen euskarazko emankizuneko hastapeneko berbak. Euskarak telebistan leku (txiki) bat lortu zueneko lehen agurra. Hala beraz, soinua zineman entzun zen lehen aldia, *The Jazz Singer* filman izan baldin bazen, esan genezake, pantailako txikiko gure *Jazz Singer*, gure jazz kantaria, Mattin izan zela.

Handik goiti, makinatxo bat aldiz agertuko zen berriz Mattin, garaiko euskal kulturako beste pertsonaia inportante gehienak bezala, bi asterik behin, larunbat eguerditan emititzen zen hamabost minutuko saio hartan. Espazio arras murritz eta mugatua zen, dudarik gabe, baina garaian, aurrerapen handia izan zen euskararentzat. Zentzu horretan, 1971ko urriaren 4 hura ez zen gauetik goizera iritsi. Euskarak frantses telebistan saio txiki sinboliko hura eduki zuen arte, urak luzaz egin zuen bide.

### 3.1 Frantses irrati-telebista Akitanian: euskarazko ikus-entzunezkoentzat leiho (?)

Jakina da euskarak eta Euskal Herriak ez dutela inolako aitortza estatusik frantses Estatuan. Errepublikako hizkuntza ofizial bakarra frantsesa da, eta euskal lurraldeak, Bordele hiriburu duen Akitania eskualdean sartuta daude administratiboki, Pyrenees Atlantiques departamentuan,

Biarnoarekin batera. Hala, bertan inolako egiturarik ez egonki, Euskal Herrirako espreski egindako telebista saioak, Akitanian (hots, Bordelen) Pariseko telebistaren adar bat sortu ondotik etorri ziren, halabeharrez. Eta ez berehala.

Telebista 1957 hondarrean iritsi zen Akitaniara, Brouillac-en (Bordele kanpoaldean) emisore bat ezarri zelarik. Alta, oraindik urte batzuk behar izan ziren seinalea eskualde osora zabaltzeko eta hala, emeki emeki sartu zen "leiho txikia" euskaldunen etxeetan.

1962an, estazio bordelesa (ordurako *Bordeaux-Aquitaine* izena zuena) bere lehen emisio propioak burutzen hasi zen, kate nazionalarekiko deskonexio espazio laburretan, eta hamarkadan zehar, zabalduz joan zen tokiko errealitateari eskainitako tartea, besteak beste, eguneroko albistegi erregional bat ekoitziz, harik eta 1975an, Bordeleko estazioa kate autonomo bihurtu eta *FR3 Aquitaine* izena hartu arte.

Bitartean, 1961an, Radio Côte Basque sortu zen Biarritzen, turismoari lotuta. Egia esateko, ez zen Pariseko kate ofizialaren adar tenporal bat baino, izan ere, udan bakarrik emititzen zuen, hilabete eta erdiz, Biarritzeko kasinotik. Xipri Arbelbidek, mikazki oroitzen du:

> Iparraldeko 250.000 euskaldunentzat ez zen irratirik urte osoan, bainan 15 egun oporretara etortzen ziren zenbeit dotzena mila paris- tarrentzat, irrati bat ariko zen hortik harat, urte oroz. (...) Bainan udatiarrak joan eta agur irratia! Gaineratiko urte osoan deus ez (Arbelbide, 2002).

Guztiz modu isolatuan eta programazio zulo batzuk tapatzeko bazen ere, laster euskarazko emankizun batzuk hasi ziren irrati hartan, Pantxoa Etxezaharreta irrati-saltzaileak katearen arduradunari proposaturik. Pilota partidak, euskarazko mezak, kantaldi tradizionalak eta antzeko emankizun xuriak ziren hastapen batean, eta Piarres Larzabal, Telesforo Monzon, Roger Idiart eta Marixan Minaberri ibili ziren horretan lanean, besteak beste. Arbelbidek dioenez, *"Ikaragarrizko arrakasta izan zuten berehala"* (Arbelbide, 2002). Alta, Xarritonek zehazten duenez, *"laster beren abertzale kutsuarengatik baztertuak izan ziren"* (Gasteiz, 1979).

1966-1967 urteen jiran, euskal kostaldeko irrati frantsesa egonkortu eta urte osoan emititzen hasi zen, eta orduan, egunero euskarari bost minutuko tarte sinboliko bat eta igandetan ordu erdiko programa bat eskaintzen hasi zitzaizkion. Kazetari kasik guztiak, ordea, Bordeletik etorriak ziren, eta ez zuten euskal gaiekiko ez ezagutza ez interesik. Irratiko idazkari hasi berria, Bidarraiko neska gazte bat zen, Maite Ameztoi izenekoa (Barnetche abizena, Guy Barnetche-rekin ezkondu ondotik hartu zuen) eta hari proposatu zioten euskarazko emisio laburren ardura.

Maite Barnetche (Bidarrai 1941-Bidarte 1986), Biarritzeko aeroportuan idazkari izatetik zetorren. Ezer gutxi zekien irratiaz eta kazetaritzaz, eta euskaraz eta euskal kulturaz, berriz, haur denboran etxean jasotakoa bakarrik. Ez zen inolako mugimendu edo aktibitate euskaltzaletan inplikatua, eta Xipri Arbelbidek dioenez, irratiak emandako aukerari esker hasi zen, nolabait, bere haurtzaroko kultura berreskuratzen.

> Behin ere ez zitzaiolarik gogoan pasatu ordu arte, egun batez euskaraz aritzen ahalko zenik irrati batetan. Gainera, Bidarraiko euskara hura, zekien bakarra, apur bat arroztua zitzaion. Bainan hasi zen eta gustu hartu. Berak aitortzen zuen euskara hortaz kanpo deus ez zuela ezagutzen ez Euskal Herriaz, ez euskaldunez. Bere lanari esker, lehenik irratian, gero telebistan, ikasi zuen euskaldun izaten.

Emeki emeki, Barnetchek kolaboratzaile talde bat ehundu zuen haren inguruan: Ramuntxo Kanblong, Jakes Etcheverry, Gexan Lantziri, Janbattitt Dirassar (azken hau, ikasketaz kazetaria eta Sud-Ouest-en euskal gaiez arduratzen zena).... Bost urte beranduago, euskarak telebistara jauzi egiteko aukera agertu zenean, haiek guztiek ere lagunduko zuten Barnetche, euskarazko lehen telebista-saioak muntatzen.

1971an, Aquitaine-Bordeaux estazioaren emisioen barnean, euskarazko saio labur batzuk emititzeko bidea ireki zen. Jacques Chaban-Delmas lehen ministroak iragarritako zabalpenen ondotik, Michel Inchauspé diputatu garaztarrak Asanblean eskatu eta lortu zuen euskarazko emankizunentzako baimena, eta hala, Bordeleko zentroak proiektua martxan jarri zuen, beti ere,

kontrol zorrotz baten pean. Bordeleko unibertsitatean euskara katedra duen Jean Haritschelar irakaslea, ekimenaren "erantzule moral" izendatu zuten, esaterako, eta 1970ko irailean argitaratutako aurre-informe batean, emankizunetan pilotari, herri kirolei eta euskarazko teatroari leku berezia ematea gomendatzen zen (Cheval, 2005).

Irratian euskarazko emisioez arduratzen zen Maite Barnetche hautatu zuten euskarazko saio berriaren zuzendari, baina gainontzeko lan guztiak, grabaketa egunetan Bordeletik etortzen zen lau teknikariko ekipa batek eramaten zituen. Hastapenean, Barnetche-k ez zuenez ikus-entzunezko lengoaiaren inolako ezagutzarik, errealizadore bat jarri zioten ondoan eta haren laguntzarekin osatu zituen lehen saioak; ofizioa ikasi zuen arte. Alta, gero ere, muntaketa egitera Bordeleko estaziora joan behar izan zuen beti, denbora asko horretan galduz (Arbelbide, 2002).

Aurkezte denbora haietan, emankizuna *"l'expression vivante de la culture du peuple basque"* izango zela adierazi zuen Barnetche-k eta batere garrantziarik ematen ez ziotenen begietara, inportantzia poxi bat hartuko zuela euskarak, telebistan agertzeari esker (Cheval, 2005).

### 3.2 Eskual Herria orai eta gero: mugak hautsi zituen mugaz betetako saioa.

Emisio egun eta orduari dagokionez, urteetan zehar zenbait aldaketa eman baziren ere, funtsean, *Eskual Herria orai eta gero* saioak egonkor segitu zuen bere horretan 1992ra arte. 1986an Maite Barnetche gaixotasunez zendu zenean, Marie Bidart kazetariak hartu zuen bere lekukoa, harik eta 1992an programa kendu eta euskarazko emisioak bestelako moldean antolatu zituzten *France3 Eskual Herri* markaren barnean.

Urte haietan, orotara 300 bat emanaldi emititu ziren, orotara 75 ordu inguru, eta Ipar Euskal Herriko bizitza kulturalaren ikus-entzunezko lekukotza bizia bihurtu zen emankizuna, *familia albuma*. Alta, haren heina, itsasoan tanta batenaren pareko zen. 1978an, *FR3 Aquitaine*-ren urte osoko aktibitatearen %4 baino ez zuten suposatzen (Cheval, 2005) eta daturik ez dugun arren, pentsatzekoa da portzentaia hori gehiago txikituko zela hurrengo urteetan, eskualdeko emisio tartea gero eta zabalago zen bitartean, euskararen lekua beti bi asterik behineko 15 minutuetan gelditu baitzen; nahiz eta Barnetche-k gehiago galdegin. Arbelbideren hitzetan:

> Materiala bazuen ausarki, eta lanak zituen ordu laurden batetan mugatzeko. Bainan beti hasierako ordu laurden horrekin gelditu behar izan zuen. Kortzikar eta betroinak euskaldunak bezela hasi baitziren, bien emankizunak luzatuak izan ziren. Hala nola bretoinak sei edo zazpi ekipetara pasatu ziren oren bat eta erdi emankizunekin hilabetean. Hemen beti hein berean. Beti oren laurden bat hamabostetik (Arbelbide, 2002).

Baina emisio denbora bezainbat, edukiz ere mugatua zen Eskual Herria orai eta gero. Izan ere, emakizuna martxan jartzeko baldintzetako bat, aktualitateko gairik ez ikutzea izan zen hasieratik (Gasteiz, 1979; Arbelbide, 2002). Kultur gaiak aipa zitezkeen bakarrik euskaraz. XX. mendearen lehen erdialde osoan, Ipar Euskal Herrian jaun eta jabe izan zen *Aberri handi-aberri tipi* ideologiarekin bete-betean bat zetorren premisa hau. Aberri txikiari (Hots, Euskal Herriari) eta haren nortasun ezaugarriei ("partikularismo" deituei, tartean zelarik hizkuntza) folkloretik gertu behar zuen kultur eremu murritz bat uzten zitzaien, Aberri Handiari zegozkion gainontzeko gaietan (politika, lan-harremanak, arlo soziala...) ez sartzeko baldintzarekin (Martinez, 2014). Alta, eskema honek 50eko hamarkadararte euskaltzaleengan ere onarpena zuen arren, 60ko hamarkadatik aurrera, Iparraldeko euskal abertzaletasunaren sorrerarekin, kritika eta erresistentzia aktiboa jasoko ditu, lehen aldiz euskara eta Euskal Herria zentroan jartzen duten euskaldungoaren sektore baten partetik.

Euskarazko telebista emankizunak haustura testuinguru horretan sortu ziren; ekoizleen (Bordeleko frantses telebistaren) eta audientziaren zati garrantzitsu baten nahiek talka egiten zuten joko-zelaian. Hala, bien artean kokatzen zen Maite Barnetche-ren lana, etengabe ezinezko ekilibrio batean egon beharrez. Xarritonek 1979an hala deskribatzen zituen emankizunak:

> Gaiek ahal bezain maltsoak izan behar dute: errotazain edo agure zahar baten solasak, laborari baten bizia, pastoral zati bat, Axularren historia eta holako... Frantziako administrazioak ez du bakarrik gure mintzairaren denbora hertsiki neurtzen, baina baita gure izpirituaren hatsa gogorki tinkatzen (Gasteiz, 1979).

Arbelbidek dioenez, berriz, aktualitatea ez ikutzeko arrazoiak ematerakoan, Bordeleko nagusiak argi eta garbi mintzatu zitzaizkion Barnetcheri:

> «Frantsesez eta euskaraz emana den berri bat, ez da gauza bera», erran zioten Bordaletik. Maitek zioen egia zela, jendek ez dutela berri bat berdin hartzen frantsesez eta euskaraz. Bere mintzairak jendea barnagotik hunkitzen duela (Arbelbide, 2002).

Nolanahi dela, zenbait kasutan, aktualitatea nahi eta nahi ez agertzen zen emankizunetan. Hala, esaterako, ikastolei zenbait saio osorik eskaini zitzaizkien. Haien sorrera, irakasleen eta gurasoen baldintza eta ametsak, edo eta haurren egunerokoa jorratzen ziren erreportaje horietan, eta tonu aski xuriz eginagatik, gizartean gatazkatsua zen errealitate bat zuten gaia. 1983an bestalde, Hazparneko zapata industriaren krisiaz emankizun bat emititu zen. *A priori*, perspektiba historiko batetik Hazparne nola industrializatu zen kontatzen zuen emankizunak, baina azkenean, industriaren momentuko gainbeherak eta langileen zailtasunek hartu zuten gaia.

Baina kasu isolatu batzuk gora behera, emankizunen gehiengo zabala, Xarritonek aipatu gai *maltsoek* bete zuten. Eta gaia ezusteko leku batetik ateraz gero, zenbait kastutan, Bordeleko nagusien kontrol zorrotza zentsura bilakatu zen Barnetche-ren lanarentzat. Hala gertatzen zen, adibidez, kantari edo musika talderen bat grabatu, eta nagusiek, letraren bat gustuko ez bazuten. Ortziken taldearen kontzertu bat, esaterako, moztua izan zen *"Parisen eta Madrilen"* kantua interpretatzen zutelarik. Beste zentsura kasu ezagun bat, Iholdiko toberena izan zen. 1974an, tobera entzutetsu batzuk antolatu ziren Iholdin, gaia zelarik errota bat botaz herrian eraiki nahi zen laku artifiziala. Herri teatroa borroka sozialaren oihartzun bortitza bihurtu eta zalaparta handiz bukatu zen afera, poliziaren interbentzioa barne. Barnetche eta bere taldea han ziren, dena grabatzen, baina Bordelera joan zirenean, nagusiek esan zieten material guztia kaxoi batean gordetzeko. Ez zela euskaraz halakorik emitituko.

Gainontzekoan, kultur gertaerek (antzerkiek, pastoralek, kantaldiek, bertso saioek, literaturak), tradizioaren ikuspegitik begiratutako errealitate sozialek (arrantza, laborantza....), herri eta bailaretako historiak edo eta aiton-amonen lekukotzek bete zituzten ordu gehienak. Zentzu horretan, zinez harribitxia da Barnetche-k urtez urte sortu zuen irudi funtsa. Harribitxia... eta kasu askotan, ikus-entzunezko lekukotza bakarra: garaian bideoa popularizatu gabe baitzegoen. Etxahun Iruri, Xalbador, Mattin eta Xanpun bertsolariak; Pantxoa eta Peio, Niko Etxart, Maite Idirin, Errobi, Ortziken, Zazpiribai, Erramun Martikorena, Etxamendi ta Larralde, Estitxu eta Eltzegor musika taldeak; Piarres Lafitte, Telesforo Monzon, Piarres Larzabal, Roger Idiart, Piarres Xarriton, Louis Dassance, Jean Haristchelar eta Txomin Peillen kultur gizonak; Dongaitz, Durruty, Gaby, Lemoine eta Boudon pilotariak; lehen ikastoletako haur, guraso eta irakasleak... guzti horiek eta gehiago, behin eta berriz agertzen dira urte haietako ikuskizunetan, euskal kulturaren familia album paregabea osatuz. UEUk antolatutako kongresu honetan gaudenez gero, bereziki aipatzea merezi du, 1974an etxe honek Baionan egin kongresuari eskaintzen zaion emankizuna. Euskal unibertsitate bat sortzeko nahia eta beharraren jiran, Txillardegi, Xarriton eta Jose Ramon Etxebarria elkarrizketatuko ditu Barnetche-k besteak beste, eta Koldo Mitxelena bera ikusiko dugu klase ematen, ikasleen artean Andolin Eguzkitza, Marc Legasse, Telesforo Monzon edo eta Piarres Lafitte bereiz daitezkeelarik.

### 3.3 Saioaren harrera eta oihartzunak

Euskara telebistara lehen aldiz eramatearen garrantzia historikoaz haratago, ez da errez euskarazko lehen emankizun haien harrera eta eragina neurtzea. Hasteko eta behin, datuak falta ditugulako urte haietan etxean telebista zuten euskal familien kopuruari dagokionez. Lehenengo emankizunaren ondotik, 1971ko urriaren 14an HERRIA aldizkariak emankizuna iragartzeko

argitaratu albiste laburrak, iradokitzen digu ez zirela hainbeste izango ere *"Bigarren gatea dutenek ikusten ahalko dituzte beraz. Kolorea dutenek kolorez, bertzek xuri eta beltzez bixttan dena. (...) Galde egiten dugu telebixta saltzailer otoi, argi ditzaten erosleak!"* ("Euskara telebixtan", 1971).

Nolanahi dela, ikusteko modua zutenen artean, emankizunak harrera ona izan zuela dirudi. Arbelbideren hitzetan *"iraultza izan zen hemengo euskaldunen gogoetan"* (Arbelbide, 2002), baina zenbait jendek zuten berehala onartu, etxe-zokotik kanpoko euskararen edozein erabilera, abertzaleei lotua ikusten baitzuten:

> Euskal emankizunak hasi zirelarik bai irratian, bai telebistan, «Enbata» kide batzuentzat hartzen zituzten jende ainitzek. Euskaraz egin guzia, politika bezela sentitua zen. Eta politika tzarra! Beha zeuden zer aterako ote zuten euskarazko emankizun horietan. Gauzak aldatu ziren emeki-emeki. Ikusmolde guzietako jendeak mintzo baitziren. Jendea ohartu zen euskal emankizunak besteak iduriak zirela eta besteak balio zituztela. Euskara ez zekitenek ere ikusten zituzten azkenean emankizun horiek. Nehork ez zituen gehiago politika bezela ikusten (Arbelbide, 2002).

Abertzaleentzat berriz, esana dugun bezala, kontrakoa gertatzen zen. Politika eta aktualitate gehiago nahiko zutela emankizunetan. Haatik, Cheval-ek dioen gisan, ezin zuten printzipioaren kontra izan. Beraz, haien gusturako murritzegiak izan arren, onetsi egin zituzten segidan.

> C'est peu pour certains, mais le magazine Hérria ne boude pas son plaisir et affiche sa satisfaction de voir sa langue accéder au petit écran citant au passage un dicton basque "ne refusez pas le peu, car y goûter est déjà bon" . Et de conclure : "Enfin, à droite et à gauche, malgré toutes les entraves, l'on dirait qu'un vent nouveau souffle en faveur de la langue basque. Ne nous faisons pas d'illusions, le ciel basque reste nuageux, et il y a même des nuages bien noirs. Mais entre ces nuages, ne voit-on pas une petite lumière ? Ne nous faisons pas d'illusions non, mais ne désespérons pas non plus..." (Cheval, 2005).

Batzuentzat gehiegi. Gutxiegi besteentzat. Funtsean, oixtion aipatu eztabaida zegoen muinean. Ea euskarak denari buruz mintzatzeko balio ote zuen. Zentzu horretan, aipagarria da Xarritonek 1979an dioena, Asanblea Nazionalean emankizunak egiteko baimena lortu zuen Michel Inchauspé diputatu gaullistaren adierazpenei erantzunez.

> Ez da harritzeko Inchauspe deputatuak erran izan baitu: «emana zaion denbora apurra ez dakiela nola bete gure Maite Barnetchek». Bazka-lekua kentzen bazaio, gure behiak ere ez daki zer jan (Gasteiz, 1979).

Hegoaldean izan zuen eraginari dagokionez, 1982an Euskal Telebista (ETB) sortu zenean, Martin Ibarbiak 300 saioetatik 160 erosi eta emititu zituen, "Iparraldetik" izenburupean. Bestalde, Barnetche-k berak kolaborazio ugari egin zituen ETBrekin, iparraldeko nolabaiteko korrespontsala bihurtuz. 1992an berriz, Iparraldearen orena saioa hasi zen. Iparraldeko taldeko batek, Iparraldeaz eta Iparraldean egina. Maite Barnetche-k ez zuen ikusi, baina nolabait, haren ametsaren gauzapena izan zen hura, Arbelbideren ustez (Arbelbide, 2002).

1988an, Zestoako Euskal Zinemaren Astean, euskal zinemaren saria eman zion Barnetcheri, bere alabak jaso zuena. 1994An berriz, *Maite Barnetxe saria* sortu zuen ETBk, euskarazko telebistaren alde lan aipagarria egindako pertsonak saritzeko asmoz.

## 4. Ondorioak

Esana dugu, artikulu hau, sakonago jo nahi duen ikerketa baten lehen hurbilketa baino ez dela. Eta zentzu horretan, hasten ari garen bide batean egonik, ezin aterako dugu ondorio sendo ez behin betikorik.

Hala ere, esan dezagun hasteko, artikulu honetan konstatatu dugunez, euskarak telebistan emandako lehen pausuei buruz dauden erreferentziak gutxi eta dispertsatuak daudela; eta merezi duela, gure ustez, gaian gehiago sakontzea.

Errefentzia hauek eta gure ikergaia bera aztertuz, esan dezagun, bigarrenik, *Eskual Herria orai eta gero* saioa, denboraz eta edukiz oso mugatua zen espazioa izan zela (seguraski ezin zuelako bestela izan), eta ekoizleen eta audientziaren arteko talka etengabe batean garatu zela, beronen funtsa, euskaraz kontatu zitekeenaren inguruko dialektika zelarik; hots, euskararen balio soziala.

Eta ondorio probisional hauekin bukatzeko, esan dezagun, hirugarrenik, (momentuz behintzat) *Eskual Herria orai eta gero* saioak garaian bere komunitateari egindako ekarpena neurtzea zaila bazaigu ere, gaur egun ikusita duda ezina dela euskal kulturari egindako ekarpena. 75 orduko irudi eta soinu funts ezezagun hori, izan ere, gure kulturaren lekuko paregabea baita. Ezagutu, eta ezagutarazi beharrekoa.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Hemendik aurrera, esan bezala, asko gelditzen da ikertzeko euskarazko telebistaren lehen hastapenen arloan. *Eskual Herria orai eta gero* saiora mugatuz bakarrik (Hegoaldeko Telenorte alde batera utziz, esan nahi baita).

Guri dagokigularik, hemendik aurrera, batetik garaiko zenbait protagonistekin elkarrizketa sakon sorta bat burutuko ditugu (Janbattit Dirassar, Gexan Lantziri, Ramuntxo Camblong, Chantal Barnetche) eta bestetik, *Insititute National Audiovisuel* (INA) frantsesaren artxiboetan, saioak ikusten segituko, 300 saioak ikusi ondotik, sailkatu eta eduki analisiari ekiteko asmoz. Hirugarren pausu batean berriz, euskarazko telebistaren agerpenak garaian izandako oihartzun eta eragin soziala neurtzeko saiakera bat diseinatzen saiatuko gara.

Bukatzeko, horiek guztietaz aparte, edo horiekin guztiekin batera, ezin ordainduzko euskal ikus-entzunezkoen ondare kultural hau euskaldun guztien esku ikusgai jartzeko eginahalak egingo ditugu.

## 6. Erreferentziak

Arbelbide, X. (2002): *Maite Barnetxe*. Bidegileak saila, Eusko Jaurlaritza, Gasteiz.

Auñamendi entziklopedia. http://www.euskomedia.org/aunamendi?idi=es

Cheval, JJ. (2005). “Medias audiovisuels français et langues regionales minorisées. Contexte national et exemples aquitains”, *Langues d´Aquitaine, dynamiques institutionnelles et patrimoine linguistique,* Editions de la Maison des Sciences de l´Homme d´Aquitaine, Bordele.

“Euskara telebixtan”. *Herria: journal hebdomadaire basque-français*,1971-10-17, Baiona.

Gasteiz, X. (1979): “Baionako irrati telebistak”, *Jakin*, 10. zk (bigarren aldia), 61-64.

Institut National Audiovisuel (INA). Artxiboak. Http://www.inamediapro.com

Martinez, J. (2014): *Gure (zinemaren) sor lekua: Euskarazko lehen filmaren aurkikuntza historia eta analisia.* Doktore tesia. Leioa.

Oronos, M. (2003): *Le mouvement culturel basque (1951-2001)*, Elkarlanean, Baiona.

# Langileen pertzepzioak eta nahiak barne komunikazioari buruz kooperatibetan. Kasu azterketa.

Belategi, O., Egaña, T., Gago, M.
*HEZIKOM*
obelategi@mondragon.edu

***Laburpena***

Ikerlan honen helburu nagusia da ezagutzea zelako pertzepzioak eta nahiak dituzten langileek barne komunikazioari buruz kooperatibetan. Horretarako, besteak beste, aztertu da zer pertzepzio duten langileek kooperatibak ematen dien informazioei buruz. Era berean, eta ezberdintasunik dagoen jakite aldera, pertzepzio horiek guztiak ikertu dira kontuan izanik ondorengo aldagaiak: organoetako partaide, esku lan mota, lan egoera eta egoitza.

Hitz gakoak: Barne komunikazioa, Komunikazio korporatiboa, Langileekin harremanak, Komunikazioa, MONDRAGON, Kooperatiba

***Abstract***

*The main objective of this research is to explore the perceptions and expectations of the members of the worker cooperative concerning Internal Communication. To that end, among others, have been researched members´ perceptions of the information transmitted by cooperative. Additionally, in order to examine the possibility of group differences, perceptions have been analyzed taking into account following variables: membership on different governing bodies, type of workforce, labour status and location.*

*Keywords: Internal communication, Corporate communication, Employee relations, Communication, MONDRAGON, Cooperative*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Autore ugarik (Abdullah, Antony, 2012; Tuñez, 2012; RMG & Asociados, 2011; Galdón, 2010; Fernández, 2007; Rodrigues, 2007; Sansegundo, Durán, 2005; Ricomá, Ponti, 2004; Ugarte, 2004; Del Pozo, 2000; García Jiménez, 1998; Ramírez de la Piscina, 1995) onartzen dute barne komunikazioari ez zaiola eskaini, oraintsu arte behintzat, merezi duen arreta alderatuz gero kanpo komunikazioarekin. Halere, azken hamarkadetan ahots ugarik diote erakundearen helburuak eta lehiakortasuna lortzeko asmoz, lanean hasi beharra dagoela erakundearen barnean (Vilanova, 2013; Tessi, 2012; Tuñez, 2012; Fernández, 2011; Casañola, 2009; Hargie, Tourish, 2009; Campmany, 2005; Ricomá, Ponti, 2004; Zapata, 2004; García Jiménez, 1998; Del Pozo, 1997; Andreu, 1996; D´Aprix, 1984). Pentsamendu eta ideia honi eutsiz, ikerlariek ikergaia aukeratu zuten: zelako pertzepzioak eta nahiak dituzten langileek barne komunikazioari buruz kooperatibetan.

Ameriketako Estatu Batuetan ugariak dira esparru ezberdinetan –unibertsitate, eskola zein erakunde – barne komunikazio ikerketak langileen pertzepziotan oinarrituak (gutxi batzuk aipatzearren: Abdullah, Antony, 2012; Fierbaugh, 2012; Men, 2012; Seven, 2012; Welch, 2012; Ahmed, 2011; Takenouchi, 2011; Armstrong, 2010; Hayase, 2009; Grande, 2008; Thompson, 2000), estatuan, ostera, egoera aldatu egiten da. Bertan bideratutako barne komunikazioaren inguruan ikerketa ugari kokatzen dira komunikazio korporatiboaren baitan, bideratuak daude komunikazio arduradunen ikuspegitik –figura hori existitu ezean, alabaina, komunikazioaren ikuspegi globala duten pertsonen ikuspegitik, edozein izanik kargua – eta ematen dituzte datu orokorrak lagin zabal bati lotuak. Guzti honen testigu da ondorengo doktorego-tesi bilduma: De la Fuente (2011), Blay (2010), Fernández (2007), Morales (2006), Durán (2005), Carretón (2002), Arribas (2001), Del Pozo (1995).

Badirudi Espainian buruturiko ikerketek barne komunikazioaren inguruan joera dutela aipatu berri ditugun tendentziei jarraitzeko –batetik, bideratua egotea komunikazio korporatiboaren baitan eta komunikazio arduradunaren ikuspegitik eta, bestetik, eskaintzea lagin zabal bati

lotutako datuak –. Halere, aurkitu ditzakegu hiruko tendentzia hori partzialki apurtzen dituzten ikerketek (Lingán, 2003; González, 1998) edo guztiz (Bustamante, 2013; Hernández, 2008; Dalmau, 2001; Gonzalo, 1988). Guztiarekin ere, ikerlariak kontziente dira estatuan barne komunikazio gaia jorratzen duten doktorego-tesiak gehiago daudela orri hauetan aurkeztutakoak baino. Hain zuzen ere, arrazoi ezberdinak direla medio –gehienbat maileguz kanpo daudelako –, ugariak izan dira eskuratu ezin izan dituzten ikerketak.

Ikusirik zelako tendentziak dauden estatuan barne komunikazioaren ikerketen gainean, ondoko hiru hauek dira orri hauetan aurkezten den ikerlanaren ekarpen garrantzitsuenak. Batetik, langileei protagonismoa ematea. Ikerlariek langileei ahotsa eman nahi izan diete, sinetsita baitaude egungo enpresa edo erakundeek ezin dutela aprobetxatu gabe utzi beren langileek dituzten ezagutza, ekimenerako gaitasuna eta sormenerako ahalmena. Horretarako, baina, ezinbestekoa bihurtzen da beraien pertzepzioak eta nahiak identifikatzea. Bestetik, lehen aupada ematea barne komunikazioari, oraindaino umezurtz dago-eta kooperatibetan, baita MONDRAGONen ere. Azkenik, kasu bakarrera mugatzea. Kooperatiba bakar bateko kolektiboan jarri nahi izan da argazkiaren markoa. Horrela bakarrik lortuko delako egitea argazki zehatza, mamitsua eta aberatsa.

Halaber, azpimarratu nahi da berebiziko garrantzia duela ikerketa kooperatiba batean oinarritzeak, eta are gehiago MONDRAGONeko kooperatiba batean oinarritzeak. Lehenik, kooperatibak izaera bereziko enpresak direlako, izan ere, ahaleginak egiten dituzte euren jardun ekonomikoari bestelako balore batzuk txertatzeko –parte hartze demokratikoa, konpromiso soziala, gizarte erantzukizuna eta elkartasuna, besteak beste – eta ahalegin horretan komunikazioak hartzen du protagonismo handia. Bigarrenik, paradoxikoa badirudi ere, aipatu berri dugun bezala, umezurtz dagoelako oraindino barne komunikazioa eta kooperatibak binomioa. Eta, hirugarrenik, ezin ahaztu dezakegulako MONDRAGON izenez ezagutzen dugun errealitate kooperatiboa, errealitate erreferentziala dela munduko gizarte-ekonomia alorrean. Horrek ematen dio ikerketari inportantzia, oihartzun eta xarma berezia.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Ikerketa honen helburu nagusia ondorengoa da:

- Aztertu nahi da zelako pertzepzioak eta nahiak dituzten langileek barne komunikazioari buruz MONDRAGONeko kooperatibetan.

Era berean, ikergaiaren helburu nagusia aberaste eta sakontze aldera, jakin nahi izan da langileen pertzepzioetan ezberdintasunik dagoen ondorengo aldagaiak kontuan hartuz gero: organoetako partaideak –aldagai honek jasotzen ditu Zuzendaritza Kontseiluko, Kontseilu Errektoreko eta Kontseilu Sozialeko partaideak, eta horietaz gain, baita organoetako partaide ez diren gainerako langileak ere –, esku lan mota –bertan jasotzen dira zeharkako eta esku lan zuzeneko langileak –, lan egoera –bertan jasotzen dira langile bazkideak eta kontratudunak – eta egoitza –bertan jasotzen dira Arrasate, Eskoriatza eta Usurbileko egoitzako langileak –. Eta hori horrela dela, prestatu dira ondorengo azpi helburuak:

- Aztertu nahi da zelako pertzepzioak eta nahiak dituzten Zuzendaritza Kontseiluko, Kontseilu Errektoreko, Kontseilu Sozialeko langileek eta organo horietako partaide ez diren gainerakoak barne komunikazioari buruz.
- Aztertu nahi da zelako pertzepzioak eta nahiak dituzten zeharkako eta esku lan zuzeneko langileek barne komunikazioari buruz.
- Aztertu nahi da zelako pertzepzioak eta nahiak dituzten bazkideek eta kontratudunek barne komunikazioari buruz.
- Aztertu nahi da zelako pertzepzioak eta nahiak dituzten Arrasateko, Eskoriatzako eta Usurbileko langileek barne komunikazioari buruz.

Aipatu berri ditugun helburuei erantzuna emateko prestatu dira ondorengo hiru ikerketa galderak.

1) Zer pertzepzio dute langileek Kooperatibak ematen dien informazioei buruz?
2) Zer pertzepzio dute langileek Kooperatibako arduradunek beraien kezkak eta nahiak entzuteari buruz?
3) Zer pertzepzio dute langileek Kooperatibako barne komunikazioko ekintzei buruz?

Ikergaiaren helburuarekin egin bezala, aldagaiak kontutan hartuta ikerketa galdera bakoitza banatu da lau azpigalderatan. Espazio kontuak direla medio, ez dira azpigalderak txertatzen.

Azkenik, aipatu nahi da, ikerketaren ardatza aurkeztutako hiru ikerketa galderak izanik ere, ondorengo lerrootan aurkezten dela lehen ikerketa galderetatik ateratako datu gutxi batzuk, besterik ez. Zehazki, lehen ikerketa galderan jorratutako ondorengo kategoria: informatuak sentitzen dira kooperatibako langileak?

### 2.1 Metodologia

Ikerketa galderei erantzuteko, ikerketa ikuspegitzat jarraitu da kasu azterketa. Metodologia honek kasu bakarraren ulermenean jartzen du arreta, eta interesa alboratzen du beste kasu batzuen ulermenaren edota arazo orokorrago baten gainean.

Diseinatu da ikerketa mistoa; metodologia oinarrituta dagoela galdetegietan eta elkarrizketetan. Bestalde, ez da aldi berean ematen metodologia mistoaren konbinazioa: lehenik, analisi kuantitatiboa egiten da, eta ondoren kualitatiboa.

Ikerketa honetako parte hartzaileak izan dira MONDRAGONeko kooperatiba bateko langileak, kooperatiba hori kokatua dagoelarik Fagor Talde historikoan eta Arrasateko Esperientziaren erdigune geografiko eta soziologikoan.

Kooperatibak 422 langile zituen ikerketak iraun bitartean. Langile guzti horiek kontuan izanik jaso ditugu 224 galdetegi. Hau horrela izanik, populazioaren %53,08a hartzen du gure laginak. Sample size erreminta estatistikoaren arabera akats tartea %4,49koa da lagin osorako, eta konfiantza maila %97,08koa.

Elkarrizketei dagokionez, ostera, elkarrizketa erdi egituratuen metodologiaren alde egiten da. Zortzi elkarrizketa erdi egituratu burutzen dira: bi Kontseilu Errektoreko partaideekin, beste bi Kontseilu Sozialeko partaideekin eta beste bina zeharkako eta esku lan zuzeneko langileekin.

## 3. Ikerketaren muina

Galdetegiari erantzundako 224 langileek informazioa sentimendua, 1etik 10era, 6,17 dute batez beste.

Era berean, jakin nahi izan dugu aldagaiek –organoetako partaide, esku lan mota, lan egoera eta egoitza – eraginik duten informatuta sentitzeko pertzepzioan. Eta, ondorioz, batez bestekoetan.

Hurrengo taulan bistaratzen da organoetako partaide aldagaiaren emaitzak:

**1. taula. Zenbaterainoko informazio sentimendua duten, batez beste, Zuzendaritza Kontseiluko, Kontseilu Errektoreko, Kontseilu Sozialeko langileak eta organoetako partaide ez diren gainerakoak eta zelako kontrasteak dauden emaitzen artean**

| | Organoetako partaideak | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Zuzendaritza Kontseilua | Kontseilu Errektorea | Kontseilu Soziala | Organoetako partaide ez diren langileak |
| Informazioaren batez bestekoa | 9,6 | 8 | 7,7 | 5,95 |
| Laginaren tamaina | 5 | 7 | 10 | 202 |
| Kruskal-Wallis: $X^2$=34,76; p<0,001 | | | | |

Taulako datuei erreparatuz gero, argi geratzen da organoetako partaideen batez bestekoak askoz altuagoak direla organoetako partaide ez diren langileen batez bestekoa baino.

Halaber, jakiteko organoetako partaideak aldagaiak eraginik duen informatua sentitzeko pertzepzioan, Kruskal-Wallisen froga ez parametrikoa ($X^2$) erabili izan da. Lortutako emaitzak adierazten digu organoetako partaide izateak zein ez izateak eragina daukala informatua egoteko sentimenduan.

Ondorengo taulan aurkezten da esku lan mota aldagaiaren emaitzak:

**2. taula. Zenbaterainoko informazio sentimendua duten, batez beste, zeharkako eta esku lan zuzeneko langileek eta zelako kontrasteak dauden emaitzen artean**

| | Esku lan motak | |
|---|---|---|
| | Zeharkako langileak | Esku lan zuzeneko langileak |
| Informazioaren batez bestekoa | 6,85 | 5,58 |
| Laginaren tamaina | 103 | 97[1] |
| Mann-Whitney: U=2.948,50; p<0,001; d=0,78 | | |

Zeharkako esku lanean diharduten langileek esku lan zuzenean dihardutenek baino batez besteko altuagoa dute.

Bestalde, jakiteko esku lan mota aldagaiak eraginik duen informatua sentitzeko pertzepzioan, Mann-Whitneyren froga ez parametrikoa erabili izan da. Lortutako emaitzak adierazten digu esku lan zuzeneko edo zeharkako langile izateak eragina daukala informatuta egoteko sentimenduan.

Ondoko taulan jasotzen da lan egoera aldagaiaren emaitzak:

**3. taula. Zenbaterainoko informazio sentimendua duten, batez beste, bazkideek eta kontratudunek eta zelako kontrasteak dauden emaitzen artean**

| | Lan egoera | |
|---|---|---|
| | Bazkideak | Kontratudunak |
| Informazioaren batez bestekoa | 6,19 | 6 |
| Laginaren tamaina | 199 | 25 |
| Mann-Whitney: U=2.258,50; p=0,44 | | |

Taulako datuei erreparatuz, argi geratzen da parekoak direla bazkideen eta kontratudunen batez bestekoak. Izan ere, Mann-Whitneyren froga ez parametrikotik ateratako datuak argi adierazten dute bazkide edo kontratudun izateak ez duela eraginik informatuta egoteko sentimenduan.

Azkenik, hurrengo taulan bistaratzen da egoitza aldagaiaren emaitzak:

**4. taula. Zenbaterainoko informazio sentimendua duten, batez beste, Arrasateko, Eskoriatzako eta Usurbileko langileek eta zelako kontrasteak dauden emaitzen artean**

| | Egoitza | | |
|---|---|---|---|
| | Arrasate | Eskoriatza | Usurbil |
| Informazioaren batez bestekoa | 6,57 | 5,70 | 5,79 |
| Laginaren tamaina | 116 | 64 | 44 |

1 Argitu beharra dago inkestan ez dela galdetzen langileak esku lan zuzeneko edo zeharkakoak diren. Galdetegiaren helburua da identifikatzea parte hartutakoen kargua/lanpostua eta departamentua. Halere, langileek erabilitako termino orokorregien erruz ezin izan ditugu identifikatu datu horiek. Dena den, departamentukako sailkapena egiterik izan ez badugu ere, posible izan dugu esku lan zuzena edo zeharkako esku lana den identifikatzea, kasu gehienetan. Jasotako 224 galdetegitik 24 ezin izan ditugu identifikatu.

Kruskal-Wallis: $X^2$=13,21; p=0,001

Arrasateko egoitzako langileek Eskoriatzako zein Usurbileko langileek baino batez besteko altuagoa dute.

Jakiteko egoitza aldagaiak eraginik duen informatua sentitzeko pertzepzioan, Kruskal-Wallisen froga ez parametrikoa erabili izan da. Oraingo honetan ere lortutako emaitzak aditzera ematen du egoitzak –Arrasate, Eskoriatza, Usurbil – eragina duela informatuta egoteko sentimenduan.

## 4. Ondorioak

Langileek, orokorrean, onartzen dute pertzepzioa dutela informatuak sentitzen direla.

Kooperatibako langileek, batez beste, pertzepzioa dute informatuak daudela kooperatibaren helburuei, jomugei, emaitzei eta gainontzeko informazioari buruz. Eta, alde horretatik, elkarrizketek berresten dute langileak informatuak sentitzen direla. Halere, informatuak sentitzeko pertzepzioan ematen dira ezberdintasun estatistiko esanguratsuak organoetako partaide, egoitza eta esku lan mota aldagaien artean.

**Organoetako partaide** aldagaiari dagokionez, ikerketak erakusten du kooperatibako organoetako partaide izanda –Zuzendaritza Kontseilukoa, Kontseilu Errektorekoa eta Kontseilu Sozialekoa – zein ez, eragiten zaiola langileek informatuak sentitzeko daukaten pertzepzioari. Horri loturik, aipatu beharra dago ikerlariek ez dutela aurkitu ikerketarik ondorio bera jasotzen duenik kontuan hartuta bereizketa dagoela organoetako partaide direnen eta ez direnen artean. Edozertara ere, erlazio zuzena duelakoan daude Lingánek (2003) eta Thompsonek (2000) beraien ikerketetan lortutako emaitzekin. Izan ere, ondorioztatu zuten informatuak sentitzeko pertzepzioan eragiten duela erakundearen hierarkia mailak.

Agerikoa da organoetako partaideak askoz ere informatuagoak sentitzen direla organoetako partaideak ez direnak baino. Halaber, antza denez, burututako elkarrizketen emaitzei begiratuta, agerikoa dirudi langileek hautematen dutela aipaturiko eragina, hots, organoetako partaide izanda zein ez, eragiten zaio pertzepzioari informatuak sentitzeko. Berori arrazoitzeko erabiltzen duten argudio nagusia da organoetako partaideek informazio gehiago erabiltzen dutela partaide ez direnek baino.

**Egoitza aldagaia**ri dagokionez, bat eginez Bustamantek (2013) eta Goldhaber eta bere taldeak (1978) ondorioztatutakoarekin, langileen pertzepzioari informatuak sentitzeko, eragiten zaio langile izanda egoitza batekoa zein bestekoa.

Arrasateko langileak dira informazio sentimendu handiena erakusten dutenak. Oraingoan baina, eraginaren hautematea ez dirudi horren agerikoa langileen artean. Burututako elkarrizketetan eragina hautematen duten langileek diote gertatzen dela batez ere: batetik, distantzia fisikoa dagoelako egoitzen artean, bat eginez Goldhaber eta bere taldeak (1978) ondorioztatutakoarekin; eta, bestetik, zentralizazioa dagoelako zerbitzuetan –Arrasateko egoitzak biltzen ditu zerbitzu orokor guztiak: hala nola, pertsonal saila, administrazioa, lehendakaritza, gerentzia… –. Eragina hautematen ez dutenek, ostera, argudiatzen dute informazio bideak guztientzat berdinak direla, eta ondorioz, egoitza guztietara informazio bera heltzen dela.

Azkenik, **esku lan mota** aldagaiari dagokionez, ikerketak erakusten du langileen pertzepzioari informatuak sentitzeko, eragiten zaiola zeharkako edo esku lan zuzeneko langile izanda. Oraingo honetan ere, ikerlariek ez dute aurkitu ikerketarik ondorio bera jasotzen duenik kontuan hartuta bereizketa dagoela zeharkako eta esku lan zuzeneko langileen artean, halere, erlazio zuzena duelakoan daude Trussek eta bere taldeak (2006) ikerketan lortutako emaitzekin. Trussen taldeak ondorioztatu zuen graduatutako langileak informatuagoak sentitzen direla graduatuak ez direnak baino. Hots, ikasketa maila altuagoko langileek informatuagoak sentitzen diren pertzepzioa dutela. Kontuan izanik ikertutako kooperatibako zeharkako esku laneko langileak direla informazio sentimendu handiena erakusten dutenak eta jakinik berorietan %67,4ak dituela doktoregoak, masterrak, graduak, lizentziaturak edo ingeniaritza teknikoak –

esku lan zuzeneko langileen kasuan, aldiz, portzentajea da %2,01ekoa –, badirudi bat egiten dutela aipatu berri dugun ondorioak –langileen informatua sentitzeko pertzepzioan eragiten duela zeharkako edo esku lan zuzeneko langile izateak – eta Truss eta bere taldearena (2006).

Organoetako partaide aldagaiarekin gertatu bezala, itxura denez, burututako elkarrizketei begiratuta, agerikoa dirudi langile gehienek hautematen dutela eragin aipatu berria, alegia, zeharkako esku laneko edo esku lan zuzeneko langile izanda, eragiten zaiola pertzepzioari informatuak sentitzeko. Edonola ere, Truss eta bere taldeak (2006) adierazitakoaren kontrara, berori arrazoitzeko ez dute ikasketen argudioa erabiltzen. Horren ordez aipatzen dute, batik bat, zeharkako langileek, esku lan zuzeneko langileek ez bezala, bilera ugari eta harreman estua dutela informazio iturriekin. Ebidentzia hori badirudi sintonian dagoela Chia-Liang, Shan-Jan eta Tse-Pingek (2013) adierazitakoarekin: proiektu garrantzitsuetan parte hartzen duten kideek errazago elkartzen direla eta hitz egin organigramaren goi aldeko partaideekin. Alegia, informazio iturri garrantzitsuak direnekin.

Guztiarekin ere, adierazi nahi da elkarrizketetan parte hartutako esku lan zuzeneko langileek aipaturiko eragina arrazoitzeko beste argudio batzuk baliatu dituztela. Iradokitzen dute estimu kontua dela, hots, norberaren buruan daukaten sentimendu eta estimu baxuaren kontua dela; baita atentzio kontua ere, hau da, informazio jasoan atentzioa jartzen ez dutelako areagotzen dela sentimendua ez daudela informatuta.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa hau baliagarria da hobeto ulertzeko zelako pertzepzioak eta nahiak dituzten langileek berorien kooperatibaren barne komunikazioari buruz. Hala ere, jabetuta zelako garrantzia duen barne komunikazioak enpresa erakundeetan, ezinbestekoa da gai honetaz gehiago ikertzen jarraitzea: batetik, aurkeztutako emaitzen zergatietan; eta, bestetik, beste enpresa erakunde batzuen errealitatean. Hartara, jakin ahalko genuke balioztatzen diren ikerketa honetako emaitzak, eta konparaketak egin ahal izango genituzke.

## 6. Erreferentziak


Abdullah, Z., Antony, C.A. (2012), Perception of employees on internal communication of a leading five star hotel in Malaysia, *Asian Social Science*, vol. 8, 2, 17-26.

Ahmed, T. (2011). *Relationship among superior-subordinate communication, job satisfaction, and internal customer satisfaction in higher education*. [Ikerketa-nahikotasuna], University of Texas-Pan American, Edinburg.

Andreu, A. (1996), Comunicación interna, un paseo por el tiempo, *Harvard Deusto Business Review*, 70, 48-63.

Armstrong, P. (2010). *Middle management communication and interaction practices and their influence on employee satisfaction and motivation*. [Doktorego-tesia], University of Phoenix, Diamond Bar.

Arribas, A. (2001). *Las nuevas tecnologías para la comunicación interna en la empresa*. [Doktorego-tesia], Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbo.

Blay, R. (2010). *Gestión y estrategias de comunicación corporativa en los sectores tradicionales de la comunidad Valenciana. Claves para la integración y desarrollo de políticas de comunicación, como activo estratégico de la competitividad empresarial*. [Doktorego-tesia], Universitat Jaume I, Castellón de la Plana.

Bustamante, E. (2013). *La comunicación interna y la promoción de la salud. Estudio de caso en Madrid Salud*. [Doktorego-tesia], Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

Campmany, A. (2005), Comunicar (y escuchar)… o cómo generar compromiso, *Equipos&talento*, 27, 24-27.

Carretón, M.C. (2002). *Práctica y uso de los medios de comunicación propios dirigidos al público interno, como herramienta de relaciones públicas en el sector de la Banca Privada Española durante el año 2002*. [Doktorego-tesia], Universidad de Alicante, Sant Vicent del Raspegig.

Casañola, M. (2009): *Cultura y comunicación interna en las organizaciones. Análisis de un caso práctico,* in M.B. Carretón, I. Ramos (AIRP). *Las Relaciones Públicas en la gestión de la comunicación interna*, Sevilla, 137-148.

Chia-Liang, H., Shan-Jan, K., Tse-Ping, D. (2013), The relationship between team communication, structure and academic R&D performance: empirical evidence of the national telecommunication program in Taiwan, *R&D Management*, vol. 43, 2, 121-135.

Dalmau, M. (2001). *La comunicació interna com a eina per optimitzar l´empresa de serveis esportius.* [Doktorego-tesia], Universitat de Lleida, Lleida.

D´Aprix, R. (1984), El método más antiguo (y mejor) de comunicación con el personal, *Harvard-Deusto Business Review*, 19, 84-86.

De la Fuente, J. (2011). *Impacto de las TIC en la comunicación corporativa e institucional*. [Doktorego-tesia], Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Del Pozo, M. (1995). *La influencia de la cultura empresarial de multinacionales extranjeras en el desarrollo de la comunicación interna de sus filiales españolas*. [Doktorego-tesia], Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

——————— , (1997): *Cultura empresarial y comunicación interna. Su influencia en la gestión estratégica,* Editorial Fragua, Madrid.

——————— , (2000): *Gestión de la comunicación interna en las organizaciones,* Ediciones Universidad de Navarra, Pamplona.

Durán, A. (2005). *Nuevas tendencias en la comunicación corporativa: aplicación a un modelo de corporate universitario*. [Doktorego-tesia], Universitat Jaume I, Castellón.

Fernández, F. (2007). *La gestión de la nueva comunicación interna. Análisis de la aplicación de las tecnologías de la información en los procesos de comunicación interna de las universidades de la Comunidad Valenciana.* [Doktorego-tesia], Universitat Jaume I, Castelló de la Plana.

——————— , (2011): *Comunicación interna 2.0. La gestión de portales corporativos y redes sociales*, Ediciones de las Ciencias Sociales, Madrid.

Fierbaugh, A. L. (2012). *Prolonging the life of colleges on the edge. The impact of internal communication on employee satisfaction in small Christian Colleges*. [Doktorego-tesia], Regent University, Virginia Beach.

Galdón, G. (2010), Algunos criterios éticos para una adecuada comunicación interna en las organizaciones, *Icono*, 14, vol.8, 2, 371-382.

García Jiménez, J. (1998): *La comunicación interna*, Ediciones Díaz de Santos, Madrid.

Goldhaber, G.M., et al., (1978), Organizational communication: 1978, *Human Communication Research*, vol. 5, 1, 76-96

González, J.M. (1998). *Calidad de la comunicación organizacional en la Pymes industriales de la C.A.P.V. según el grupo de estudio de mandos*. [Doktorego-tesia], Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbo.

Gonzalo, P. (1988). *La comunicación interna en la empresa*. [Doktorego-tesia], Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Grande, F. (2008). *The intranet and human resources: internal employee communication*. [Ikerketa-nahikotasuna], University of Nebraska, Omaha.

Hargie, O., Tourish, D. (2009): *Auditing organizational communication*, Routledge, London.

Hayase, L.K.T. (2009). *Internal communication in organizations and employee engagement*. [Ikerketa-nahikotasuna], University of Nevada, Las Vegas.

Hernández, D. (2008). *Las relaciones entre el Sistema formal de comunicación interna, el clima de comunicación y la identificación de los empleados en las organizaciones*. [Doktorego-tesia], Universitat de Barcelona, Barcelona.

Lingán, B.J. (2003). *Implicancias conceptuales y metodológicas de la comunicación estratégica en la gestión de la imagen corporativa interna de los servicios sanitarios. Caso: El Hospital Vall d´Hebron*. [Doktorego-tesia], Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.

Men, L. (2012). *The effects of organizational leadership on strategic internal communication and employee outcomes*. [Doktorego-tesia], University of Miami, Miami.

Morales, F. (2006). *La comunicación planificada: estudio cualitativo de las variables estructura, gestión y valores en la comunicación de las organizaciones*. [Doktorego-tesia], Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.

RMG & ASOCIADOS. (2011), La empresa no se beneficia de su comunicación interna. Hemendik jasoa: http://www.foromarketing.com/la-empresa-no-se-beneficia-de-su-comunicacion-interna

Ramírez de la Piscina, T. (1995): *Gabinetes de comunicación: funciones, disfunciones e incidencias*, Bosch Casa Editorial, Barcelona.

Ricomá, C., Ponti, F. (2004): *¡No somos recursos, somos humanos! Una conversación sobre como las personas mejoran las organizaciones*, Ediciones Granica, Barcelona.

Ramírez de la Piscina, T. (1995): *Gabinetes de comunicación: funciones, disfunciones e incidencias*, Bosch Casa Editorial, Barcelona.

Rodrigues, C.A. (2007), The quality organization: a conceptual framework, *Total quality management & Business Excellence*, vol. 18, 7, 697-713.

Sansegundo, J.M., Durán, R. (2007), El desarrollo de la comunicación interna en el contexto actual de la comunicación de intangibles en España. Revista de Comunicación, 0, 40-47.

Seven, H. (2012). *An analysis of the effect of internal communication satisfaction on organizational commitment in the Turkish National Police (TNP)*. [Doktorego-tesia], University of Baltimore, Baltimore.

Takenouchi, S. (2011). *The evolution of the internal communications practice and its importance to the survival of organizations*. [Ikerketa-nahikotasuna], University of Southern California, Los Angeles.

Tessi, M. (2012): *Comunicación interna en la práctica. Siete premisas para la comunicación en el trabajo*, Granica, Buenos Aires.

Thompson, T.E. (2000). *Differences in perception regarding the process of internal communication among administrators, faculty, and staff at a comprehensive southern university*. [Doktorego-tesia], The University of Southern Mississippi, Hattiesburg.

Truss, C., et al. (2006), *Working life: employee attitudes and engagement 2006*, Research report, Chartered Institute of Personnel and Development, Great Britain.

Tuñez, M. (2012): *La gestión de la comunicación en las organizaciones*, Comunicación Social, Zamora.

Ugarte, L. (2004): *¿Sinfonía o jazz? Koldo Saratxaga y el modelo irizar. Un modelo basado en las personas*, Ediciones Granica, Barcelona.

Vilanova, N. (2013): *Micropoderes. Comunicación interna para empresas con futuro*, Plataforma Editorial, Barcelona.

Welch, M. (2012), Appropriateness and acceptability: employee perspectives of internal communication, *Public Relations Review*, 38, 246-254.

Zapata, L.F. (2004), La comunicación interna en la sociedad del conocimiento: gestión clave en las estrategias empresariales e instituciones españolas, *Documentación de las Ciencias de la Información*, 27, 269-275.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lerro gutxi hauek erabili nahiko nituzke nire eskerrik beroenak emateko: batetik, ikerketan parte hartutako kooperatibako langileei, ikerketan inplikatu baitziren eta uneoro prestutasuna erakutsi; eta, bestetik, Mondragon Unibertsitateko Humanitate eta Hezkuntza Zientzien Fakultateari –HUHEZI –, laguntza eta sostengua eman baitzidan.

# Gazteen ikus-entzunezkoen kontsumoa, interakzioa eta partekatzea: Mondragon Unibertsitateko ikasleen kasu-azterketa

Astigarraga, I.; Pavón, A.; Zuberogoitia, A.
*Hezikom ikerketa-taldea*
*Mondragon Unibertsitatea, Humanitate eta Hezkuntza Zientzien Fakultatea*

*iastigarraga@mondragon.edu*

***Laburpena***

Ikerketa honen helburua da ezagutzea zelan – eta zein neurritan- baliatzen dituzten gazteek digitalizazioak ekarritako ikus-entzunezko kontsumo-modu berriak, arreta berezia jarrita ikus-entzunezko edukien partekatzean. Doktorego-tesi hau Mondragon Unibertsitateko kasu-azterketa da, eta galdetegia, egunerokoa eta sakoneko elkarrizketak baliatu dira. Galdetegiko emaitza kuantitatiboak dira artikulu honetan azalduko direnak. Emaitzek erakusten digutenez, ohiko telebistak jarraitzen du izaten telebistako edukiak kontsumitzeko biderik ohikoena. Bestalde, aipagarria da partekatzeak hartzen duen garrantzia, gazteen ia %68k partekatzen baititu ikus-entzunezko edukiak interneten.

Hitz gakoak: telebista, ikus-entzunezkoak Interneten, interakzioa, partekatzea.

***Abstract***

*The aim of this PhD research is to know how digitization has brought about new ways of television and video consumption among youth, focusing on online video sharing. The study is carried out among Mondragon University students to collect quantitative and qualitative data of their viewing and sharing habits. It is as case study that comprises a survey, a media diary and in-depth interviews. This article is focused on the quantitative results of the study. The findings show that the TV set is still the preferred format for television viewing. In contrast, the importance of the online sharing is highlighted, since almost %68 of the youth share video content on the web.*

*Keywords: television, online video, interaction, sharing.*

## 1. Sarrera

Komunikazio-munduan paradigma berri baten aurrean gaude, masa-komunikazioaren garaiko kontsumitzaile pasiboaren izaera aldatzen ari baita (Jenkins, 2006; Castells, 2009). Eduki-aukerak biderkatu egin dira modu esponentzialean, eta gero eta handiagoa da audientziaren zatiketa. Izan ere, digitalizazioari esker, ugaldu egin dira edukiak kontsumitzeko pantailak (Diego-Gonzalez, Guerrero-Perez eta Etayo-Pérez, 2014; Marinelli eta Andó, 2014), eta askotarikoak dira eduki horiek kontsumitzeko moduak: noiznahi eta nahieran kontsumitzeko aukeraz gain, *multitask* izenez ezaguna den bi pantaila edo gehiagoren aldi bereko erabilera ere ohitura bihurtu da, batez ere, gazteen artean (Foehr, 2006; Acenture, 2013; Flores-Ruiz eta Humanes-Humanes, 2014), eta horrek guztiak komunikabideei eurei ere eragin die: *cross-media* eta *transmedia* moduko kontzeptu eta praktiken zabalkundea da esanikoaren lekuko (Scolari, 2009 eta 2013b). Jenkinsek (2006) *convergence culture* modura izendaturiko fenomenoa dago horren guztiaren oinarrian, zeinean "consumers are encouraged to seek out new information and make connections among dispersed media content" (Jenkins, 2006:3).

Ingurumari berri honetan, edukien eta kontsumitzailearen arteko interakzioa inoizko handiena da (Jenkins, 2006; Hargittai, 2008; Aslama, 2009; Van Dijck, 2009). Edukiek eurek ere dei egiten diete maiz kontsumitzaileei, iritzia emateko edo bozkatzeko (García-Avilés, 2012; Lee eta Andrejevic, 2014); kontsumitzaileek partekatu egiten dituzte, sare sozialen bidez, eduki horiek (Purcell, 2013), eta,

hori eginez, hedabideen eragina are gehiago zabaltzen dute (Jenkins et al., 2013); gainera, zenbait kasutan eduki-sortzaile ere badirenez, *prosumer* bihurtzen dira (Bruns, 2008).

Audientzia-ikerketen arlora etorrita, Livingstonek (2013) dio paradigma berriak ekarri duela audientzia parte-hartzailearen fenomenoa. Bere esanetan, jendea, oro har, inoiz baino gehiago ari da baliatzen parte-hartzeko aukeraz. Asko idatzi eta ikertu da gai honen inguruan AEBetan eta mendebaldeko zenbait herritan: bai komunikazio arloko komunitate akademikoak, bai ikus-entzunezko industriak, jarrita dituzte begiak fenomeno honetan; horren lekuko dira, besteak beste, audientzia-ikerketa hauek: Barkhuus, 2009; Bondad-Brown, 2011; Robertson, 2012; Ha, Leconte, eta Savidge, 2013; Acenture, 2013, eta Tryon eta Dawson, 2014.

Gure ikerketari dagokionez, zehazki, bereziki azpimarratzekoa da Evansen ikerketa (2011), erreparatzen dielako audientziek ikus-entzunezko edukiekin bat egiteko dituzten modu berriei; azpimarratzekoak dira, halaber, Interneteko bideo-partekatzeari (Guadagno et al., 2013 eta Hargittai eta Walejko, 2008) eta sareko eduki-sorkuntzari (Hargittai eta Walejko, 2008; Vainikka eta Herkman, 2013) buruzko lanak.

Haatik, gure inguruan gutxi landu dira gai horiek; gainera, Euskal Herrian orain arte buruturiko lanik gehienak (Basterretxea et al., 2007; Medrano, Palacios eta Barandiaran, 2007; Medrano, Aierbe eta Orejudo, 2009) aro analogikoari dagozkio. Pavónek (2014), aldiz, aro digitalean nerabeek egiten duten ikus-entzunezko kontsumoa ikertu du, eta bere ikerlana da doktorego-tesi honen aurrekaririk gertuenekoa, bai geografikoki, eta baita gaurkotasunagatik ere.

## 2. Ikerketaren helburua, ikerketa-galderak eta metodologia

### 2.1. Helburua

Lan honen helburua da ikertzea digitalizazioak ekarritako ikus-entzunezkoak kontsumitzeko modu berriek gazteengan duten isla, arreta berezia jarrita ohiko telebista eta ikus-entzunezkoak interneten kontsumitzeko ohiturei, eta kontsumitzaileek ikus-entzunezko edukiekin daukaten interakzioari, bereziki interneten partekatzeko joerei.

Audientzia-ikerketa honetan gazteengan zentratu gura izan dugu eurak direlako erabiltzaile aurreratuenak paradigma berrian. EAEko datuei erreparatuz gero, Eustaten 2014ko *Informazioaren Gizartearen Inkesta*ren arabera, EAEko internet-erabiltzaile nagusiak (eta, beraz, edukiak gehien partekatu eta sareratu ditzaketenak), 15-24 urte bitarteko gazteak dira (tarte horretan %98 da internet-erabiltzaile).

Arestian aipatutako Pavónen ikerketak (2014) 12-16 urte bitarteko nerabeak izan zituen aztergai, eta ikerketa honetan 18-24 urte bitarteko gazteak aztertu ditugu. Mondragon Unibertsitateko gradu eta diziplina desberdinetako ikasleen kasu-azterketa izanik, emaitzak ez dira populazio zabalago baten adierazgarri, baina argibideak eman ditzakete ezagutzeko zein neurritan aldatzen ari diren gazteen ikus-entzunezkoen kontsumo-ohiturak, eta zenbateraino duten jarrera aktiboa gustuko duten ikus-entzunezko edukiekin.

### 2.2. Ikerketa-galderak

Ondorengo ikerketa-galderak erantzutea du xede doktorego-tesi honek:
(1) Zeintzuk dira Mondragon Unibertsitateko ikasleen kontsumo-ohiturak ohiko telebistan eta Interneten?
(2) Zein eratako interakzioa dute kontsumitzen dituzten ikus-entzunezko edukiekin?
(3) Zertzuk motibazio dituzte kontsumitzen dituzten ikus-entzunezko edukiak aukeratzeko orduan?
(4) Ikus-entzunezko edukiak Interneten partekatzen badituzte, zein motako edukiak dira sarean partekatzen dituztenak?

(5) Ikus-entzunezko edukiak sortu eta partekatzen badituzte, zein motako edukiak dira gero interneten partekatzen dituztenak?
(6) Zeintzuk motibazio dituzte sarean bideoak partekatzeko?
Artikulu honek 1, 2, 4 eta 5 ikerketa-galderen inguruan bildutako datu esanguratsuenak bistaratuko ditu.

### 2.3. Metodologia

Ikerketa kuantitatiboa eta ikerketa kualitatiboa, biak baliatu dira lan honetan: batetik, Mondragon Unibertsitateko fakultate guztietako ikasleek galdetegi bat bete dute (n=475; Z=1,96; e=±4,1%), datu kuantitatiboak jasotzeko euren ikus-entzunezko kontsumo, partekatze, eta bideo-sormen ohiturez; bestetik, datu kualitatiboak eskuratzeko, eta euren motibazioak ezagutzeko, eguneroko bat bete dute 24 gaztek lau egunetan zehar, eta ondoren sakoneko elkarrizketa egin diegu, egunerokoan ateratako emaitzetan sakontzeko.

Datu-bilketa guztia 2014an burutu da. Galdetegia ikerketa honetarako *ad hoc* diseinatutakoa da, baina beste ikerlan batzuetan baliatutakoak hartu ditu oinarri (Bondad-Brown, 2011; Arango-Forero, 2013; Pavón, 2014). Egunerokoa betetzeko txantiloia ere ikerketa honetarako *ad hoc* diseinatuta egon arren, beste hiru ikerlanetako ikerketa-tresnak izan ditu eredu (Findahl, Lagerstedt eta Aurelius, 2014; Barkhuus and Tashiro, 2010; Vainikka and Herkman 2013). Hortaz gain, Barkhuus eta Vainikkak ikerlan honen txantiloia balioztatu dute.

Artikulu honetan ikerketa kuantitatiboko emaitzak emango dira, galdetegitik ateratakoak, hain zuzen. Galdetegia 475 gaztek betetakoa da, eta azterketa-fasera 474 galdetegi iritsi dira: %54 emakumezkoek betetakoak eta %46 gizonezkoek, eta euretako gehienak (ia %95) 18-24 urte bitartekoak dira.

## 3. Ikerketaren muina

Gazteen **teknologia-ahalmena** garrantzitsua da ikus-entzunezko kontsumoa zelakoa den aztertzerako orduan. Galdetegia erantzun duten ikasleen artean oso hedatuak daude teknologia batzuk: %86,9k dauka ordenagailu eramangarri propioa, eta %92,4 lagunek daukate *Smartphone*a. Alderantzizkoa gertatzen da *Tablet*a eta *SmarTV*arekin; izan ere, %64,3 gaztek dio ez daukala *Tablet*ik, ez propioa ezta partekatua ere ez, eta %74,3k ez dauka *SmartTV*rik. Aintzat hartu beharrekoa da, baita ere, zein sare sozialetan eta bat-bateko mezularitza aplikaziotan daukaten kontua, eta berauen erabilera. Kontua izateari dagokionez, hedatuenak dira *Whatsapp* (%95,4), *Facebook* (%88,4) eta *Twitter* (%66,2), hurrenez hurren. Erabilera-maiztasunari erreparatuz gero ere, *Whatsapp* da gailentzen dena, aplikazioa dutenen artean %96,2 lagunek erabiltzen baitute egunero; *Facebook* (%78) da bigarrena, eta *Twitter*en kontua dutenen artean, %57,6k erabiltzen dute egunero. Bestalde, interneten nabigatzen ematen duten denboraz ere galdetu zaie, eta astelehenetik ostiralera bitarteko egunetan batez beste lau ordu baino gehiago ematen dituzte interneten (252 minutu), eta asteburuko egunetan ia hiru ordu eta erdi (212 minutu).

Ikus-entzunezko **kontsumo-ohiturei** dagokienez, gazteen %9,3k ez du sekula telebistarik ikusten aste barruan, eta asteburuetan telebista ikusten ez dutenen kopurua %12,2ra igotzen da. Haatik, eguneko batez besteko telebista-kontsumoa astelehenetik ostiralera bitartean 116 minutukoa da, 122koa asteburuko egunetan, eta gazteen %63 baino gehiagok egunero ordubetetik gora ikusten du telebista.
Telebista-kontsumoa ordu tartetan sailkatuta, gazteen multzorik handienak egunero 61-120 minutu bitartean ikusten du telebista, %34,2k astelehenetik ostirala bitartean, eta %30,2k asteburuko egunetan.

Inteneten ikus-entzunezkoak kontsumitzeari eskaintzen dioten denborari dagokionez, batez beste 93 minutu dira aste barruko egunetan eta zertxobait gutxixeago (87 minutu) asteburuko egunetan. Ohiko telebistako kontsumo-datuekin alderatuta, gutxiago dira interneten ikus-entzunezkoak ikusten ez dituzten gazteak: %5,3 aste barruko egunetan, eta %6,8 asteburukoetan. Aldiz, kontsumoa denbora-tarteetan sailkatuta, gazteen ehuneko handiena dira bideoak *online* ikusten 30 minutu edo gutxiago ematen dutenak: %26,6 aste barruko egunetan eta %28,7 asteburuko egunetan.

**Telebistako edukiei** dagokienez, galdetegian ateratako emaitza garbia da kontsumo-homogeneotasuna, bai telebista-saioetan, baita telebista-kateetan ere. Gazteei galdetu zaie aipatzeko telebistan gehien ikusten dituzten hiru saio eta hiru telebista-kate. Aipatutako hiru saioak multzo berean sartuta, guztira 172 telebista-saio aipatu dira ikerketan, baina 12 saiotan biltzen da gazteen telebista-kontsumoaren erdia baino gehiago (%51,1)[1]. Antzekoa gertatzen da telebista-kateekin: aipatutako hiru telebista-kateak multzo berean sartuta, guztira 57 telebista-kate aipatu dira ikerketan; horietatik guztietatik, lau telebista-katetan dago kontzentratuta kontsumoaren erdia baino gehiago (%51,3), eta 12 telebista-katetan biltzen da kontsumoaren ia %90. Nolanahi ere, eduki eta kateen homogeneotasunarekin batera, audientziaren zatiketa da emaitzetan atera den beste datu esanguratsua, kontuan izanda aipatutako telebista-saio eta telebista-kate kopurua (172 eta 57, hurrenez hurren).

**Interneten ikus-entzunezkoak** kontsumitzeko baliatzen diren bideei erreparatuz gero, ohiko telebistan baino handiagoa da kanalen aukera. Bideoak ikusteko gehien baliatzen dituzten hiru webgune, plataforma edo sare sozial aipatzeko eskatzerakoan, guztira 116 gune dira aipatutakoak; haatik, 9 kanaletan dago kontzentratuta kontsumoaren %80, eta lehenengo bien bitartez egiten da kontsumoaren %50 baino gehiago: *Youtube* bidez %29,1ean, eta *Facebook* bitartez %22,6an. Gehien baliatzen duten lehen guneari erreparatuz gero, kontzentratuago dago hautatutako bidea: hiru kanalen bidez egiten da gazteen kontsumoaren %80, eta hemen ere *Youtube eta Facebook* izan arren nagusitzen direnak, aldatu egiten da nagusitasunaren ordena: ikus-entzunezkoak interneten kontsumitzeko lehen aukera modura *Facebook* hautatzen dutenak %39,7 dira; %32,3k aukeratzen du *Youtube* lehen aukera modura, eta oso atzetik dator *Series.ly*, %8,2rekin.

Gazteek interneten kontsumitzen den ikus-entzunezko edukia ezagutzeko, ez da galdera irekirik egin, interneten dagoen eduki-kopurua askoz ere handiagoa eta askotarikoa delako telebistakoarekin alderatuta. Horregatik, gazteek kontsumitzen dituzten edukien izaera ezagutzeko, bi sailkapen baliatu dira eta berauen gaineko galdera itxiei erantzun diete Mondragon Unibertsitateko ikasleek: batetik, edukien jatorriari dagokiona (telebistako edukia, bestelako eduki profesionala, bideo-nahasketak eta bideo amateurrak); bestetik, generoari erreparatzen diona (informazioa, tutoretza-bideoak, kirola, musika, umorea, fikzioa eta bestelako entretenimendua). Edukien jatorriari dagokionez, astean behin edo gehiagoko maiztasunarekin kontsumitzen diren edukietan, jatorri profesionala dutenak dira gailentzen direnak; izan ere, gazteen %62,9k kontsumitzen ditu telebistako edukiak interneten astean behin edo gehiagotan, eta %76,4k bestelako eduki profesionalak ikusten ditu. Bestalde, eduki horien generoan jartzen badugu arreta, musika da astean behineko edo sarriagoko maiztasunarekin gehien kontsumitzen den generoa (%82), eta ondoren datoz informazioa (%68,3) eta fikzioa (%65).

Telebistako edukiak interneten kontsumitzeko ohituran sakonduz gero, gazteen %35,9k astean behin edo gehiagotan ikusten ditu internet bidez gustuko dituen telebista-saioak osorik, %32,9k ikusten du telebistan emititutako telebista-saioaren zati bat, eta soilik %12,3k kontsumitzen dituzte telebista-saioko eduki estrak, telebistako programazioan emititu gabeak.[2] Aldiz, aipatzekoa da gazteen %21,5ek irakurtzen duela interneten gustuko duten telebista-saioen inguruko informazioa. Telebista-saioen sare sozialetako profilen eta telebista-kateen webguneen erabilerari dagokionez, muturrekoak dira joerak gazteen artean. Izan ere, gazteen %38,6k gustuko dituen telebista-saioen sare sozialak sekula erabiltzen ez dituen bitartean, %33,5ek astean behin edo gehiagotan baliatzen ditu. Era berean, %31,1ek ez ditu inoiz gustuko dituen telebista-kateen webguneak erabiltzen, eta aldiz, %35,4k astean behin edo gehiagotan baliatzen ditu.

Bestalde, jakin gura izan dugu ea Mondragon Unibertsitateko ikasleek erabiltzen ote duten bigarren pantaila bat ohiko telebista ikusi bitartean. Bada, aipagarria da *Smartphone*aren presentzia telebistaren aurrean daudenean, gazteen %68 askotan edo beti baitago *Smartphone*arekin. Ordenagailuak erabilera

[1] Dena den, aipatutako 12 horien artean daude filmak, albistegiak edota futbola, eta hiru hauek ez dira telebista-saioak, baizik eta fikzioa, informazioa eta entretenimendua generoen azpi-generoak edo formatoak, hurrenez hurren. Genero eta formatoei buruzko informazio gehiago in Gordillo, 2009.

[2] Kontuan hartu behar da, dena den, telebista-saio askok ez dutela emititu gabeko bideo estrarik sortzen eta interneten ikusgai jartzen.

txikiagoa izan arren, aipatzeko modukoa da bere presentzia, ikasleen %32,2k askotan edo beti baliatzen baitu. Telebista ikusi bitartean bigarren pantaila horretan zer egiten duten galdetzerakoan, deigarria da %35,4k telebistan ematen ari diren edukiarekin zerikusirik ez duten beste ikus-entzunezko batzuk ikusten dituela askotan edo beti; %56,9k, berriz, dio bestelako jarduerak egiten dituela askotan edo beti. Esanguratsua da, gainera, %54,6k dioela interneten nabigatzeak denbora kendu diola bere telebista-kontsumoari, eta lehen baino zerbait gutxiago ikusten duela telebista.

Ikerketa honetan arreta berezia jarri gura izan da ikus-entzunezkoak interneten partekatzeko ohituran. Bada, Mondragon Unibertsitateko gazteen %67,7k bideoak partekatzen ditu interneten. Partekatzeko baliatzen den bideari erreparatuz, *Whatsapp* bezalako bat-bateko mezularitza-zerbitzuak dira maiztasun handienarekin erabiltzen direnak, %72k askotan edo beti erabiltzen baitu bide hau ikus-entzunezko edukiak partekatzeko, eta %66,7k sare sozialak baliatzen ditu, askotan edo beti, bideoak partekatzeko.

Partekatzen diren ikus-entzunezko edukien jatorriari dagokionez, astean behin edo gehiagoko maiztasunarekin partekatzen diren bideoen artean, telebistako edukiak dira gutxien partekatzen direnak (%22,5), eta gainontzeko edukien partekatzea nahiko parekatua da: bestelako eduki profesionalak %35,2; bideo amateurrak %31,4 eta bideo-nahasketak (%31,2). Edukiaren generoari erreparatzen badiogu musika da astean behin edo gehiagoko maiztasunarekin gehien partekatzen den generoa (%49,5) eta ondoren datoz umorea (%36,8) eta informazioa (%30,5).

Bestalde, jakin gura izan dugu ea gazteek ikus-entzunezkoak sortzen dituzten ondoren interneten partekatzeko. Gazteen %62,6k grabatzen ditu bideoak; horietatik %63,6k partekatzen ditu bat-bateko mezularitza bidez eta %55,5ek sare sozialen bidez. Esanguratsua da bat-bateko mezularitza izatea gehien baliatzen den modua norberaren grabazioak partekatzeko; izan ere, *Whatsapp* bezalako aplikazioek izaera pribatuarekin partekatzea ahalbidetzen dute, pertsona bakar edo talde mugatu bati bidalita. Internet bidez partekatzen diren grabazio-motei dagokienez, unibertsitateko lanak (%35,5) eta izaera pertsonala duten grabazioak –familiartekoak zein lagunartekoak- (%34,5) dira gehien partekatzen diren grabazio-motak.

Bideo-nahasketa sorkuntzari buruz ere galdetu zaie Mondragon Unibertsitateko gazteei: %18,9k dio egiten dituela bideo-nahasketak; horietatik %63,3k partekatzen ditu egindako bideo-nahasketak bat-bateko mezularitza bidez, %56,6k sare sozialen bitartez, eta %50,8k posta elektronikoz bidalita.

## 4. Ondorioak

Internetek ikus-entzunezkoen edukien eskaintzara eta berauek kontsumitzeko moduetara aniztasuna ekarri badu ere, oro har, eta gaur-gaurkoz, ohiko telebista da telebistako edukiak kontsumitzeko biderik ohikoena, baita gazteen artean ere. Emaitza hau bat dator bestelako populazio-talde batzuekin digitalizazio garaian egindako hainbat ikerlanetan ateratako ondorioekin (Pavon, 2014; Florez-Ruiz eta Humanes-Humanes, 2014; Diego-Gonzalez, Guerrero-Perez eta Etayo-Perez, 2014). Ohiko telebistaren kontsumoan, bi ezaugarri kontraesankor nabarmentzen dira: batetik, kontsumo-homogeneotasuna, bai telebistako edukietan, baita telebista-kateetan ere; bestetik, audientziaren zatiketa eduki eta kateen hautuan. Argazki honek bat egiten du Andersonek (2006) iragarritako *Long Tail*arekin, hau da, kontsumoaren zatirik handiena eduki gutxi batzuetan dago kontzentratuta, baina gainontzeko kontsumoa askotarikoa da eta audientzia barreiatuta dago eduki askoren artean.

Ikus-entzunezko kontsumoaren panoraman ohiko telebistaren nagusitasuna ukaezina izanagatik, badaude aldaketa batzuk arretaz jarraitu beharrekoak .

Interneten banda zabala iritsi arte, ikus-entzunezkoen kontsumo pribatua telebistako programaziora zegoen mugatuta, edota erositako edo alokatutako DVDetara. Orain, aldiz, erraz eta eraz ikus ditzakegu telebistako edukiak ez diren bestelako ikus-entzunezko profesionalak, eta baita bideo amateurrak ere. Beste alde batetik, *Smartphone*aren bitartez, inoiz baino egiago bihurtu da noiznahi eta

nahieran konektatuta egotearen leloa, eta ondorioz ikus-entzunezkoak kontsumitzeko modua zabaldu egin da modu esponentzialean eta lau haizetara.

Ohiko telebistari bizkar emanda bizi den gazte-kopurua aintzat hartzeko modukoa da, are gehiago kontuan izanda nabaria dela bigarren pantailaren erabilera telebista ikusi bitartean. Horretaz gain, gazteen erdiak baino gehiagok dio interneten nabigatzeagatik zerbait gutxiago ikusten duela telebista. Hala ere, honek guztiak ez du zertan esan gura, bai ala bai, profil honetako gazteek zokoratuta uzten dituztenik telebistako edukiak. Izan ere, gazteen ia %63k ikusten ditu telebista-saioak (izan zatiren batzuk, izan saioak oso-osorik) internet bidez astean behin edo gehiagotan. *Connected viewing* izenez ezaguna den fenomeno hau aztergai da nazioarteko hainbat ikerketatan (Smith eta Boyles, 2012; Holt eta Sanson, 2013; Marineli eta Andó, 2014). Kontsumo-modu hau nagusi ez baldin bada ere, hedatzen ari den joera baten berri ematen digu.

Telebista-kateek ezagutzen dute errealitate hau; aitzitik, audientzia-neurketa tradizionalen menpe bizi dira oraindik, berauen arabera erabakitzen dutelako publizitate-agentziek zein edukiri joango den atxikita euren publizitatea. Azken urteotan hainbat adituk auzitan jarri dute neurketa tradizionalaren hegemonia (ikus adibidez, Jenkins, 2013 eta Scolari, 2013a), batetik, ez duelako neurtzen ohiko telebista bidez ikusten ez dena, eta bestetik, ez duelako aintzat hartzen eduki horien jarraitzaileek sare sozialetan egindako iruzkinen oihartzuna. Eskenategi berrian sortutako beharrez jabetuta, audientzia-neurketez arduratzen diren enpresak hasi dira eskaintzen sare sozialen neurketa. Espainiako telebista-kateen audientzia neurtzen duen *Kantar Media*k[3], adibidez, akordioa dauka *Twitter*ekin, sare sozial honetako telebista-audientzia neurtzeko.

Partekatzeari dagokionez, nabarmentzekoa da gazteen ia %68k partekatzen dituela ikus-entzunezko edukiak interneten. Izan ere, partekatzea da edukiekin interakzioa izateko jarduera erraz eta era berean esanguratsua, partekatzen den edukia hauspotu egiten delako, eta partekatzen duen norbanakoa edukiaren banatzaile bihurtzen delako, edukiaren zabalkundean parte hartuz. Honen harira, aipatzekoa da Jenkins, Ford eta Greenek (2013) egiten dieten deia edukien industriei, edukien jabetzaren kontrola nasaitu, eta eduki horiek eskuragarriago uzteko. Izan ere, edukiaren kontrolaren hesiak gero eta urratu gehiago dituenez, kontrola mantentzeko ahalegina, alferrikakoa izateaz gain, euren produktuen kaltetan ere joan daiteke, edukiaren zabalkunde parte-hartzailearen bidea oztopatzen duen heinean. Euskarazko ikus-entzunezkoen industrian jarrita begiak, Zuberogoitia et al.-ek airean uzten duten galdera ekarriko dugu gogora azken hausnarketa modura: “Ahalik eta kanal gehien baliatuz gauzaturiko zabalkunde masibo hori handientzat estrategikoa bada, zer ez ote dute pentsatu behar txikiek?” (Zuberogoitia et al., 2013:51).

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Soziologikoki interesgarria izateaz gain, paradigma-aldaketa honen ezagutza ezinbestekoa da komunikabideentzat, eta oro har, edukien industriarentzat. Izan ere, kontsumitzaileen gustu eta joeren aldaketek modu zuzenean eragiten diote edukien industriari; hori dela-eta, komunikabideentzat garrantzitsua da ezagutzea zelan iritsi kontsumitzailearengana, eta zelan asebete edukiekin hartzaile potentzial hori. Livingstonek dioen bezala (2004), aldaketa teknologikoen abiadura azkarrak zuzenean eragiten dio komunikazioaren panoramari, eta ezinbestekoa da etengabe ikertzen aritzea hain aldakorra den eszenategia. Euskal Herriko eta euskarazko ikus-entzunezko industriari dagokionez, garrantzitsua da jakitea ea egokitzen ari diren aldaketa berrietara, eta ezagutzea zein inplikazio dituen honek guztiak euskarazko ikus-entzunezko sorkuntzarentzat.

## 6. Erreferentziak

Acenture (2013): *Video internet consumer survey 2013. Multitasking and taking control*. Acenture.

Anderson, C. (2006): *The Long Tail*, Hyperion, New York.

[3] http://www.kantarmedia1.es/sections/kantar_twitter

Aslama, M. (2009), *Participation as position and practice: rethinking media diversity and policy in the Web 2.0 era*, Fordham University, New York.

Arango-Forero, G. (2013), Fragmentación de audiencias juveniles en un ambiente comunicativo multimedial: el caso colombiano, *OBS*, 7,4, 091-111.

Barkhuus, L. (2009), Television on the Internet: new practices, new viewers. *CHI, ACM*, 2479-2488.

Barkhuus, L. , Tashiro, J. (2010), Student Socialization in the Age of Facebook. *CHI, ACM*, 133-142

Basterretxea, J. I, Idoyaga, P., Ramirez de la Piscina, T. eta Zarandona, E. (2007): *Alfabetizazio berriak: Euskal Herriko neska-mutilak eta komunikabideak*, Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen zerbitzu Nagusia, Gasteiz.

Bondad-Brown, B. (2011): *Examining Traditional Television and Online Video Use in the New Media Environment: Understanding the Role of Audience Activity, Media Orientation, Generational Cohort, and Contextual Age.* Doktorego-tesia, University of California, Santa Barbara.

Bruns, A. (2008): *Blogs, Wikipedia, Second Life, and Beyond: From Production to Produsage*, Peter Lang, New York.

Castells, M. (2009): *Communication Power*, Oxford University Press, New York.

Diego-Gonzalez, P., Guerrero-Pérez, E., Etayo-Pérez, C. (2014), Televisión conectada en España: contenidos, pantallas y hábitos de visionado. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 5(1), 179-199.

Eustat (2014): Informazioaren gizartearen inkesta. http://eu.eustat.es/elementos/ele0011600/ti_2014an_Euskal_AEko_biztanleen_68k_Internet_erabiltzen_du_ehuneko_24_puntu_gehiago/not0011653_e.html#axzz3IxUIhwPb

Evans, E.(2011): *Transmedia Television. Audience, New Media and Daily Live*, Routledge, New York.

Foehr, U. (2006): *Media multitasking among American Youth. Prevalences, Predictors and Pairings*, Kaiser Family Foundation, Washington.

Findahl, O., Lagerstedt, C., Aurelius, A. (2014): Triangulation as a way to validate and deepen the knowledge about user behavior: A comparison between questionnaires, diaries and traffic measurement, in G. Patriarche et al. (arg), *Audience Research Methologogies. Between Innovation and Consolodation*, Routledge, New York, 54-69.

Flores-Ruiz, I., Humanes-Humanes, M.L (2014), Hábitos y consumos televisivos de la generación digital desde la perspectiva de los usos y gratificaciones. Estudio de caso en la Universidad Rey Juan Carlos. *Revista Mediterránea de Comunicación*, vol. 5(1), 137-155, http://mediterranea-comunicacion.org/

García-Avilés (2012), Roles of audience participation in multiplatform television: From fans and consumers to collaborators and activists. *Participations: Journal of Audience & Reception Studies*, 9 (2), http://www.participations.org/Volume%209/Issue%202/24%20Garcia-Aviles.pdf

Gordillo, I. (2009): *Manual de narrativa televisiva*, Síntesis, Madrid.

Guadagno, R.; Rempala, D.; Murphy, S.; Okdie, B (2013), What makes a video go viral? An analysis of Emotional Contagion and Internet Memes. *Computers in Human Behavior* 29, 2312–2319.

Ha, L; Leconte, D.; Savidge, J (2013), "From TV to the Internet to Mobile Phones. A national Study of U.S. College Students' multiplatform Video Use and Satisfaction", in F. Lee et ak. (arg) *Frontiers in New Media Research*, Routledge Research in Information Technology and Society, London, 278-298.

Hargittai, E; Walejko; G. (2008), The participation divide: Content creation and sharing in the digital age , Information, Communication & Society,11:2, 239-256, [http://dx.doi.org/10.1080/13691180801946150]

Jenkins, H. (2006): *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*, New York University Press, New York.

_____ (2013), Is This the End of Television As We Know It?, *Confesions of an Aca-Fan, The Official Weblog of Henry Jenkins*, [Blog mezua] Maiatzak 22, [http://henryjenkins.org/2013/05/is-this-the-end-of-television-as-we-know-it.html]

Jenkins, H.; Ford, S.; Green, J. (2013): *Spreadable Media*, New York University Press, New York.

Holt, J; Sanson, K (2013): *Connected Viewing: Selling, Streaming, & Sharing Media in the Digital Age*, Routledge, New York.

Lee, H.J.; Andrejevic, M. (2014). "Second-Screen Theory. From the Democratic Surround to the Digital Enclosure", in J. Holt; K. Sanson (arg.) *Connected Viewing. Selling, Streaming & Sharing Media in the Digital Era*, Routledge, New York, 40-61.

Livingstone, S. (2004). The challenge of changing audiences: or what is the researcher to do in the age of the internet? [online]. London: LSE Research Online, http://eprints.lse.ac.uk/archive/00000412

_____ (2013), The Participation Paradigm in Audience Research, *The Communication Review*, 16:1-2, 21-30, http://dx.doi.org/10.1080/10714421.2013.757174

Marinelli, A., Andó, R. (2014), Multiscreening and Social TV. The changing landscape of TV consumption in Itali. *VIEW Journal of European Televisión History & Culture. 3 (6)*, 24-36.

Medrano, C., Aierbe, A., eta Orejudo, S. (2009), El perfil de consumo televisivo enadolescentes: Diferencias en función del sexo y estereotipos sociales. *Infancia y Aprendizaje, 32* (3), o/g.

Medrano, C., Palacios, S., eta Barandiaran, A. A. (2007), Los hábitos y preferencias televisivas en jóvenes y adolescentes: Un estudio realizado en el País Vasco. *Revista Latina De Comunicación Social, 62*, 13-27 orr.

Pavón, A. (2014). Nerabearen eta lagun-taldearen ikus-entzunezko kontsumoa 2011n: Gipuzkoako kasu-azterketa. Tesia, Mondragon Unibertsitatea [argitaratu gabea].

Purcell, K. (2013): *Online video 2013*, Pew Research Center's Internet & American Life Project, Washington. http://pewinternet.org/Reports/2013/Online-video

Scolari, C.A. (2009), Transmedia storytelling: Implicit consumers, marrative worlds and branding in contemporaru media production. *International Journal of Communication 3* (3), 586-606 orr.

_____ (2013a), La TV después del broadcasting: hipertelevisión, redes y nuevas audiencias. *Hipermediaciones*,[Blog mezua], Ekainak 15. [http://hipermediaciones.com/2013/06/15/la-tv-despues-del-broadcasting-hipertelevision-redes-y-nuevas-audiencias/]

_____ (2013b): *Narrativas transmedia. Cuando todos los medios cuentan*, Deusto, Barcelona.

Smith, A.; Boyles, J.L. (2012) *The Rise of the 'Connected Viewer'*, Pew Research Center's Internet & American Life Project, Washington. [http://pewinternet.org/Reports/2012/Connected-viewers.aspx]

Robertson, J.V. (2012). Mobile Device Viewing Behaviors of College Students, TESIA, University of Pensilvania.

Tryon, C.; Dawson, M. (2014): "College Students and Connected Viewing", in J. Holt; K. Sanson (arg.) *Connected Viewing. Selling, Streaming .& Sharing Media in the Digital Era*, Routledge, New York, 217-231.

Vainikka, E. ; Herkman, J. (2013), Generation of content-produces? The reading and media production practices of young adults. *Participation. Journal of Audience & Reception Studies*, 10, nº2, 118-138.

Van Dijck (2009). Users like you? Theorizing agency in user- generated content. *Media, Culture & Society*, 21:41-58.

Zuberogoitita, A.; Arana, G.; Bidegain, E.; Egaña, T. (2013). Sormen-ekosistema bat euskarazko komunikazioarentzat. *Bat. Soziolinguistika aldizkaria*, 89 (4), 45-60.

# Ebolaren gizarte irudikapena Euskal Herrian: nola ulertu, hauteman eta sentitu dugu?

**Idoiaga, N., Gil de Montes, L. eta Valencia J.**

*Psikologia eta Portaera Zientzien Metodologia Saila, Psikologia Fakultatea (EHU)*
nahia.idoiaga@ehu.es

***Laburpena***

Gizartea mehatxatzen duten fenomeno berriak ulertzeko, adibidez egungo ebola izurritea, beraiei buruzko esanahi partekatuak eraikitzen ditugu, hots, gizarte irudikapenak. Gizarte irudikapenen bidez, ebolari esanahia emateaz gain, arriskuaren hautemate maila eta emozioak ere bideratzen dira. Lan honek 294 pertsonak ebola nola ulertu, hauteman eta sentitu duten neurtu du. Emaitzek adierazi dute, ebola Afrikarekin lotutako gaixotasun arriskutsu gisa irudikatu dela. Halere, izurritearekiko norberaren arrisku hautemate eta beldur mailak ez dira oso altuak izan. Honen arrazoia, izurriteak behin eta berriz agertzeak, sortutako nekeak edota izurriteekiko bete ez diren aurreikuspen izugarriak izan daitezke. Honenbestez, egungo ebola izurritea ulertzeak etorkizuneko osasun krisiei aurre egiteko lanabesak eskainiko dizkigu.

Hitz gakoak: Arrisku hautematea, Ebola, Emozioak, Gizarte Irudikapenak, Osasun izurriteak.

***Abstract***

*To understand the new phenomena that threaten our society, such as the current ebola outbreak, we build shared meanings, that is, social representations. Social representations make the ebola be understandable and also channeled the risk perception and emotions. This work analyzed how 294 people understood, perceived and felt for ebola. The results showed that the ebola is represented as a dangerous disease linked to Africa, but in the Basque Country creates mild risk perception and fear. This could be explained by the fatigue created by the incessant reappearance of epidemics or because the tragic predictions of epidemics almost never become real. What is clear is that these factors directly influence the way to face emerging infectious diseases.*

*Keywords: Ebola, Emerging infectious diseases, Emotions, Epidemic, Risk perception, Social representations.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Mundu mailako osasun izurriteak azken hamarkadetan behin eta berriz pil-pilean izan ditugu. Berauen zabalkunde azkarrak eta sortutako mehatxu fisikoak zein sinbolikoak gizartea bereziki izutu du. 2014. urteko udaberritik hona, inoiz jasaniko ebola izurrite handiena ari da gertatzen Afrika mendebaldean eta bere oihartzuna ikaragarria izan da mundu osoan zehar. Ebolaren kutsakortasun eta hilkortasun mailek alerta egoeran jarri dituzte mundu osoko herrialdeak. Baina, nola ulertu edota irudikatu dugu izurrite hau Euskal Herrian? Nolako arrisku hautematea sortu du ebolak? Edota zein sentimendu edo emozio sortu ditu biztanlegoan? Eskuartean dugun lan honek ikerketa galdera hauei erantzungo die Gizarte Irudikapen Teoria oinarritzat hartuaz.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

### 2.1 Nola ulertu edo irudikatu dugu ebola?

Gizarte Irudikapenen Teoriak (GIT) jendeak beraien eguneroko bizitzan fenomeno berriak nola ulertzen dituen deskribatzen du (Moscovici, 1984). Hau da, gizarte irudikapenak, pertsonek ezagutzen duten mundua antolatzeko eta ulertzeko erabiltzen dituzten uste, esanahi, jarrera eta irudi sistemak dira. Laurogeita hamargarren hamarkada erdialdetik hona, behin eta berriz azaldu izan diren osasun izurriteek orain arte pentsaezina zen zabalkunde gaitasuna izan dute. Horren ondorioz, beraietaz dagoen jakintza zientifiko zehatzetik haratago mundu osoko biztanleek beraiei buruzko ideia edo irudikapen partekatuak eraiki dituzte.

Aipaturiko oinarri teorikoa sustatuz, Joffek (2002) Britainia Handiko prentsak eta biztanleriak 1995eko Zaireko (orain Kongoko Errepublika Demokratikoa) ebola izurritea nola ulertu zuten aztertu zuen. Ikerlari honen ondorio nagusia, bai prentsan eta baita biztanleengan ere, ebolaren irudi komun bat zegoela izan zen, non berau afrikar bezala, Afrikako ohiturekin lotua eta britainiarrekin zerikusi gutxi zuen gaixotasun gisa irudikatzen zen. Gainera, mendebaldeko gizartea, bere osasun sistema medio, ebolarekiko irazgaitz zela uste izan zuten. Halere, aipatu beharra dago ikerketa hau ez zela "krisi momentuan" zuzen-zuzenean burutu, zenbait urte beranduago baizik. Hori dela eta, erantzunek euste maila izan zezaketen (Joffe, 2011). Gaixotasun kutsakorraren zabalkundearen errua kanpoko "beste"-en talde bati leporatzea, ebola eta Afrikarekin gertatu zen bezala, mundu osoan zehar burututako ikerketetan errepikatu den joera izan da (Joffe & Staerklé, 2007, Joffe, 1999, Joffe & Bettega, 2003, Washer, 2004, Joffe & Lee, 2004).

Arazo nagusia, gaixotasuna "gu" bezalako pertsonoi ere eragiten hasten denean gertatzen da, gaixotasuna "besteekin" bakarrik lotzea zaila baita. Kasu horietan, gobernu, zein agintari edo sektore industrial ezberdinetako buruzagiak errudunduntzat jo izan dira gaixotasunaren sorrera aurrean egoera ondo ez kudeatzeagatik, ustelkeriagatik eta arazoa ezkutatu nahian baldintzak okertzeagatik zabalkundea bultzatuaz (Washer, 2010). Gainera, izurriteetako eragile kolektiboak ere identifikatu dira ikerketetan (Wagner-Egge et al, 2011). Era horretan, osasun krisietako heroiak ikerlariak (zientzialari, mediku, etab.) izan ohi dira. Bilauak ordea, alde batetik komunikabideak, beldurraren erabilpen interesatua egiteagatik eta goi mailako botereen txotxongilo hutsak izatea leporatuta, eta bestalde, industria farmazeutikoarekin lotutako enpresa pribatuak. Azkenik, biktima gisa herrialde pobre eta azpigaratuak hauteman dira batik bat.

### 2.2 Nolako arrisku hautematea sortu du ebolak?

Osasun izurrite berriak, eta batzuetan berauen mehatxu soilak, "Arrisku Gizarte"-aren (Beck, 1992) adibide argiak izan dira arreta publikoa bereganatu baitute eta baita mundu mailan arrisku diskurtsoak indartu ere (Washer, 2010). Honenbestez, arrisku hautematea norbanako ebaluazio subjektibo gisa ulertzetik haratago, prozesu kolektibo bezala ere ulertu beharra dago. GIT-aren arabera, pertsonek partekatzen dituzten ideia komunetan oinarriturik aztertu beharko litzateke arriskua, horrela berari ematen zaion esanahia ulertzeko.

### 2.3 Zein sentimendu edo emozio sortzen ditu ebolak biztanlerian?

GIT-aren ustetan, emozioek ez dute kognizioa desitxuratzen, biak baitira arrisku erantzunaren alde anizkoitzak (Höijer, 2011). Horregatik, emozioak eta hautematea lotzen dituen kateak gizakion osasunerako berebiziko garrantzia du (DeSteno, Petty; Johnson & Tversky, 1983; Waters, 2008; O`Neil & Humle 2009). Hau da, arrisku hautematea altua denean, pertsonen erantzun emozionala eta haien sumindura ere altuak dira (Millstein, 2003).

Gizarte irudikapenen arloko ikerketek (Smith & Joffe, 2012) emozioek pentsamendu sinbolikoan duten garrantzia nabarmentzen dute, edozein gai ezagun eta ulerkor bihurtzeko lanabesatzat joaz. Bestalde, osasun izurrite baten aurrean badaude alerta edo zelata funtzioak bete ditzaketen emozioak, beldur edo haserreak sorturikoak; baina baita konponbide bila edo ekintzara bultzatuko gaituzten emozioak ere (Higgins, 1998).

### 2.4 Helburu eta hipotesiak

Lan honen helburu nagusia, 2014ko udaberritik Afrika mendebaldean piztuta dagoen ebola izurriteak Euskal Herriko biztanleen gizarte irudikapenetan izan duen eragina aztertzea da. Baita, ebolak pertsona hauen arrisku hautematean eta emozioetan izandako eragina ikertzea ere.

Lehenik, kolektiboki ebola afrikar bezala, afrikar ohiturei lotua eta afrikar biktimak eragiten dituen izurrite gisa irudikatzea espero dugu. Baina, egungo izurritearen tamaina eta arrisku gizartearen hautematea direla medio, pertsonen irudikapen partekatuek mundu mailako zabalkundeari eta kutsatzeari beldurra izatea ere espero da. Bestalde, izurrite honetako bilauak alde batetik industria farmazeutikoa eta komunikabideak izango direlakoan gaude, baina,

mendebaldean gaixotasun honen kutsatzeak gertatu ahala, gobernuak ere bilau gisa identifikatuko direla uste dugu.

Bigarrenik, ebolak sortutako arrisku hautemateari dagokionez, arrisku gizartearen barnean, mundu mailako mehatxu gisa adieraziko dela pentsatzen dugu. Halere, norberarentzako arrisku hautematea arrisku hautemate orokorra baino txikiagoa izatea espero da. Gainera, ebolarekiko arrisku hautematea berarekiko pertsonek duten erantzun emozionalarekin lotuta egongo dela ere uste dugu. Espresuki, ebolak beldur emozioak sortzea espero da baina baita haratago joan eta beste emozio esparru batzuetan eragitea ere.

3. Ikerketaren muina

**3.1 Metodoa:** Ikerketan Euskal Herriko 294 pertsonak hartu zuten parte (%76.2 emakumea, $M_{adina}$= 32.38 urte, DT=15.75). Ad-hoc eginiko galdesortak 3 ariketa izan zituen. Lehenengoa asoziazio aske ariketa bat "Zer datorkizu burura ebola hitza entzutean?" galdetu zelarik. Ariketan lortutako erantzunak aztertzeko analisi lexikalerako Alceste softwarea erabili zen (Reinert, 1990, 1996).

Bigarrenik, ebolak sortutako arrisku hautematea neurtzeko ondorengo 1-5 arteko likert eskaladun galderak aurkeztu genizkien parte-hartzaileei: "Zein mailatan uste duzu ebola arriskutsua dela orokorrean?" eta "Zein mailatan uste duzu ebola arriskutsua dela zuretzako?".

Hirugarrenik, ebolak sortutako erantzun emozionala aztertzeko ondorengo galdera burutu zen: "Baloratu, zein mailatan sentitu dituzun ondorengo emozioak egungo ebola izurritearen ondorioz momentu honetan edo azken astean". Emaitzak 5 puntuko eskala batean neurtu ziren. Gero aztertutako emozioak ondorengo eran taldekatu ziren: "Interesa": arreta eta interesa ($\alpha_{cronbach}$ = 0.80); "Beldurra": tentsioa, disgustua, izualdia, urduritasuna, larritasuna eta beldurra ($\alpha_{cronbach}$ = 0.93); "Haserrea": haserrea, sumindura, erruduntasuna, lotsa ($\alpha_{cronbach}$ = 0.81) eta "Ekintza": energia, ekintzarako gogoa, erabakitasuna eta aktibotasuna ($\alpha_{cronbach}$ = 0.86).

**3.2 Emaitzak**

**Nola ulertu edo irudikatu dugu ebola?**

Asoziazio askean lortutako emaitzak Alceste softwarearen bidez aztertu ziren. Corpus osoan 17.572 hitz zeuden eta 6 klase edo ideia nagusi eratorri ziren. Lehenengo klaseak "Ebolaren zabalkundeari beldurra" %28.25eko pisua izan zuen, bigarrenak "Farmazeutiken interesak eta beldurraren zabalkundearekin erlazioa" %18.18-a, hirugarren klaseak "Ebolaren kutsatzea eta arriskua" %14.61-a, laugarren klaseak "Ebola Afrikan" %16.23-a, bosgarren klaseak "Teresa Romeroren kasua eta gobernuaren eta komunikabideen kudeaketa txarra" %11.69-a eta seigarren klaseak "Ebolaren etiologia" %11.04-a.

**Nolako arrisku hautematea sortu du ebolak?**

Parte-hartzaileek ebola arrisku garrantzitsu bezala hauteman zuten, izan ere 1etik 5erako eskala batean 4.22an (*DT*=0.93) kokatu zuten bere arrisku maila orokorra. Halere, norbere edo *self*-aren arrisku maila esanguratsuki baxuagoa $t(292) = 29.88$, $p < .001$ izan zen 2.02-ko (*DT*=1.20) bataz bestekoa izan zuelarik. Gainera, korrelazio esanguratsua aurkitu zen bi aldagaien artean, geroz eta altuagoa izan arrisku hautemate orokorra orduan eta altuagoa izan zen norberarentzako arrisku hautematea ere $r = .31$, $p < .01$.

**Zein sentimendu edo emozio sortu ditu ebolak biztanlerian?**

Emozio talde ezberdinak aztertuaz ondorioztatu zen ebolak batez ere interesa sortu zuela (*M*=3.18; *DT*=1.03), beldurraz jarraiki (*M*=2.70; *DT*=1.07), gero haserreaz (*M*=2.47; *DT*=1.17) eta azkenik ekintza emozioez (*M*=1.71; *DT*=0.83). Hainbat korrelazio analisi burutu ziren arrisku hautematea eta emozio talde ezberdinen artean eta lehenik eta behin, behatu zen arrisku hautemate orokorra geroz eta handiagoa zen heinean, orduan eta altuagoa zela beldurra $r = .32$, $p < .001$. Bigarrenik, emaitzek adierazi zuten norberarekiko arrisku hautematea geroz eta handiagoa zenean, orduan eta altuagoak zirela ebolak sortutako beldurra $r = .41$, $p < .001$ eta ekintza emozioak $r = .15$, $p < .01$ $r = -.15$, $p < .001$ baina baxuagoa haserre emozioak $r = -.15$, $p < .001$. Interes emozioek ez zuten korrelaziorik izan arrisku hautematearekin.

## 4. Ondorioak

Lan honetatik eratorritako emaitzek osasun izurriteak, eta bereziki ebola ulertzeko, hautemateko eta sentitzeko dugun eran gako garrantzitsuak plazaratu dituzte, guk planteatzen genituen hipotesi nagusiak bete direlarik.

Lehenik eta behin, ebolaren irudikapen partekatuei dagokionez, nahiz eta aurreko ikerketetan bezala (Joffe, 2002) oraindik orokorki ebola Afrikan kokatzen den (4. klasea), bere zabalkunde (1. klasea) edo kutsatze arriskuaren aurrean (3. klasea) beldurrak berebiziko indarra hartzen du, klaseen pisuaren ia erdia (%42,35) dutelarik aipaturiko azken bi hauek. Hau da, arrisku gizartearen (Beck 1992) teoriak aurresan bezala, mundu mailako mugen iragazkortasuna geroz eta handiagoa dela hautematen du jendeak eta horregatik, osasun izurriteak arrisku berri gisa mundu mailako arazotzat jotzen dira. Bestalde, parte-hartzaileek izurritea kokatzeko unean, Teresa Romeroren kasuak zabalkunde posibilitate horren adierazgarri izanik, garrantzia berezia hartzen du. Halaber, kutsatzea norbere herrialdera hurbiltzearekin bat gobernuei leporatutako erruduntasun maila eta haiekiko haserrea ere nabarmenki igo ziren. Jarrera hau, gizarte irudikapenen teorian, gaixotasuna besteen taldearekin, hau da Afrikarrekin bakarrik lotu ezin denean eta norbera bezalako jendeari ere eragiten hasten denean ematen den ohiko erruduntze prozesu bezala deskribatzen da (Washer, 2006). Azkenik, izurrite honetako bilau nagusiak, farmazeutikak (2.klasea), komunikabideak eta gobernua (5.klasea) izan direla ikus dezakegu, farmazeutikei kosta ahala kosta aberastea, komunikabideei informazioaren kudeaketa txarra eta gobernuari krisiaren aurrean kudeaketarako gaitasun eza leporatuaz. Honenbestez, ikerlan honetan ebola ulertzeko erari eta gai honi buruz dauden gizarte irudikapenei buruz planteatzen genituen hipotesiak bete izan dira.

Bigarrenik, ebolak sortutako arrisku hautemateari dagokionez, pertsonen arrisku hautemate orokorra oso altua izan da, baina aldiz, norberarentzako hautemandako arriskua askoz txikiagoa. Horrela, gaixotasuna “besteekin” lotzearen beste adibide garbi bat agertzen zaigu. Hots, arrisku gizartean bizi gara eta arriskuak geroz eta zabalkunde azkarragoa du baina oraindik ebola bezalako osasun izurriteen aurrean, self-a babestuta ikusten dugu, arazoa “besteei” lotuaz batik bat.

Azkenik, ebola sentitzeko erari dagokionez, batez ere interesa sortzea deigarria da, beldurrak eta haserreak erdi mailako balioak izan dituztelarik. Osasun izurriteek sortutako norberekiko arrisku maila eta beldurra berebizikoa ez izatea ikuspuntu ezberdinetatik azaldua izan da. Hasteko, baliteke osasun izurrite mota hauek gizartean behin eta berriro agertzeak sortutako nekearekin lotuta egotea (Joffe, 2011). Hau da, sarritan ezerezean geratu den alarma iraunkor horrek mendebaldeko gizartean osasun izurriteekiko hausnarketan abaildura sortu izana eta ondorioz izurriteekiko herstura, ardura eta beldurra baxuak izatea. Halere, beste korronte batzuen ustetan (Sherlaw & Raude, 2013) izurriteekiko lasaitasun hau, izurriteen aurreikuspen eta ondorio errealen artean dagoen langa handiak sortu du. Aurreikuspen horietan sarritan egon ohi den diskurtso alarmista eta izu metaforadunak ezerezean geratzeak gure gizarte igurikapenetan ainguraturik geratu dira eta egun bizi ditugun osasun krisietan ere eragina dute.

Horrez gain, arrisku hautemate eta emozioen arteko lotura deigarria da. Argi geratu da arrisku hautematea geroz eta handiagoa izan altuagoa dela pertsonek sentitu duten beldurra. Hau bereziki nabarmena da arrisku hautemate hori norberarekiko denean. Honenbestez fenomeno honek nolabait ekintzara bultza gaitzake, izurritea ekiditeko edo bere kontra borrokatzeko aholkuak jarraituaz. Baina era berean alarmismora ere bultza gaitzake, justu kontrako efektua sustatuaz (Rubin, 2010). Halaber, haserreak ere, adibidez osasun izurriteetako bilauekiko sentitutakoak, arrisku hautematea gutxitu lezake eta arazo bihur daiteke etorkizuneko osasun izurriteei aurre egiteko. Nekea haserre bihurtzen bada, azken honek arriskuaren hautematean soslaia sortu ahal izango baitu.

Beraz, laburbilduz, Euskal Herrian ebola oraindik Afrikarekin lotzen dugu, nahiz eta arrisku gizartearen barnean bere kutsatze edota zabalkunde arriskuak bereziki arduratzen gaituen. Halere, arrisku maila horretan gure burua esanguratsuki babestuta ikusten dugu “besteekin” erkatuaz. Gainera, ebolarekiko sentitzen dugun beldur pertsonal maila ere ez da berebizikoa.

Fenomeno hau, ebola Afrikarrekin lotzetik haratago, izurriteekiko gizartean sortutako nekeak edo beraiekiko egon ohi diren gehiegizko aurreikuspen larriak bete ez izanak azal lezake. Guzti honek, hein batean, gizartean pandemiekiko eta bereziki bertako bilau kontsideratzen diren farmazeutika, komunikabide eta gobernuekiko haserrea sortzea dakar, etorkizunean haserre honek ondorio larriak izan ditzakeelarik izurriteak hautemateko eran. Hau da, epidemiei aurre egiteko dugun era nolabait aurrekoetan bizitako esperientziak bideratzen badu, (Sherlaw & Raude, 2013) premiazkoa da egungo ebola izurritea nola ulertu, hauteman eta sentitu den sakonki jakitea.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunera begira, eta lan hau osatzeko, ezinbesteko ikusten dugu ebolari buruzko gizarte irudikapenen, arrisku hautemateen eta emozio sortzaileen iturriak identifikatzea. Hau da, ebolak gizartean duen inpaktua izurrite honetatik haratago doa eta hori dela eta etorkizuneko osasun krisiei aurre egiteko funts bilakatu daiteke. Baina, zerk baldintzatzen du ebolaren gizarte irudikapenen eraikuntza prozesua?

GIT-ak historikoki defendatu izan du fenomeno edo krisi berriei buruzko esanahi partekatuak komunikabideen diskurtsoak eta albisteak plazaratzeko erak nabarmenki bideratzen dituztela. Izan ere, komunikabideek osasun izurriteak testuinguru globalean kokatzen dituzte, material mediatikotik haratago engaiamendu publikoa ere sorraraziaz (Joffe, 2011). Gaur egun, oraindik haratago joango ginateke eta komunikabide tradizionalez gain, sare sozial berriak ere gizartean osasun krisiak ulertzeko gako bihurtu direla azpimarratuko genuke. Beraz, etorkizuneko erronka gisa ezinbestekoa deritzogu ebola izurritea sozialki irudikatzeko eran bi komunikabide mota hauen indarrak biztanlerian izandako eragina aztertzea, etorkizuneko pandemiei aurre egiteko era eraginkor batean gako izan baitaitezke.

## 6. Erreferentziak

Beck, U. (1992). *The risk society: towards a new modernity*. London: Sage

DeSteno, D., Petty, R.E., Wegener, D.T., & Rucker, D.D. (2000). Beyond valence in the perception of likelihood: The role of emotion specificity. *Journal of Personality and Social Psychology, 78*, 397-416. DOI:10.1037/0022-3514.78.3.397

Higgins, E.T. (1998). Promotion and prevention: Regulatory focus as a motivational principle. En M. Zanna (Eds.), *Advances in Experimental Social Psychology* (pp. 1-46). New York: Academic Press.

Höijer, B. (2011). Social Representations Theory: A new theory for media research. *Nordicom Review 32*(2), 3-16

Joffe, H. (1999). *Risk and the other*. Cambridge: Cambridge University Press.

Joffe, H. (2011). Public apprehension of emerging infectious diseases: are changes afoot?. *Public Understanding of Science 20*(4)**,** *446–460.* DOI: 10.1177/0963662510391604

Joffe H., & Bettega, N. (2003). Social representation of AIDS among Zambian adolescents. *Journal of Health Psychology, 8*, 616–31. DOI:10.1177/13591053030085011

Joffe, H., & Haarhoff, G. (2002). Representations of far-flung illnesses: The case of Ebola in Britain. *Social Science and Medicine, 54*, 955–969. DOI:10.1016/S0277-9536%2801%2900068-5

Joffe, H., & Lee, N. Y. L. (2004). Social representation of a food risk: The Hong Kong avian bird flu epidemic. *Journal of Health Psychology, 9*, 517–533. DOI:10.1177/1359105304044036

Joffe, H., & Staerkle, C. (2007). The centrality of the self-control ethos in Western aspersions regarding outgroups: A social representational analysis of common stereotype content. *Culture and Psychology, 13*, 395–418. DOI:10.1177/1354067X07082750

Johnson, E.J. & Tversky, A. (1983). Affect, generalization, and the perception of risk. *Journal of Personality and Social Psychology ,45*, 20–31.

Millstein, S.G. (2003). Risk perception: Construct development, links to theory, correlates,and manifestations. En D. Romer (Eds.), *Adolescents as decision makers: Affect, risk perception, and behavior* (pp. 35–43). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Moscovici, S. (1984). The phenomenon of social representations. In R.M. Farr & S. Moscovici (Eds.), *Social representations* (pp. 3–71). Cambridge: Cambridge University Press.

O'Neill, S., & Hulme, M. (2009). An iconic approach for representing climate change. *Global Environmental Change, 19,* 402-410.

Reinert, M. (1990). Alceste, une méthode d'analyse des données textuelles. Application au texte «Aurélia de Gérard de Nerval. *Bulletin de Méthodologie Sociologique, 26*(1), 25-54. DOI:10.1177/075910639002600103

Reinert, M. (1996). *Alceste* (Version 3.0). Toulouse: Images.

Rubin, G., Potts, H. & Michie, S. (2010). The impact of communications about swine flu (influenza A H1N1v) on public responses to the outbreak: results from 36 national telephone surveys in the UK. *Health Technology Assessment*, 14, 183–266.

Sherlaw, W. & Raude, J.(2013) Why the French did not choose to panic: a dynamic analysis of the public response to the influenza pandemic. *Sociology of Health & Illness 35* (2), 332–344. doi: 10.1111/j.1467-9566.2012.01525.x

Smith, N. & Joffe, H. (2012). How the public engages with global warming: A social representations approach. *Public Understanding of Science, 0*(0), 1-17. DOI:10.1177/0963662512440913

Wagner-Egger, P., Bangerter, A., Gilles, I., Green, E. G. T., Rigaud, D., Krings, F. Starkle, C. & Clémence, A. (2011). Lay perceptions of collectives at the outbreak of the H1N1 epidemic: Heroes, villains and victims. *Public Understanding of Science, 20,* 461–476. DOI:10.1177/0963662510393605

Washer, P. (2004). Representations of SARS in the British newspapers. *Social Science and Medicine, 59,* 2561–2571. DOI:10.1016/j.socscimed.2004.03.038

Washer, P. (2010) *Emerging Infectious Diseases and Society*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Waters, E.A. (2008). Feeling good, feeling bad, and feeling at-risk: A reviewof incidental affect's influence on likelihood estimates of health hazards and life events. *Journal of Risk Research, 11*(5), 569-595.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau Eusko Jaurlaritzak emandako PREDOC beka bati esker burutua izan da.

# Ingurune euskalduneko gazteak eta hizkuntza idatzia

Bereziartua Etxeberria G.
*garbibere@gmail.com*

## *Laburpena*

Gazteek idatzizko hizkuntza erabiltzen duten eremua ez da mugatzen eskolaren lau hormetara. Azken urteetan teknologiak izandako garapenak eta horren baitan sortu diren komunikatzeko bide berriek hizkuntza erabiltzeko gune eta modu berriak sortarazi dituzte. Kasu honetan, hizkuntza gutxitu baten testuinguruak eskaintzen duen aberastasunaren barruan uztartu nahi izan ditugu teknologia eta gazteak. Euskal Herriaren barruan askotarikoak dira errealitate soziolinguistikoak, baina oraingoan hizkuntza gutxitua nagusi den ingurune batean jarri dugu begia.

Hitz gakoak: Gazteak, idatzizko hizkuntza, teknologia, ingurune euskalduna, hizkuntza-ukipena.

## *Abstract*

*The sphere in which young people use written language is not restricted to the four walls of school. The development in technologies over the last few years and, within them, the new means of communicating, have created new spaces and ways of using the language. In this case, we set out to bring together young people and technology within the wealth offered by the context of a minority language. Within the Basque Country there are all kinds of sociolinguistic realities, but on this occasion the aim was to focus on an environment in which the minority language becomes a major one.*

*Keywords: Young people, written language, technology, Basque-speaking environment, language contact.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Azken urteetan teknologia asko ari da garatzen, eta gure bizitzetan bere tokia hartzen ari da. Batetik, teknologiaren garapenarekin komunikatzeko bide berriak sortzen ari dira eta, horien baitan, komunikatzeko modu berriak garatzen ari dira. Eta, nola ez, eremu horretan erabiltzen den hizkuntza garai eta moduetara egokitzen ari da. Bestetik, gaur eguneko nerabe eta umeak dira teknologia horiek txiki-txikitatik barneratzen ari direnak. Bi alderdi horiek izan dira ikerketa honen abiapuntu.

Gure interes-guneak zehaztu eta jakinmina asetzeko, ingurune euskaldun bateko gazteen idatzizko hizkuntzari begira jarri gara. Gaur eguneko gazteek idatzizko hizkuntza asko erabiltzen dute, bai eskolaren testuinguruan eta bai eskolatik kanpokoan. Eta guk hori aztertu nahi izan dugu, beti ere hizkuntza gutxitu baten testuinguruan egoteak alderdi horiei eransten dien aberastasuna eta konplexutasuna kontuan hartuta.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

### 2.1 Hizkuntza-ukipen egoerak

Azpeitia sozioliniguistikoki oso euskalduna den testuingurua da, baina hala ere hizkuntza bat baino gehiago elkarreraginean dauden testuinguru bat da, munduko toki asko bezala. Munduan zehar herrialde askotan aurki daitezke harremanetan dauden bi hizkuntza edo gehiago (Todeva eta Cenoz, 2009).

Hizkuntza bat baino gehiago kontaktuan daudenean, hainbat fenomeno sortzen dira harreman horren ondorioz. Eta gehien aztertu den fenomenoetako bat kode-aldaketarena (code-switching) izan da (Esnaola, 2000; Edwards, 2008). Eta kodeak nahaste horren atzean dauden arrazoien bila ikertzaile asko aritu izan da (esaterako: Gumperz, 1982; Grosjean, 1982, 2010; Muñoa, 2002; Pitkänen-Huhta eta Nikula, 2013). Aipatu izan dituzten arrazoien artean daude, besteak beste: hutsune linguistikoak betetzea, esapide jakin batzuk adierazkortasun gehiago edukitzea beste hizkuntzan, estatusa igotzea, distantzia soziala sortzea, norbait baztertzea, aditutasuna azpimarratzea edota umorezko zenbait adierazpenek beren funtsa galduko luketela itzuliz gero.

Horrekin batera, hizkuntzen aukeraketan eragiten duten faktoreen gaia asko landu izan da soziolinguistikaren eremuan, eta faktore horiek sailkatzeko hainbat proposamen egin izan dira. Sailkapen horiek Euskal Herrira egokitu dituenetako bat Martínez de Luna (2001) izan da, eta hari horri tiraka Soziolinguistika Klusterrak (2009) gazteen hizkuntza-erabileran eragiten duten faktoreak aztertu zituen.

## 2.2 Gazteak

Højrup eta Møller-ek dioten bezala (2010:227): "The language user can refer to a certain group by using one specific expression, one vocabulary or other linguistic features". Esnaolak (1998) ere esaten du gazteek beren identitate propioa eraiki nahi dutela, gainontzeko adin-taldeetatik bereizteko, eta horretarako erabiltzen duten baliabideetako bat hizkuntza dela. Testuinguru horretan, "dibergentzia" hitza erabiltzen du Esnaolak (1998), "inklusioa eta esklusioa" Le Page eta Tabouret-Keller-ek (1985), edota "social marker" Vermeij-ek (2004).

Gazteak, hizkuntza eta identitatea ikertzeari heldu izan dio hainbat soziolinguistak (Jørgensen, 2010). Androutsopoulos-ek (2005) dio, 1980ko hamarralditik aurrera geroz eta ikerketa gehiago egin izan direla gazte-hizkeraren inguruan, eta hainbat modutara deitu izan zaiola, esaterako: langue des jeunes edo parler jeune frantsesez, lingua dei giovani italieraz, jugendsprache alemaneraz, ungdomsspråk suedieraz, teenage talk edo teenage speech ingelesez., eta abar. Eta beste argitalpen batzuetan ikusten dugu adiera berriak ere asmatu direla, esaterako "slang" terminoa erabiltzen dute Stenström, Andersen eta Hasund-ek (2002) beren liburuan.

Hala ere, Stenström, Andersen eta Hasund-ek (2002) esaten dute gazteek beren hizkuntza egokitu egiten dutela ingurune sozialera, eta ez dutela modu berean hitz egiten toki batean eta bestean. Eta azpimarratzen dute nerabeek badutela trebetasuna beharrezko den tokietan modu formalean hitz egiteko.

## 2.3 Teknologia

Esparru informalean eta, bereziki, teknologiaren bitartez erabiltzen den idatzizko hizkuntza ezaugarri propioak garatzen joan da. Oraindik gauzak erabat argitu gabe egon arren, eta izendapen bat ala bestea erabili arren, hizkuntza-aldaera berri bat sortzen ari dela dirudi. Crystal-en (2001) arabera, Netspeak; Varnhagen eta bere kideentzat (2010), New Language; eta Androutsopoulos-ek (2000:514) nahiago du Non-Standard Spelling izendapena erabiltzea.

Hizkuntzaren aldaera berri horren ezaugarriak sailkatzeko ahalegin bat baino gehiago egin izan dira (Androtsopoulos, 2000; Amonarriz, 2008; Varnhagen et al., 2010).

Baina, ikusitakoak ikusita, oro har airean dabilen galdera honakoa da: testuinguru informalean erabiltzen den hizkuntza idatziak kalte egiten al dio testuinguru formalekoari?

Varnhagen eta bere kideek (2010) mota guztietako iritziak bildu dituzte, baina beren ikerketak erakutsi du, prentsak eta gurasoek uste izan dezaketenaren aurka, ortografia gaitasuna (spelling ability) ez dagoela erlazionatuta berehalako mezuetan erabiltzen duten hizkuntzarekin. Diotenez, oro har ortografia hutsegiteak egiten diren arren, horiek ez daukate zerikusirik berehalako mezularitzan erabiltzen den hizkuntzaren aldaera berri horrekin.

Arlo honetako egoera ezagutu ostean, gure ikerketaren helburuak zehaztu ditugu lau puntutan. Hasteko, gauza jakina da hizkuntza bat baino gehiago ukipenean egotea ohiko gertaera dela munduan zehar eta egoera bakoitzak bere ezaugarriak izan ohi dituela. Gure ikerketa euskara nagusi den testuinguru batean gauzatu dugu (Azpeitian), baina hala eta guztiz ere bi hizkuntza edo gehiago ukipen egoeran dauden ingurune bat da. Gure ikerketarekin Azpeitiko gazteen hizkuntza-ohiturak zein diren eta beren idatzizko ekoizpenean (bereziki eskolatik kanpokoan) kodeak zein neurritan nahasten dituzten ikusi nahi izan dugu. Bigarrenez, hizkuntza bat edo bestea aukeratzeko garaian hainbat faktorek eragiten dute. Ikerketa honekin, guk aukeratu dugun testuinguruko gazteei gaztelaniara jotzeko zein faktorek eragiten dieten aztertu nahi izan dugu. Hirugarrenez, gazteak-teknologia

binomioan jarri dugu fokoa. Batetik, nerabezaroan identitatea eraikitzen joaten dira gazteak eta hor funtzio garrantzitsua betetzen du hizkuntzak; bestetik, teknologiaren garapenarekin komunikatzeko bide eta modu berriak sortzen ari dira, eta horrekin batera baita hizkuntza-aldaera berriak ere. Gaur eguneko gazteek komunikatzeko bide berri horiek erabiltzen dituzte eta gure ikerketarekin jakin nahi izan duguna da gazte horiek esparru informalean elkarren artean idatziz komunikatzen direnean erabiltzen duten hizkuntzak zein ezaugarri dauzkan. Azkenik, teknologiaren bitartez komunikatzeko erabiltzen den hizkuntza-aldaera berri horrek kezka piztu du zenbaitengan. Beraz, gure ikerketarekin ikusi nahi duguna da gazteak beren idatzizko hizkuntza testuinguru informalera nahiz akademikora egokitzeko gai al diren eta esparru informalean erabiltzen duten hizkuntzak eragiten al dion esparru formalean erabiltzen dutenari.

Behin ikerketaren helburuak zehaztuta, gure jakinmina lau ikerketa-galderatan planteatu dugu, hala nola: (1) Zeintzuk dira testuinguru euskaldun bateko gazteen hizkuntza-ohiturak eta zenbateraino nahasten dituzte kodeak? (2) Zeintzuk dira hizkuntza bat edo bestea aukeratzeko garaian eragiten duten faktoreak? (3) Zein ezaugarri dauzka gazteek esparru informalean idatziz komunikatzeko erabiltzen duten hizkuntzak? eta (4) Ikasleak gai al dira testuinguru akademikoa eta informala bereiziz hizkuntza idatzia testuinguru batera eta bestera egokitzeko?

Ikerketaren helburuak eta ikerketa-galderak kontuan hartuta, horiei erantzuna emateko prozesua diseinatu dugu. Ikerketa honetako parte-hartzaileak Azpeitiko 3 ikastetxeetako DBH-3 eta DBH-4 mailetan ikasten duten ikasleak (guztira 299, 14-16 urte bitartekoak) eta ikasle horien 8 irakasle izan dira. Eta datuak biltzeko hainbat tresna erabili ditugu: ikasleei betearazitako galde-sortak, ikasleei betearazitako hizkuntza-egunerokoak, ikasleekin egindako talde-eztabaidak, irakasleekin egindako bakarkako elkarrizketak, ikasleek sare sozialetan elkarren artean modu pribatuan izandako elkarrizketak eta ikasleek ikastetxerako egindako idazlanak.

## 3. Ikerketaren muina

Ikerketaren muina egindako ikerketa galderei erantzunez antolatu dugu.

### 3.1 Zeintzuk dira testuinguru euskaldun bateko gazteen hizkuntza-ohiturak eta zenbateraino nahasten dituzte kodeak?

Ikerketa honetan aztertu ditugun gazteen kasuan euskara nabarmen nagusitzen da beren eguneroko bizitzan.

Ikasleek esparru informalean izandako idatzizko elkarrizketak aztertzean jakin nahi izan dugun gauzetako bat gaztelania zenbateraino erabiltzen duten izan da. Horretarako gaztelaniazko hitz solteak (admitiu, apetxugau, repetiziyotan, mierda, terremotue, seguramente), esakuntzak (etoy en el facebook, ke pasa antipatika, deseame suerte) eta hitz-multzoak (a joderse, a ver, que raro, en fin, la hostia, porque) zenbatu ditugu elkarrizketa guztietan. Eta, esan dezakegu, gaztelaniazko hitz solteak eta hitz-multzoak erabiltzeko joera handia dagoela, baina ez horrela gaztelaniazko esakuntzak tartekatzeko.

### 3.2 Zeintzuk dira hizkuntza bat edo bestea aukeratzeko garaian eragiten duten faktoreak?

Maila indibidualean kokatzen diren faktoreen artean familiaren jatorria eta etxean jasotzen den input-a nabarmendu dituzte gure ikerketako ikasle nahiz irakasle gehienek.

Ikasle nahiz irakasleekin maila mikrosozialeko faktoreei buruz aritu garenean, hainbat aldagai atera dira mahai gainera. Bereziki nabarmendu dira arau sozialen eragina, gaztelania txantxa testuinguruarekin lotzea eta zenbait egoeratan euskararekin sentitzen duten baliabide falta.

Maila makrosozialean eragiten duten faktoreen artean telebista izan da gehien nabarmendu dena. Telebista eta filmei dagokienez, ikasleek esan dute ikusten duten ia telebista guztia gaztelaniaz ikusten dutela. Eta filmak ere gaztelaniaz ikusi ohi dituztela esan dute. Gainera, ikasle-talde bat baino gehiagotan esan dute telebistan entzuten dituzten esapideak beren eguneroko jardunean txertatu ohi dituztela.

### 3.3 Zein ezaugarri dauzka gazteek esparru informalean komunikatzeko erabiltzen duten hizkuntzak?

Guk nabarmendu ditugun ezaugarrien sailkapena eta bakoitzaren adibideak bildu ditugu 1. taulan:

**1. taula. Esparru informaleko testuen ezaugarriak.**

| EZAUGARRIA | | ADIBIDEA | |
|---|---|---|---|
| Euskalkia | | zarautzen jendie eongoa, zumayen anbientie eongo omen da, dixkura ezkeo | |
| Laburdurak | Hizkiak soberan (batez ere bokalak) | Kxo = kaixo, sk = eske, bstla = bestela | Bstla abr hurrengo urtin derbik gabe z inbr deun |
| | Akronimoak | ZMZ = zer moduz, DP = de puta madre, | Zmz ba azpeiti alde ortan |
| | Hizki-aldaketa homofonoak | Wapa = guapa,<br>iwal = igual,<br>by = bai | KAIXO WPA!!!<br>buenooo.....iweel<br>tarteka by |
| Ahozkora gerturatzeko | Hizkiak errepikatuta | baaai nooskii<br>zeerraaabil?<br>ezeertaan ez | |
| | Puntuazio-markak errepikatuta | etxea z ordutan?¿?<br>nik zumaira jun naett!!!<br>ustet iñor ez daola.... | |
| | Hizki larriak (oihu egiteko) | EZ ETSI! EUTSI! | |
| | Emotikoiak | :) = irribarre<br>:P = mingaina aterata<br>:S = zalantza, beldurra | muxuu haundi baat!:)<br>izenaak borrauu ee :P<br>Bier bi esamiiiñ :S |
| Dekorazioa | Hizki larriak eta xeheak nahastea | pOzztee naaaizz<br>berdU | |

### 3.4 Ikasleak gai al dira testuinguru akademikoa eta informala bereiziz hizkuntza idatzia testuinguru batera eta bestera egokitzeko?

Ikasleekin egindako talde-eztabaidetan eta irakasleekin egindako banakako elkarrizketetan esan digutenaren arabera, ikasleek erraz bereizten dituzte testuinguruak eta ez daukate arazorik hizkuntza testuinguru batera zein bestera egokitzeko.

Baina ikasle nahiz irakasleen pertzepzioak ezagutzeaz gain errealitatean gertatzen dena zer den ikusi nahi izan dugu, eta neurri haundi batean ikusi dugun horrek bat egiten du ikasle nahiz irakasleen pertzepzioekin.

## 4. Ondorioak

*4.1 Zeintzuk dira testuinguru euskaldun bateko gazteen hizkuntza-ohiturak eta zenbateraino nahasten dituzte kodeak?*

Gure ikerketan bereziki bi esparruri begira jarri gara ikasleen hizkuntza-erabilera ezagutzeko: pertsonarteko komunikazioa eta teknologia. Gure ikerketako ondorioak ateratzeko, Arrue proiektua (Soziolinguistika Klusterra, Eusko Jaurlaritza eta ISEI-IVEI, 2012) hartu dugu erreferentzia gisa.

Eskolako eremuari begira jarrita, gure ikerketaren kasuan euskarak du erabateko nagusitasuna. Arrue proiektuan (Soziolinguistika Klusterra, Eusko Jaurlaritza eta ISEI-IVEI, 2012) ateratako ondorioetako bat izan da ikasleen arteko eskolako hizkuntza-erabileran eragiten duen aldagairik eraginkorrenetako bat ikasle horiek eskolatik kanpo bizi duten errealitate linguistikoa dela. Gure

kasuan, eskolatik kanpo bizi duten errealitate linguistikoa erabat euskalduna da, eta hori bat dator Arrue proiektuan ateratako ondorioarekin.

Familian erabiltzen den hizkuntzari begira jarrita, Arrue proiektuko emaitzek erakutsi duten moduan, guk ere ikusi dugu gurasoekin euskara erabiltzen duten ikasleen kopurua baino handiagoa dela neba-arrebekin euskara erabiltzen dutenena (%75 inguru eta %85 inguru hurrenez hurren). Baina gure ikerketako emaitzen arabera, ikerketan parte hartu dutenen arteko hiru laurden ingururentzat erabat euskara da familiarekin komunikatzeko erabiltzen duten hizkuntza.

Teknologia berriei dagokienez, gure ikerketako ikasleen arteko %91k erantzun du sare sozialetan euskara erabiltzen duela. Horren atzean egon daitezkeen arrazoien bila hasita, bi dira nabarmentzekoak iruditzen zaizkigunak: testuinguru euskaldunean bizitzea eta euskalki baten jabe izatea. Zalantzarik ez dago testuinguru euskalduna izateak esparru guztietan euskara gehiago erabiltzea ekartzen duela, hori ahalbidetu eta bultzatzen duen heinean. Eta ikusi dugu euskalki baten jabe izateak ere onurak eskaintzen dizkiola hiztunari, hainbat ikuspuntutatik begiratuta.

Ikerketa honetan, hizkuntza-praktiketan kode bat baino gehiagoko elementuak nahasten direla ikusten dugu. Datuek erakusten digute euskara eta gaztelaniaren artean malgutasuna dagoela. Hiztunek bi hizkuntzetako elementuak erabiltzen dituzte, neurri handiagoan edo txikiagoan. García-k deskribatzen duen (2009) translanguaging deiturikoa gertatzen dela ikusi dugu. Ikasleek sare sozialetan elkarren artean komunikatzeko idatzitakoak aztertu ondoren eta ikasle nahiz irakasleekin hitz egin ondoren, ikusten dugu ikasleek hizkuntzak nahastu egin ohi dituztela testuinguruaren arabera. Hala ere, gure datuek erakusten dute beti ez dituztela hizkuntzak nahasten eta testuinguruaren arabera ikasleak gai direla hizkuntza batean edo bestean aritzeko.

Gure ikerketan parte hartu duten gazteen hizkuntza-errepertorioan daude, besteak beste, euskara batua, tokian tokiko euskalkia eta gaztelania. Eta horrek nahitaez Block-ek (2007) deskribatzen duen superlingual izaera ematen die. Alegia, hizkuntza bat baino gehiago jakiteak hiztuna hizkuntza horietako bakoitzean semilingual izango zela iruditzen zitzaienen kontra, hiztun hori superlingual dela esaten du Block-ek. Hizkuntza-errepertorioan daukan aberastasuna eta hori testuinguru bakoitzera egokitzeko daukan gaitasuna kontuan hartuta.

Hizkuntza gutxituen testuinguruan aurkitzen den beste ezaugarri bat izan ohi da hizkuntza gutxitu bat hitz egiten duten hiztunen artean hizkuntza gutxitua eta hizkuntza nagusia nahastea (ikus Musk, 2010). Hizkuntza gutxitu bateko hiztunek hizkuntza nagusira kodea aldatzearen atzean dauden arrazoien artean dago hizkuntza gutxitu horretan baliabide faltan sentitzea. Eta hizkuntza estandarraz gain tokian tokiko aldaerak (gure kasuan euskalkiak) eduki edota jakiteak hiztunaren hizkuntza-errepertorioa zabaltzearekin hiztunaren baliabideak ugaritu egiten ditu eta kodez aldatu beharrik ez sentitzea ekar lezake.

### 4.2 Zeintzuk dira hizkuntza bat edo bestea aukeratzeko garaian eragiten duten faktoreak?

Ikasleekin egindako talde-eztabaidetan ikusi ahal izan dugunez, maila indibidualeko faktoreen artean familiaren jatorria eta etxean jasotzen den input-a izan dira ikasle nahiz irakasleek gehien nabarmendu dituztenak. Gure ikerketa eleanitza den testuinguru batean baina hizkuntza gutxituaren arnas-gune batean gauzatu da. Oro har, gure ikasleen kasuan familiaren jatorria edo etxean jasotzen duten input-a euskalduna da, eta testuinguru soziolinguistikoa ere oso euskalduna da, beraz, ikerketa honetan ez dira horiek ikasleen euskarazko jardunean gaztelania txertatzea bultzatzen dieten faktore nagusiak. Eta horrek aukera ematen du hain indartsuak izan ohi diren bi faktore alde edukita hizkuntzaren aukeraketan eragiten duten beste faktore batzuk identifikatu eta agerian uzteko.

Maila mikrosozialeko faktoreen artean ohituren eta arau sozialen eragina eta zenbait egoeratan euskararekin baliabide faltan sentitzea izan dira nabarmendutako faktoreak. Ikerketa hau testuinguru euskaldunean gauzatu da, baina kontuan hartu behar da oro har Euskal Herrian nagusi den hizkuntza gaztelania dela eta ikerketan parte hartu duten ikasleak hain euskaldunak ez diren testuinguruetan ere mugitzen direla. Beraz, euskararentzat arnas-gune batean bizi arren, eragina saihestezina dela esan dezakegu.

Eta maila makrosozialeko faktoreen artean input mediatikoaren (bereziki, telebistaren) eragina izan da gehien nabarmendu den faktorea. Pitkänen-Huhta eta Nikula-k (2013) Finlandiako nerabeekin egindako ikerketan ere hizkuntzaren aukeraketan eta erabileran eragiten duen faktore garrantzitsutzat hartzen dute telebista eta gure kasuan ere baieztapen hori berresten dugu. Beraz, testuinguru soziolinguistikoa eta etxeko input-a bezalako faktoreak alde batetara utzita, telebistak daukan eraginaz jabetzea komenigarria dela frogatu dugu.

### 4.3 Zein ezaugarri dauzka gazteek esparru informalean komunikatzeko erabiltzen duten hizkuntzak?

Gazteek esparru informalean erabiltzen duten idatzizko hizkuntza aztertzeak bi eremu kontuan hartzea eskatzen du: batetik, gazteen hizkuntza; eta, bestetik, teknologia berrietan komunikatzeko erabiltzen den hizkuntza.

Lehenxeago aipatu dugunez, identitatea eraikitzeko orduan hizkuntzak funtzio garrantzitsua betetzen du, eta, gazteen kasuan ere, beren identitatea eraikitzeko erabiltzen duten baliabideetako bat hizkuntza da. Gure ikerketan ikusi dugunarekin ere hori baieztatu dezakegu. Ikerketan parte hartu duten gazteek esan dutenez, ez dute eskolan erabiltzen duten hizkuntza erabili nahi beren esparru informalean eta hori egiteko erabiltzen dituzten baliabideen artean euskalkia erabiltzea dago. Lehenago ere aritu gara euskalkiak edo tokian tokiko hizkuntza-aldaerek betetzen duten funtzioaz, eta hemen ere berriro hori azpimarratu nahi genuke. Hizkuntza gutxituaren biziraupenean eduki dezakeen eragina kontuan hartuta, uste dugu euskararen kasuan garrantzitsua izan litekeela tokian tokiko hizkuntza-aldaerek daukaten balioa aitortu, prestigio soziala altxatu eta beren biziraupena bultzatu edo indartzea. Eta uste dugu interesgarria ez ezik komenigarria ere badela beste hizkuntza batzuetan antzerako egoerak gertatzen al diren ezagutzea.

Teoriaren atalean azaldu dugunez, esparru informalean erabiltzen den idatzizko hizkuntzak ezaugarri propioak ditu. Gure ikerketan ikusi dugunez, idatzizkoa izan arren ahozkotik gertu dagoen komunikatzeko bide bat izateak ere ahozko komunikazioan modu naturalean trukatzen den informazio emozionala trukatzeko beharra azalerazi du. Eta horretarako baliabideak sortu eta erabiltzen dituzte. Beste ikerketa batzuetan teknologiaren bitartez komunikatzeko erabiltzen den hizkuntzaren ezaugarrien sailkapenak ikusita (Androutsopoulos, 2000; Amonarriz, 2008; Varnhagen, 2010), ikusi dugu hizkuntza bakoitzak ezaugarri propioak eduki arren, estrategia berberak erabiltzen direla batean eta bestean. Alegia, esparru informaleko idatzizko komunikazioan laburdurak erabiltzea eta informazio emozionala helarazteko estrategiak erabiltzea nazioartean eta hainbat hizkuntzatan egiten den joera bat dela ikusi dugu. Eta hizkuntzak desberdinak izan arren estrategiak unibertsalak izan daitezkeela pentsatzera eraman gaitu gure ikerketak.

### 4.4 Ikasleak gai al dira testuinguru akademikoa eta informala bereiziz hizkuntza idatzia testuinguru batera eta bestera egokitzeko?

Ikasle nahiz irakasleekin egindako elkarrizketetan jasotako informazioaren arabera eta ikasleen esparru akademikoko nahiz esparru informaleko idatzizko ekoizpena aztertu ondoren, esan dezakegu ikasleek ez daukatela inolako zailtasunik eremu akademikoa eta informala bereizteko eta erraz egokitzen dutela beren idatzizko hizkuntza testuinguru batera nahiz bestera.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa honetan hainbat gai ukitu ditugu (gazteen hizkuntza-ohiturak, kodeak nahastea, hizkuntzaz aldatzeko arrazoiak, gazte-hizkuntza, hizkuntza digitala, esparru informala eta formalaren arteko eragina) eta egoeraren argazki orokor bat egiten ahalegindu gara. Eta bi aurpegiko txanpon batekin topo egin dugu: alde batetatik, hainbat eremutako joerak ezagutzeak mosaiko aberats bat eta ikuspuntu zabal bat izaten laguntzen du; baina beste alde batetatik mosaikoa osatzen duen elementu bakoitza ezin izan dugu sakontasunez aztertu. Sakonera sakrifikatu eta zabaleraren aldeko apustua egin dugu, horrek berekin dakartzan alde on eta txar guztiekin. Hori guztia kontuan hartzeioa iruditzen zaigu aurrera begira garatu nahi diren ikerketak diseinatzerako orduan.

Ikerketan ukitu dugun gaietako bat gazteen testuinguru informaleko idatzizko hizkuntzak testuinguru formaleko idatzizko hizkuntzari eragiten al dion izan da. Gazteen testuinguru informaleko idatzizko hizkuntzaren ezaugarritzat hartzen diren horien zantzurik (laburdurak, emotikoiak eta ahozkora gerturatzeko estrategiak) ez dugu aurkitu beren esparru formaleko idatzietan. Baina ikusteko dago hizkuntza-aldaera berri horrek eragiten al dion eta, hala izatera, zein neurritan eragiten dion hizkuntzaren aldaera estandarraren estiloari eta hori erabiltzen dutenen ortografia-gaitasunari. Estiloari dagokionez, iruditzen zaigu oraindik goizegi dela egon litekeen eragina nabarmentzeko. Baina oso interesgarria izan liteke hizkuntzalaritzaren esparrutik gai horri tentuz begiratzea eta horren inguruko ikerketa zabalak eta epe luzekoak egitea.

Ortografia-gaitasunari dagokionez, joera orokor batzuk ikusi ditugu eta ez dirudi gazteen esparru informaleko idatzizko hizkuntza-aldaera berri horrek hizkuntza estandarrari kalte nabarmenik egiten dionik, baina baieztapen hori egitea ausartegia da eta, gure aldetik zintzo jokatuz, interesgarria ez ezik beharrezkoa ere ikusten dugu gai hori sakontasunez ikertzea, beharrezko ikusiz gero horren aurrean neurriak hartu ahal izateko.

## 6. Erreferentziak

Amonarriz, K. (2008). Gazte hizkerak - Hizkera gazteak. *BAT Soziolinguistika Aldizkaria*, 68, 167-183.

Androutsopoulos, J. (2005). Research on youth Language. In U. Ammon, N. Dittmar eta K. J. Mattheier (arg.), *Sociolinguistics: An international handbook of the science of language and society*, de Gruyter, Berlin, 1496-1505.

Androutsopoulos, J. (2000). Non-standard spellings in media texts: The case of German fanzines. *Journal of Sociolinguistics*, 4(4), 514-533.

Block, D. (2007). Bilingualism: Four assumptions and four responses. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 1(1), 66-82.

Crystal, D. (2001): *Language and the internet,* Cambridge University Press, Cambridge.

Edwards, J. (2008). Foundations of bilingualism. In T. K. Bhatia, eta C. R. William (arg.), *The handbook of bilingualism*, Wiley-Blackwell, Hoboken, 5-31.

Esnaola, I. (1998). Gazteen hizkera aztertzetik HEArako (Helduen Euskalduntzea eta Alfabetatzea) zenbait irakaspide. *Ele*, 18, 103-115.

_____ , (2000). Euskaraz mintzatzeko erdal "makuluak" behar? Operatzaile pragmatikoak gazte euskaldunen lagunarteko elkarrizketan. Zenbait azalpen eta erdarazko erabilerarekiko alderaketa. In T. Ormaetxea, G. Aurrekoetxea, P. Salaberri Muñoa eta P. Etxeberria (arg.), T*xillardegi - Lagun giroan*, Udako Euskal Unibertsitatea, Bilbo, 147-158.

García, O. (2009). Education, multilingualism and translanguaging in the 21st century. In A. Mohanty, M. Panda, R. Phillipson eta T. Skutnabb-Kangas (arg.), *Multilingual education for social justice: Globalising the local*, Orient Blackswan, Delhi, 128-145.

Grosjean, F. (1982). Life with two languages: An introduction to bilingualism. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

_____ , (2010). *Bilingual: Life and reality,* Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Gumperz, J. J. (1982). *Discourse strategies,* Cambridge University Press, Cambridge.

Højrup, L., eta Møller, J. (2010). 69 LOVE YA: Studies of contemporary youth language in copenhagen 2008. In J. N. Jørgensen (arg.), *Love ya hate ya: The sociolinguistic study of youth language and youth identities*, Cambridge Scholars, Newcastle upon Tyne, 226-248.

Jørgensen, J. N. (2010). The sociolinguistic study of youth language and youth identities. In J. N. Jørgensen (arg.), *Love ya hate ya: The sociolinguistic study of youth language and youth identities*, Cambridge Scholars, Newcastle upon Tyne, 1-14.

Le Page, R. B., eta Tabouret-Keller, A. (1985). *Acts of identity*, Cambridge University Press, Cambridge.

Martínez de Luna, I. (2001). Euskal herriko gaztetxoen hizkuntz egoera aztertzeko eredu orokorraren proposamena. *BAT Soziolintuistika Aldizkaria,* 40, 47-66.

Muñoa, I. (2002). Zergaitik eta zertarako erabiltzen ditugu euskara eta gaztelera solasaldi berean? *BAT Soziolinguistika Aldizkaria*, 42, 53-63.

Musk, N. (2010). Code-switching and code-mixing in Welsh bilinguals' talk: Confirming or refuting the maintenance of language boundaries? *Language, Culture and Curriculum*, 23(3), 179-197.

Pitkänen-Huhta, A., eta Nikula, T. (2013). Teenagers making sense of their foreign language practices: Individual accounts indexing social discourses. In P. Benson, eta L. Cooker (arg.), *The applied linguistic individual*, Equinox, Sheffield, 104-118.

Soziolinguistika Klusterra, Eusko Jaurlaritza eta ISEI-IVEI (2012). ARRUE proiektua eta Ebaluazio Diagnostikoa 2011: ikasleen hizkuntza erabileraren datuak.

Soziolinguistika Klusterra, Topagunea & Urtxintxa eskola (2009). Gazteen hizkuntza-erabileran eragiten duten faktoreen azterketa proiektua.

Stenström, A., Andersen, G., eta Hasund, I. K. (2002). *Trends in teenage* talk, John Benjamins, Amsterdam.

Todeva, E., eta Cenoz, J. (arg.). (2009). *The multiple realities of multilingualism: Personal narratives and researchers' perspectives*, Mouton de Gruyter, Berlin.

Varnhagen, C. K., MacFall, G. P., Pugh, N., Routledge, L., Sumida-MacDonald, H., eta Kwong, T. E. (2010). Lol: New language and spelling in Instant Messaging. *Read Writ*, 23, 719-733.

Vermeij, L. (2004). ‘‘Ya know what I’m sayin’?’’ The double meaning of language crossing among teenagers in the Netherlands. *International Journal of the Sociology of Language*, 170, 141-168.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau doktoretza tesi bat aurkezteko gauzatu zen. Hori egiteko ezinbestekoa izan da zuzendari lanetan aritu den Jasone Cenoz-en eta DREAM ikerketa-taldearen laguntza eta baita Eusko Jaurlaritzaren ikertzaileak prestatzeko diru-laguntza ere. Horrez gain, Bangor-eko unibertsitatean egindako egonaldia ere lagungarria izan da.

Eta aipatu beharra dago, testu honen bertsio osatuagoa BAT aldizkarian argitaratua izan zela.

# Aisialdiko esperientzien diseinua musika jaialdietan: Europako profesionalen profil berria

Calvo-Soraluze, J.
Aisiazko Ikaskuntzen Institutua, Deustuko Unibertsitatea
june.csoraluze@deusto.es

***Laburpena***

Ikerketa honen helburu nagusia gaur egungo musika jaialdiko kudeatzaileak, aisialdiko esperientzien diseinatzaile bezala, behar dituzten ezagutzak, gaitasunak eta balioak ezagutzea da. Ekitaldiak aldatzen ari dira eskaeraren aldaketekin batera. Pertsonak geroz eta interes gehiago dute esperientzian eta kreatibitatean eta ondorioz, jaialdiak eskaintzen duten produktua zerbitzu soiletatik esperientzietara garatzen ari dira. Sektorean dagoen egoera berri honi aurre egiteko eta aro berri honetan balio gehigarri bat eskaintzeko profesional profil berri bat garatzeko beharra dago.

Hitz gakoak: Aisialdia, Ekitaldiak, Musika Jaialdiak, Esperientzia, Zuzendaritza, Kudeatzaileen profila

***Abstract***

The main purpose of this research is to understand the knowledge, skills and values music festival managers need nowadays as generators of meaningful leisure experiences. Events are changing along with the changes in demand. People have greater interest in experiences and creativity and therefore, the product that the event industry is offering is developing from mere services to experiences. This means that there is a need for a new professional profile in the sector that is able to face the new situation and add end-user value in this new era.

Keywords: Leisure, Events, Music Festivals, Experience, Management, Manager Profile

## 1. Sarrera eta motibazioa

Gaur egun, jaialdi eta ekitaldi kulturalak aldatzen ari dira gizartean gertatzen ari diren aldaketekin batera: krisi ekonomikoa, industria sortzaile eta kulturalaren gorabeherak, sare sozialen eta aplikazio teknologiko berrien erabilera, pertsonen geroz eta interes handiagoa esperientzian eta kreatibitatean, beste batzuen artean. Aldaketa hauei aurre egin ahal izateko, jaialdi eta ekitaldien sektoreak hainbat ahultasun ditu, bereziki orain arte hezkuntza formal bat izan ez duen sektorea izan baita zuzendaritza eta antolakuntzaren aldetik. Ondorioz, sektorean dagoen egoera berriari aurre egiteko, industria geroz eta gehiago profesionalizatzeko eta aro berri honetan balio gehigarri bat eskaintzeko, profesional profil berri bat garatzeko beharra ikusten da bai Euskadi mailan bai Europa mailan ere.

Ikerketa honen beharra antzematearen iturriak eta beraz, aurrera eramatearen motibazio nagusiak hurrengoak dira:

Alde batetik, Enpresen Administrazioa eta Zuzendaritzako Lizentziatura bukatu eta jaialdi eta ekitaldi desberdinetan lan egin ondoren ikusitako hutsune edo gabeziak eta aldi berean, hauek gizartera ekarri dezaketen onurak antzemanda, gaiari buruz gehiago sakontzeko nahia.

Bestalde, *Aarhus School of Business* Danimarkako unibertsitatean industria sortzaileen inguruan egindako MBAn aurrera eramandako tesinan gehiago sakontzeko nahia. Tesina hau *Understanding leadership in music festivals –The analysis of management dilemmas* deitu zitzaion eta *Lambert Academic Publishing* Alemaniako argitaletxe akademikoak publikatu zuen.

Azkenik, abesle eta konpositorea izanik, musika eta jaialdi kulturalen industrian sakontzeko eta sektorea geroz eta gehiago profesionalizatzeko nahia. Horrela, Euskadi mailan sektore konpetitiboa bihurtzeko aukera izan dadin.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Jaialdiak eta ekitaldi kulturalak geroz eta garrantzitsuagoak dira gaur egungo gizartean, maila ekonomikoan, sozialean, gizabanakoan eta ingurumenean sortzen dituen eragin positiboak direla eta (Lee eta Crompton 2003; Goldblatt, 2005; Getz, 2005, 2010; Pitts 2004, 2005; Sherwood 2007; Karlsen eta Brandstrom 2008; Rivera *et al.* 2008; Rowley eta Williams 2008; San Salvador del Valle 2009, 2011). Jaialdiak hiritarren denbora-pasa bat baino gehiago bihurtu dira, potentzialki aisialdiko esperientzia paregabeak dira, bidaiatzeko eragile boteretsuak eta garapen komunitarioa errazteko eragileak (Robinson eta Noel, 1991; Prentice eta Anderson, 2003; Li eta Petrick, 2006; Rivera, Hara, eta Kock, 2008; Bonet, 2009). Gaur egun krisi ekonomikoa izan arren, jaialdiak geroz eta gehiago hazten ari dira bai kantitatean eta bai kalitatean ere eta hiri askok aukera positibo bezala ikusten dute jaialdiak duten natura eta ezaugarriak direla eta. Euskadi mailan adibidez, geroz eta ekitaldi kultural gehiago daude. Donostiaren kasuan *Europako Kultura Hiriburua* izango da 2016an eta hainbat ekitaldi kultural ditu urtean zehar, orain dela denbora bat jaio zirenak: *Jazzaldia*, *Musika Hamabostaldia*, *Zinemaldia* bezala; baina hainbat berri ere *Kutxa Kultur Festibala* edo *DonostiKluba* modukoak. Bilbo ere ez da atzera gelditzen, geroz eta jaialdi eta ekitaldi gehiago ditu programan, *BBK Live Jaialdia* horietatik handienetarikoa delarik. Eta berdina gertatzen da Gasteizen kasuan ere, *Jazz Jaialdia* edo *Azkena Rock* jaialdiekin, adibide batzuk aipatzearren.

Ekitaldiak perspektiba teknokratiko batean zentratu dira orain dela gutxi arte, non industria eta kudeatzaileak zentroan zeuden eta audientziak eskaintzen zena kontsumitzen zuten soilik. Azkenaldian, egoera hori aldatu egin da eskaeran gertatu diren hainbat aldaketa kualitatiboak direla eta, hezkuntza eta bizi kalitatearen hobekuntza elementu horietan garrantzitsuenetarikoak izanik (Richards, 2007). Aldaketa hauek, jendearen ezagutza orokorra handiagoa izatea egin du eta honen ondorioz, informatuagoak eta eskaintzen denarekin zorrotzagoak izatea. Gainera, azkenaldian, esperientzian (Pine eta Gilmore 1999; Kleiber, 1999; Nijs eta Peters 2002; Berridge, 2006; Monteagudo, 2008) eta ko-sormenean (Prahalad eta Ramaswamy, 2004; Jaworski eta Kohli 2006; Hover, 2008; Payne *et al.* 2008; Ramaswamy eta Gouillart, 2010) dagoen interesaren hazkuntza dela eta, kudeaketa eta negozio modelo tradizional batetik berritzaile batetara pasatzea beharrezkoa egokitzen da non eskaintza aisialdiko esperientzia sortzaileak, gogoangarriak eta esanguratsuak diseinatzeko gai izan behar duen (Cuenca 2000, 2011; Monteagudo, 2008; Morgan, 2008; Payne, Storbacka eta Frow, 2008). Eta ez informazio edo zerbitzuen eskaintzan soilik zentratu.

Jaialdi eta ekitaldien potentziala ahal den neurrian garatzeko, beraz, oinarrizkoa da sektore honetako profesionalak audientziaren erabaki prozesuan parte hartzen dituzten faktore desberdinak: motibazioak (Neulinger 1974; Iso-Ahola 1980, 1997; Argyle, 1996; Nicholson and Pierce 2000, 2001; Monteagudo 2008), beharrak (Dower 1981; Monteagudo 2008; Cuenca, 2000), itxaropenak, oztopoak etab., hobeto ulertzea (Pitts, 2005; Stebbins, 2007; Torralba, 2010; Calvo-Soraluze, 2011). Modu honetan, profesionalak esperientzien, emozioen eta esanahien eragileak bihurtu daitezke eta ez jaialdien produktore edo kudeatzaileak soilik (Calvo-Soraluze eta San Salvador del Valle, 2013).

Bestalde, sare sozialen eta aplikazio teknologiko berrien erabileraren hazkuntza dela eta aukera berriak irekitzen dira esperientzia eta ko-sormenaren alorrean (Bryce 2001; Nimrod eta Adoni 2012) ekitaldien munduan aplikatu daitezkeenak. Gaur egungo audientziak ez dira jaialdietara joaten eta kontzertua bakarrik entzuten. Aldi berean twiteatzen, sarera igotzeko argazkiak edo bideoak ateratzen, kontzertuari buruz bere iritzia Facebook-eko edo Whatsapp-eko lagunekin elkarbanatzen egoten dira. Honek, jendea jaialdietara doan moduaren transformazio bat suposatzen du eta zuzeneko ekitaldien ikusminen garapena. Transformazio honek jaialdi eta ekitaldi kudeatzaileentzat erronka konstantea suposatzen du beraien jaialdia bir-asmatu behar dutelarik audientziaren nahiak asetzeko.

Ondorioz, kudeatzaileak beraien audientziaren esperientzia areagotu nahi baldin badute eta gaur egungo eta etorkizuneko erronkei erantzun, negozio modelo berriekin batera, kudeatzaile profil berri bat garatu beharra dago.

Beraz, ikerketak hurrengo galderari erantzun nahi dio:

*Musika jaialdietan aisialdiko esperientzia sortzaileak, gogoangarriak eta esanguratsuak sortzeko zein da kudeatzaileak izan behar duen profila? Eta antolakuntzak izan behar duen kultura?*

Ikerketaren oinarrizko galderarekin bat, helburu nagusiak hurrengoak dira:

- Europa mailan jaialdien industrian lan egiten duten gaur egungo profesionalen profila ezagutzea.
- Jaialdien industrian lan egiten duten profesionalek behar dituzten konpetentzia berriak ezagutzea. Gaur egungo eta etorkizuneko erronkak kontuan hartuz.
- Profesionalen profila eta modelo berriak zehaztu/finkatu hezkuntzan aplikatzeko eta sektoreak aurrera egitea ahalbidetzeko.
- Ekitaldi eta jaialdien sektorea geroz eta gehiago profesionalizatzea.

Helburu nagusi hauek lortzeko ikerketaren helburu espezifikoak, tesiaren kapitulu bakoitzeko, hurrengoak dira:

1) Ikerketaren hiru ardatz nagusien eremu teorikoa deskribatu.

   - Aisia eta aisia esperimentala fenomenoaren hurbilketa egin.
   - Jaialdien ibilbide historikoa, sorreraren arrazoiak eta gaur egungo egoera deskribatu.
   - Jaialdiek gaur egun ematen duten aisiako zerbitzuen prestazioak azaldu eta hauen eskaintza eta kudeaketa aisiako esperientzien giza garapenaren erantzun bezala planteatu.

2) Europako musika jaialdiko kudeatzaileen gaur egungo errealitatea aztertu.

   - Ikerketaren metodologia diseinatu musika jaialdien aisialdiko esperientziaren ezagutzan sakontzeko.
   - Metodologia diseinatu jaialdi kulturalen kudeatzaileen informazio bilketa aurrera eramateko.

3) Jaialdien kudeatzaileentzat aisiako esperientzien diseinurako modelo-mapa bat proposatu.

   - Musika jaialdien eskaintzan eta kudeaketan aisialdiko esperientziaren kontzeptua barnerarazteko ibilbidea marraztu.

4) Ikerketaren ondorio nagusiak aurkeztu eta proposatzen den modeloa errealitatean nola aplikatu daitekeen planteatu. Ikerketaren mugak eta ikerketaren etorkizuneko norabideak deskribatu jaialdien eta ekitaldi kulturalen errealitatean sakontzen jarraitu ahal izateko.

## 3. Ikerketaren muina

Ikerketaren galdera nagusiari erantzuteko eta aurreko atalean aurkeztu diren helburuak betetzeko, ikerketak hiru metodologia erabiltzen ditu:

1) Testu/iruzkinen berrikusketa eta analisia.
   Marko teorikoa osatzeko bibliografia, dokumentazioa eta material esanguratsuen bilketa du helburu metodologia honen erabilerak. Horrela, analisirako aldagai garrantzitsuenak identifikatzeko.

2) Metodologia kuantitatiboa: Inkesta.

Metodologia honen erabileraren helburua Europako jaialdiko kudeatzaileen informazio esploratorioa jasotzea da. Kudeaketak dituen arlo desberdinetan zuzendarien profila ezagutzeko eta audientziaren aisialdiko esperientzia globala kontuan hartzen duten edo ez jakiteko.

Inkesta bi bloke nagusietan banatzen da:

- Europako musika jaialdien kudeaketa**.** Bloke hau, aldi berean, bost zatitan banatzen da:
    - Jaialdien kudeaketa estrategia: xedea, ikuspegia eta helburuak
    - Kudeatzailea: ezagutzak, gaitasunak eta balioak
    - Antolakuntza: egitura eta prozesuak
    - Berrikuntza eta teknologia: sare sozialak eta aplikazio digitalak
    - Baliabideak, bideragarritasuna eta eraginak
- Datu sozio-demografikoak. Bloke hau bi zatitan banatzen da:
    - Jaialdiri buruzko datu esanguratsuak
    - Zuzendariari buruzko datu esanguratsuak

Inkesta hau Europako jaialdien kudeatzaileei zuzendua dago. Kudeatzaile hauekin kontaktuan jartzeko Europako jaialdiak elkartzen dituen asoziazio garrantzitsuenarekin kontatu dugu ikerketarako. Elkarte honek *Yourope* izena du eta bertako kide diren jaialdiak hartu dute parte inkestan. Guztira 90 jaialdi Europako 25 herrialde desberdinetakoei bidali zaie inkesta Euskadi ere horien barne dagoelarik.

Inkesta 1. Irudian ikusi daiteken modeloan oinarritu da:

**1. irudia. Kudeatzaileak esperientzien diseinatzaile bezala**




EZAGUTZAn oinarritua
Aldagai ukigarriak
Inteligentzia Instrumentala

GAITASUN eta BALIOetan oinarritua
Aldagai Ukiezinak
Inteligentzia emozionala eta espirituala

**Iturria: Calvo-Soraluze eta San Salvador del Valle, 2013**

3) Metodologia kualitatiboa: Elkarrizketa.
Metodologia honen erabileraren helburua kudeatzaileen egoera eta esanahien ulertze eta berreraiketa da. Gainera, praktika hoberenak aurkitu nahi direnez, Europa mailan dauden urteroko sari banaketan irabazleak izan direnekin egin da elkarrizketa. Guztira zazpi elkarrizketa egin dira. Horrela, sektorearen eta zuzendarien egoera errealaren gertutasun gehiago lortu da. Aldi berean, ikerketarako informazio sakonagoa eta aberatsagoa lortuz.

## 4. Ondorioak

Metodologia desberdinak aplikatuz atera diren **ondorio nagusiak** jarraian aurkezten dira.

Alde batetik, kudeatzaileak ez dute esperientzia osatzen duten aldagai subjektiboak kontuan hartzen jaialdia kudeatzen dutenean. Beraz, audientziaren erabaki prozesua osatzen duten oinarrizko eleamenduez ahazten dira, audientziaren eta antolakuntzaren bitartean hutsune bat sortuz.

Bestalde, gaur egungo kudeatzaile gehienak ezagutza artistiko handia izan arren, ez dituzte esperientziaren aldagai subjektiboekin erlazionaturik dauden konpetentziak garatu. Programazioan eta jaialdiaren aspektu teknikoetan murgiltzen dira eta audientziaren esperientzia globala alde batera uzten dute (jaialdia baino lehen, jaialdiko momentua eta jaialdiaren ondorengo faseen prozesu integrala ahaztuz).

Berrikuntza eta teknologiari dagokionez, jaialdiak orokorrean egoera berrira egokitzen dira, sare sozialetan presentzia izaten, aplikazio digitalak jaialdian sartzen etab. Aldiz, ez dute audientziaren konpromiso estua eta leialtasuna lortzen ez baitute parte-hartzaileak diren eta esperientzia areagotzen duten estrategiak aurrera eramaten. Beraz, gaur egungo teknologia eta berrikuntzak duten potentziala ez dute erabiltzen.

Azkenik, audientziarekin gehiago konektatzeko aurrera eraman beharreko estrategiak hurrengo elementuetan oinarrituak egotea komeni da:

- **Ko-sormena**. Jaialdiaren diseinua audientziarekin batera aurrera eramatea, inplikazio eta motibazioa areagotzeko eta esperientzia gogoangarria eta esanguratsua izateko.
- **Esperientzia integratzailea**. Esperientzia osatzen duten elementu subjektiboak (motibazioak, emozioak, beharrak, balioak, onurak etab) gehiago ulertuz eta horietan sakonduz kudeaketa aurrera eramaterako garaian.
- **"Gonbidatuaren bidaia".** Jaialdira joan baino lehenagoko fasetik jaialdia bukatu eta gero dagoen prozesu eta fase guztiak kontutan hartuz.
- **Balio sinbolikoa**. Organizazioak bi modutan sortu dezakete balioa: materialean eta sinbolikoan. Audientziarekin gehiago konektatzeko balio sinbolikoa garatzea beharrezkoa da.
- **Imagineering - Esperientzien diseinua**. Ekitaldi edo jaialdien kudeatzailea izatetik esperientzien diseinatzailera izatera pasatzeko prozesua komeni da.

## 5. Etorkizunerako planteatutako norabidea

Ikerketa hau aurrera eraman ondoren, hurrengo norabideetan ikertzen jarraitzeko beharra ikusten da:

Lehenik eta behin, audientziarekin gehiago konektatzeko aurrera eraman beharreko estrategien elementu oinarrizkoei buruz (ko-sormena, esperientzia integratzailea, gonbidatuaren bidaia, balio sinbolikoa, imagineering-esperientzien diseinua) gehiago ikertu eta horiek errealitatean aplikatzeko tresnak garatzeko beharra ikusten da. Elementu subjektiboak eta balio sinbolikoak duten garrantziari buruz kontzientziatzeko eta sektore honen negozio modeloak transformatzeko.

Aldi berean, sare sozialak, aplikazio digitalak eta teknologiak jaialdi eta ekitaldietan duen eginkizuna gehiago aztertzeko beharra ikusten da, aisiako esperientzia nola areagotu dezaketen ikusi ahal izateko.

Azkenik, Euskadiko kasuari dagokionez, ospatzen diren eta ospatuko diren ekitaldi kopurua eta garrantzia ikusita, ekitaldi hauetan zentratutako ikerketa bat aurrera eramatea komeniko litzateke. Horrela, Euskadi, industria sortzaile eta kulturalean, merkatu profesional, konpetitiboa eta erreferentziakoa izatera nola iritsi ahal izan daiteken aztertzeko.

## 6. Erreferentziak

Argyle, M. (1996) *The social psychology of leisure*. New York: Penguin.

Berridge, G (2006) *Event Design and Experiences*, Oxford: Butterworth Heinemann.

Bonet, L. (2009) 'Modelos de Dirección y Gestión de grandes Festivales', INAEM, Bartzelonako Unibertsitatea.

Bryce, J. (2001) 'The Technological Transformation of Leisure', *Social Science Computer Review*, 19 (1): 7-16.

Calvo-Soraluze, J. (2011) *Understanding leadership in Music Festivals. The analysis of management dilemmas*, Saarbrücken: Lambert Academic Publishing.

Calvo-Soraluze, J. and San Salvador del Valle, R. (2013). Tourism policy makers and managers as generators of meaningful leisure experiences. Knowledge, skills and values needed by the new professionals. Journal of Tourism Research & Hospitality, 4:3.

Cuenca Cabeza, M. (2000) *Ocio humanista: Dimensiones y manifestaciones actuales del ocio*, Bilbo: Deustoko Unibertsitatea.

Cuenca Cabeza, M., Aguilar Gutierrez, E. and Ortega Nuere, C. (2011) *Ocio para innovar*, Bilbo: Deustoko Unibertsitatea.

Dower, M. (1981) *Leisure provision and people's needs*, London: HMSO.

Getz, D. (2005) *Event Management and Event Tourism*, New York: Cognizant.

———, (2010) 'The Nature and Scope of Festival Studies', *International Journal of Event Management Research*, 5(1): 1-47.

Goldblatt, J.J. (2005) *Special Events: event leadership for a new world*, New York: John Wiley & Sons.

Hover, M. (2008) 'Imagine your Event: Imagineering for the event industry', in U. Wünsch (ed.), *Facets of Contemporary Event Management: Theory and Practice for Event Success*, Bad Honnef: K.H. Bock, pp. 37-62.

Iso-Ahola, S. (1980) *Social Psychology of Leisure and Recreation*, Dubuque: Brown Company.

Iso-Ahola, S. (1997) 'A psychological analysis of leisure and health', in J. T. Haworth (ed.), *Work, leisure and well*-being, London: Routledge.

Jaworski, B. and Kohli, A. K. (2006) 'Co-creating the voice of the customer', in R. F. Lusch, S. L. Vargo and M.E Sharpe (eds), *The service-dominant logic of marketing: Dialog, debate and directions*, New York:, Armonk, pp. 109-17.

Kleiber, D.A. (1999) *Leisure experience and human development*, New York: Basic Books.

Li, R., and Petrick, J. (2006) 'A review of festival and event motivation studies', *Event Management*, 9(4): 239-245.

Monteagudo, M.J. (2008) *La experiencia de ocio*, Bilbo: Deustoko Unibertsitatea.

Morgan, M. (2008) 'What makes a good festival? Understanding the event experience', *Event Management*, 12(2): 81-93.

Neulinger, J. (1974) *The Psychology of Leisure*, Illinois: Charles Thomas.

Nicholson, R. and Pearce, D. (2000) 'Who goes to events? A comparative analysis of the profile characteristics of visitors to four South Island events in New Zealand', *Journal of Vacation Marketing*, 6(3): 236-253.

Nijs, D. and Peters, F. (2002) *Imagineering: the Creation of Experience Worlds*, Amsterdam: Boom.

Nimrod, G. and Adoni, H. (2012) 'Conceptualizing e-leisure', *Loisir et Société / Society and Leisure*, 35(1): 31-56.

Payne A. F., Storbacka K. and Frow P. (2008) 'Managing the Co-creation of Value', *Journal of the Academy of Marketing Science*, 36: 83-96.

Pine, B.J. and Gilmore J.H. (1999) *The Experience economy*, Boston: Harvard Business School Press.

Pitts, S. (2004) '"Everybody wants to be Pavarotti": The experience of music for performers and audience at a Gilbert and Sullivan Festival', *Journal of the Royal Musical Association*, 129(1): 143-160.

Pitts, S. (2005) 'What makes an audience? Investigating the roles and experiences of listeners at a chamber music festival', *Music and Letters*, 86(2): 257-269.

Prahalad, C.K. and Ramaswamy, V. (2004) 'Co-Creation Experiences: The Next Practice In Value Creation', *Journal of Interactive Marketing*, 18(3): 5-14.

Prentice, R. and Anderson, V. (2003) 'Festival as creative destination', *Annals of Tourism Research*, 30(1): 7-30.

Ramaswamy, V. and Gouillart, F. (2010) *The Power of Co-Creation: Build It with Them To Boost Growth, Productivity, and Profits*, New York: Free Press Remling.

Richards, G. (ed.) (2007) *Cultural tourism: global and local perspectives*, New York: Haworth Press.

Rivera, M., Hara, T. and Kock, G. (2008) 'Economic impacts of cultural events: The case of the Zora Festival', *Journal of Heritage Tourism*, 3(2): 121-137.

Robinson, A. and Noel, J. (1991) 'Research need for festivals: A management perspective', *Journal of Applied Recreation Research*, 16(1): 78-88.

San Salvador del Valle, R. (2009) 'La aceleración del tiempo y el fenómeno del ocio' in M. Cuenca Cabeza (ed.) *El tiempo del Ocio: transformaciones y riesgos en la sociedad apresurada*, Bilbao: Universidad de Deusto, pp. 23-44.

San Salvador del Valle, R. (2011) 'La experiencia de ocio y los museos del siglo XXI', in J.C. Rico (ed.) *Museos: del templo al laboratorio*, Madrid: Silex, pp. 329-343.

Stebbins, R. (2007) *Serious leisure: a perspective for our time*, New Brunswick, New Jersey: Transaction Publishers.

Torralba, F. (2010) *Inteligencia espiritual*, Barcelona: Plataforma.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Hemen ezagutzera ematen den ikerketa, aurten aurkeztuko den doktoratutzako tesiaren ondorio da. Tesi hau Eusko Jaurlaritzako *Predoc* beka baten bidez eraman da aurrera eta nazioarteko aipamena izango du *NHTV Breda University of Applied Sciences* Holandako unibertsitatean hiru hilabeteko egonaldia egin ondoren. *World Leisure Organization* elkarteak bikaintasuna eman dion Europako unibertsitate bakarra da, Deusto Unibertsitateko Aisiazko Ikaskuntzen Institutuarekin batera.

# Nerabearen eta lagun-taldearen ikus-entzunezko kontsumoa 2011n: Gipuzkoako kasu azterketa

Pavón, A. (1); Zuberogoitia, A. (1); Juaristi, P. (2)
*(1) Komunikazio Gunea, Mondragon Unibertsitatea*
*(2) Politika eta Administrazio zientziak, Euskal Herriko Unibertsitatea*
*apavon@mondragon.edu; azuberogoitia@mondragon.edu; patxi.juaristi@ehu.es*

## *Laburpena*

Ikerlan honen helburua da ezagutzea 12 eta 16 urte bitarteko gaztetxo gipuzkoarren ikus-entzunezko kontsumo-ohiturak, betiere nerabezaroan funtsezkoa den lagun-taldearekin duen harremana kontuan hartuta (jakiteko ea harremanik dagoen ikus-entzunezko kontsumo indibidualaren eta talde-kontsumoaren artean). Landa lana 2011n burutu zen: 852 galdetegi, 26 sakoneko elkarrizketa eta 16 neraberen Tuentiko profilen eduki-azterketa baliatu ziren ikerketa osatzeko. Ikerlanak deskribatzen duen testuinguruan aro analogikoko ikus-entzunezko praktikak eta kontsumo-ohitura berriak uztartzen dira, digitalizazioaren ondorioz sortu direnak. Horrekin batera, lagun-taldearen eragina nerabezaroan nabaria da.

Hitz gakoak: digitalizazioa, ikus-entzunezkoak, nerabeak, telebista, lagun-taldea

## *Abstract*

*The aim of this study was to explore audiovisual consumption in teenagers aged from 12 to 16 in 2011 in the province of Gipuzkoa (Basque Country). Given the crucial role of peers in teenager development, the relationship between individual and peer group media consumption patterns has been studied. The impact of the digitizing audiovisuals through new ways of consumptions was also assessed. Data was gathered through a survey carried out on 852 subjects throughout the province, 26 in-depth interviews and the content analysis of 16 Tuenti social media profiles. Results helped us conclude that old and new audiovisual consumption patterns coexist after the digitalization. In addition, the influence of peers on the adolescent media consumption is remarkable.*

*Keywords: digitizing, audiovisuals, youngsters, television, peer group*

## 1. Sarrera

Digitalizazioak zedarritu du bizi garen aroaren eta aurrekoaren arteko aldaketa; izan ere, teknologia analogikotik digitalerako jauziak eragin du azken urteotako eraldaketarik esangutsuena (Prado, 2009; Bolin, 2010). Telekomunikazioen, informatikaren eta hedabideen arteko konbergentziatik sortutako testuinguru berrian kokatzen da telebistaren digitalizazio prozesua ere. Satelite bidezko telebista izan bazen aitzindaria telebista-sistemaren digitalizazioan, Lurreko Telebista Digitala izan zen eraldatze horretan hurrengo kate-maila. 2009an izan zen itzalaldi analogikoa Hego Euskal Herrian, eta Lurreko Telebista Digitalaren etorrerarekin, telebista-kate eskaintza hedatu zen. Horrez gain, banda zabalari esker ohiko telebistako edukiak internetera zabaldu ziren, eta berez telebistarako sortutako edukiak beste euskarri batzuetan kontsumitzeko aukera ekarri zuten aldaketek. Are gehiago, banda zabalak ahalbidetu du sarerako propio ekoiztutako ikus-entzunezkoak hedatzea, besteak beste, Youtube bezalako plataforma arrakastatsuen bitartez (Burgess eta Green, 2009; Niqui, 2012). Telebistaren digitalizazioa eta sarea dira, beraz, ohiko telebista-ereduari zuzen-zuzenean eragin dioten berrikuntzak (Prado, 2013).

Ikus-entzunezkoen aro berri honetan, baina, eraldaketa teknologikoak bezainbesteko garrantzia du aztertzeak nola bereganatu duen gizarteak teknologia hori eta zein aldaketa sozial eragin dituen eraldatze horrek; hedabideen eta audientziaren arteko harreman-aldaketa nabarmena izan da, eta bata zein bestea egokitu behar izan dira egoera berrira (Livingstone, 2002). Egokitzapen horretan, nerabeen adin-tartea aztertzea da bereziki esanguratsua, nerabeak baitira hedabideen kontsumitzaile handiak, erakutsi dutenak hedabide berrietara hobetoen egokitu direla (Livingstone, 2002; Morduchowicz, 2008). Era horretan, telebista-kontsumoaz harago, gaztetxoak erabat murgilduta daude *new media* edo hedabide berri direlakoetan. Nerabezaroaz hitz egiterako orduan, halaber, ezin dira alde batera utzi

adin-tarte honetan existitzen diren genero-desberditasunak (Hopkins, 1986), hainbat autoreren ustez (ikus, adibidez, Lemish et al., 2001) prozesu soziokulturalen ondorio direnak; kontuak kontu, neskek eta mutilek desberdin esperimentatzen dute adin-tarte hori.

Nerabeen adin-tartea bereziki kontuan hartzekoa da identitate-eraikuntzan, gurasoek erreferente nagusi izateari uzten diotelako nerabearen hezkuntza-prozesuan, lagun-taldearen mesedetan (Coleman eta Hendry, 2003; Milner, 2004). Izan ere, nerabeak beharra sentitzen du talde baten parte izateko eta bertan era aktiboan parte hartzeko (Kroger, 2007), sozializazio prozesu horretan taldearen kultura-elementuak ezagutu, bereganatu, egokitu eta erreproduzitzeko (Corsaro, 2005). Horregatik bihurtzen da lagun-taldea ezinbesteko nerabearen mikrosisteman edo eguneroko bizitzan (Nurmi, 2001; Hartup, 2005; Bukowski, Brendgen eta Vitaro, 2007; Newman, Lohman eta Newman, 2007).

Nerabezaroaren eta hedabideen arteko harremanaz asko idatzi eta ikertu da nazioartean (Van der Voort, 1998; Pindado, 2003; Casas et al., 2007); badaude baita ikus-entzunezkoen kontsumoari arreta berezia eskaini diotenak ere (Svoen, 2007; Barkhuus, 2009; Fedele, 2011; López Vidales et al., 2012). Horiez gain, nerabezaroren garrantziaz ikertu da, hedabideen inguruan sortzen diren interakzioak aztertzeko (Milkie, 1994; Suess et al., 1998; Garitaonandia, Juaristi eta Oleaga, 1999; Suoninen, 2001). Denek ere agerian uzten dute hedabideak aztertzearen garrantzia, audientziaren eguneroko praktiken ikuspegitik.

Ikerketa hau egin zen garaian Euskal Herrian eginak ziren hainbat ikerketa nerabeen ikus-entzunezko kontsumo-ohiturak ezagutzeko (Basterretxea et al., 2007; Medrano, Palacios eta Barandiaran, 2007; Medrano, Aierbe eta Orejudo, 2009), baina telebista ikertu zuten bakarrik, beste euskarriak kontuan hartu gabe. Euskarri desberdinak kontuan hartu dituzten ikerketek, ordea, aztertu dute gaztetxoek nola bereganatu dituzten Informazio eta Komunikazio Teknologiak (IKT), ikus-entzunezkoetan arreta jarri barik (Naval, Sábada, eta Bringué, 2003; Merino, 2010).

Aipatutako aurrekariak aztertuta, badira ikerketa honek dakartzan berritasun batzuk. Batetik, telebistaren ikuspegi hedatuagoa kontuan hartu delako, ikus-entzunezkoa gaur egungo testuinguru pantaila-aniztunean aztertu baita. Testuinguru horretan, kontuan hartu dira IKTak eta horiekin hedatu diren kontsumo-ohiturak, besteak beste sare sozial birtualen erabileran atentzioa jarrita, Euskal Herrian tankera horretako ikerketarik ez dago-eta. Bigarrenik, eta aisialdian lagun-taldeak eta hedabideek duten garrantzia kontuan hartuta, nerabearen ikus-entzunezko kontsumoaren nolakotasuna ikertu da bere komunitate hurbilekoenean, hots, lagun taldearen baitan.

## 2. Ikerketaren helburua, ikerketa-galderak eta metodologia

### 2.1 Helburua

Itzalaldi analogikoaren atarian kokatzen da ikerketa hau, aztertzeko ikus-entzunezkoen digitalizazioak zer nolako aldaketak eragin dituen nerabearen kontsumo-ohituretan. Dena den, nerabearen bakarkako kontsumoa aztertzeaz harago, gure lanaren helburua da ikertzea nerabearen eta lagun-taldearen artean gertatzen diren harremanak, ikus-entzunezko produktuen inguruan sortzen direnak.

Ikerketa-esparrua Gipuzkoara mugatu da, ikerlanerako egokia delako Gipuzkoako gaztetxo-populazioren adierazgarri izango den lagin-tamaina; beraz, lortutako emaitzekin deskribatu dira Gipuzkoako nerabeen ikus-entzunezko kontsumo-ohiturak.

Helburu hori gogoan izanik, haintzat hartu behar dira, batetik, nerabeekin lan egiteak badituela zailtasun metodologikoak (Callejo, 2010; 2012). Bestetik, hedabideen eta ikus-entzunezkoen testuingurua etengabe aldatzen ari dela kontuan izanik (Livingstone, 2004; Prado, 2009; Prado, 2013), 2011ko landa lanean oinarritutako ikerlan hau baliagarria izango da ikus-entzunezkoen digitalizazioan kontsumo-ereduak nola aldatu diren ezagutzeko, baina baita ondoren etorri diren praktika berriak ulertzeko ere.

### 2.2 Ikerketa-galderak

Ikerketaren testuingurua kontuan hartuta, honako ikerketa-galderak osatu dira abiapuntu modura:

1) Zein ikus-entzunezko produktu kontsumitzen dute Gipuzkoako nerabeek (12-16 urte bitarteko gaztetxoek)?

2) Zeintzuk dira Gipuzkoako nerabeen ikus-entzunezko kontsumo-ohiturak?

3) Zeintzuk dira Gipuzkoako nerabeen motibazioak ikus-entzuneko kontsumo-ohitura horiek izateko?

4) Badago harremanik ikus-entzunezko kontsumoaren eta lagun-taldearen artean?

Ikerlanaren helburua galdera horiei guztiei erantzutea den arren, artikulu honetan bigarren eta laugarren ikerketa-galderei erantzungo zaie.

### 2.3 Metodologia

Ikerketaren abiapuntua estatistika inferentzialean oinarritu zen, eta lagin-aukeraketan kontuan hartu ziren Gipuzkoa osatzen duten eskualdeak, herriaren tamaina (hiriguneak, 10.000 biztanle baino gehiagokoak, eta herriak, 10.000 baino gutxiagokoak), ikasmaila, ikastetxe mota (publikoa edo ez-publikoa) eta ikaste-eredua (A, B edo D). Ikerketaren lehenengo fasean, beraz, 852 pertsonaren galdetegiak batu ziren ($Z$=1,96; e=$\pm$3,3%).

Bigarren fasean sakoneko elkarrizketak egin ziren, subjektiboak diren definizioak ezagutzeko, eta iritziak edota inpresioak jasotzeko, lagun-taldean sortzen diren harremanen ingurukoak. Eskualde guztietako 26 nerabek hartu zuten parte, adin eta genero desberdinetakoak.

Amaitzeko, ikerketaren hirugarren fasean Tuenti sare sozial birtualaren gainean sakondu zen. Ikerketaren lehenengo fasean eskuratutako emaitzek erakutsi ziguten Tuentik berebiziko garrantzia zuela gaztetxoen *media multitasking* jardueran, eta beraz, ezagutu nahi izan zen, batetik, nerabeek Tuentiri ematen zioten erabileran zein presentzia zuten ikus-entzunezkoek, eta bestetik, zelako garrantzia zuen sare sozial horrek nerabeen arteko komunikazioan. Ikerketaren fase honetan parte hartu zuten pertsonak sakoneko elkarrizketetako berberak izan ziren; 26 elkarrizketatutik bakarrak aipatu zuen ez zeukala Tuentin profilik, beraz, 25 pertsonek bete zuten Tuentiren erabileraren inguruko galdetegi bat. Horrez gain, Tuentin profila sortua zuten 25 gaztetxoetatik 16k prestutasuna erakutsi zuten haien profila ikertzeko, eta haiekin batera aztertu zen ikus-entzunezkoen presentzia Tuentin.

## 3. Ikerketaren emaitzak eta eztabaida

### 3.1 Gipuzkoako nerabeen ikus-entzunezko kontsumoa aro digitalean

Itzalaldi analogikoaren ondorengo urteetan esanguratsua da ikustea LTDaren ondorioz sortutako kateek apenas dutela presentziarik gure ikerketan, hots, itzalaldiaren aurretik existitzen ziren orotariko kateek jarraitzen dutela nagusi izaten, bereziki Antena3 kateak. Emaitza hauek indartzen dute hainbat autorek itzalaldiaren aurretik (Prado, 2003; Casero Ripollés, 2008; Franquet et al., 2009) zein ondoren (Elola, 2012; Lorenzo, 2013; Prado, 2013) erakutsi duten eszeptisizmoa LTDaren aurrean, berrikuntza teknologiko horrek ez baitu telebista-eredura aldaketarik ekarri.

Ikus-entzunezkoen digitalizazioak eragin dituen aldaketak, beraz, ez dira hainbeste etorri LTDarekin; izan ere, teknologiaren eskuragarritasunak eragin du aldaketarik nabarmenena kontsumo-ereduan. Teknologia eramangarri arinak (tabletak, *smartphone*-ak,...) oraindik hedatu gabe zeuden 2011n, baina ordenagailu eramangarria edukitzea esanguratsua zen, ikus-entzunezko kontsumoa modu batekoa ala bestekoa izatea eragiten baitzuen. Horrek agerian uzten du teknologiaren mugikortasunak duen eragina ikus-entzunezkoen kontsumo-ohituren

eraldaketan, hainbat ikerlanetan aipatu izan den eragina berau (ikus, adibidez, Brasel eta Gips 2011; Gutnick et al., 2011). Gure ikerlanaren arabera, gaztetxoen %68,1ek dauka ordenagailu eramangarria, beretzat bakarrik (%28,2) edota beste norbaitekin partekatuta (%39,9) eta mahai gaineko ordenagailuarekin gertatzen ez den bezala, ordenagailu eramangarria edukitzeak baldintzatzen ditu kontsumo-praktika denak.

Nerabeen %53,3k aipatu du internetera jotzen duela telebistako edukiak ikustera. Datu horrek erakusten du telebistaz harago sortu direla ikus-entzunezkoak kontsumitzeko espazio berriak sarean, eta horien artean daude telebista kateetako webguneak. Garrantzitsua da, baina, datu hau testuinguratzea, izan ere, nerabeek internetera jotzeko arrazoien artean garrantzitsuena (%69) da hemen baieztatzen dutena: "telebistan ezin dut ikusi bere emanaldi-orduan eta gero jotzen dut internetera". Barkhuusen (2009) eta Fedeleren (2011) ikerketen pareko, gazteak geroz eta gutxiago daude ohiko telebistaren programazio-taulari lotuta, sareak askatasuna eskaini baitie edukiak nahi dituzten momentuan ikusteko; beraz, nerabeen eguneroko praktikak telebistaren ordutegira egokitu beharrean, edukiak egokitu dira gaztetxoen egunerokotasunera. Horrez gain, aipagarria da azpimarratzea telebista gehienbat familiarekin ikusten badute ere, telesaioak ordenagailu eramangarrian eurek bakarrik ikusten dituztela.

Telebistako edukiez gain, ikus-entzunezkoen eskaintza andana hedatu da interneten, banda zabalari esker. Horren erakusle da gaztetxoen gehiengo handiak (%93,4) erabiltzen duela Youtube; are gehiago, batez beste %36,7k egunero erabiltzen du plataforma hori, eta ordenagailu eramangarria dutenen kasuan ($\chi^2$=67.589, ag=16, $p$<0.001), %54,2ra igotzen da ehunekoa.

Zalantzarik gabe musika-bideoak dira Youtuben eskaintzarik erakargarriena gaztetxoentzat (%69k aipatu du gehienbat musika-bideoak ikusten dituela). Ez da berria gazteek musikarekiko duten zaletasuna (Boyd, 2008; Hust eta Brown, 2008; Gutnick et al., 2011). Halaber, aipagarria da musika bideoak kontsumitzea jarduera *multitasking*-a bihurtu dela, askok aipatu baitute musika entzun egiten dutela Youtuben (eta ez ikusi) beste jardueraren bat egiten duten bitartean (etxerako lanak egitea izan da errepikatuena). Youtubeko musika-bideoek, beraz, *offline* eskaintzako (CD, mp3, ...) zein ordainpeko musika-webguneetako eskaintza ordezkatzen dute. Horrenbestez, musika-kontsumoa *online* praktika bihurtzeaz harago, emaitzek erakusten dute gazteek doan eta beren neurrira egokitutako musika-kontsumoa dutela gustukoen, eta hori Youtube plataformak eskaintzen die.

Youtubeko kontsumoaren izaera zatikatuak eta musika klipen laburtasunak deskribatzen dute digitalizazioaren hurrengo urteetan garatu den *on-demand* kultura, eta zenbait autoreren (Bolin, 2010; Scolari, 2013) hipotesia baieztatu du kontsumo-eredu honek, hots, audientziak, eta bereziki nerabeak nonahi eta noiznahi kontsumitu nahi dituela ikus-entzunezkoak.

*Multitasking* praktikez ari garela, Gipuzkoako nerabeen erdiak baino zertxobait gehiagok (%52,3) jarduten du ordenagailuan telebista ikusi bitartean, eta arestian aipatu bezala, ordenagailu eramangarria edukitzea esanguratsua da ($\chi^2$=55.192, ag=4, p<0.001) jarduera-anitzeko praktikarako. Horrela bada, gazteen aisialdian hedabideek eta IKTek ez diete bestelako jarduerei denborarik kendu, eta beraz, okerra da baieztatzea nerabeek aro analogikoan baino denbora gehiago pasatzen dutela hedabideen aurrean. Esponentzialki, baina, bestelakoa da errealitatea: euskarri bakoitzarekin egiten dituzten ekintzak aztertuz gero, *multitasking*-ean egiten dituzten jarduerek ez dute harremanik haien artean. Ikerketa burutu zen garaian, esaterako, jarduerarik ohikoena telebista ikusi bitartean zen Tuenti sare sozialean lagunen argazkiak ikustea eta haiekin hitz egitea, horrela baieztatu baitzuten gaztetxo askok (%49,6). Tuentiren jardunak, beraz, apenas du zerikusirik telebistan ikusten dutenarekin, eta galdetegian, sakoneko elkarrizketetan eta Tuenti sare sozialaren azterketan baieztatu ahal izan zen hori.

*Smartphone*-en eta Whatsapp aplikazioaren eskuragarritasunaren ondorioz Tuenti gainbeheran etorri den arren (Martín, 2014), garrantzitsua da arreta jartzea, gure ikerketak bezala, beste hainbatek (Barker, 2009; Brown eta Larson, 2009; Roberts, Henriksen eta Foehr,

2009; Jakubowicz, 2010; Rubio Gil, 2010; Callejo eta Gutiérrez, 2012) deskribatu duen joerari, hots, edonon eta etengabe lagun-taldearekin harremanetan egoteko joerari.

### 3.2 Gipuzkoako nerabearen eta lagun-taldearen harremana, ikus-entzunezko kontsumoari dagokionez

Gipuzkoako gaztetxoen aurrez aurreko komunikazioan ikus-entzunezkoek toki esanguratsua betetzen dute, gehienek aitortu baitute egunero (%27,2) edo ia egunero (%24,1) hitz egiten dutela ikusten dituzten telesaioen edo bideoen inguruan. Orotariko bideo-plataformen eta sare sozial birtualen arrakasta medio, ikus-entzunezkoen partekatzea sarera hedatu da, gure emaitzek erakusten duten moduan: nerabe gehienek noizbehinka (%31,1) edota askotan (%26,3) partekatzen dituzte internet bidez bideoak eta horien inguruan hitz egiten dute. Ikus-entzunezkoak lagun-taldean partekatzea, beraz, garrantzitsua da nerabeentzat, eta Barkhuus-ek eta Brown-ek (2009) ondo deskribatu duten bezala, ikus-entzunezko kontsumoa esperientzia soziala da nerabezaroan, produktu kulturalak ohiko eztabaidagai izaten baitira lagun-taldean; aro analogikoan horrela zen, baina digitalean areagotu egin da esperientzia sozial hori.

Gipuzkoako nerabeak ikus-entzunezko unibertso berean bizi dira, eta horren erakusle da ikerketan 183 saio desberdin aipatu dituztela, eta horietatik 12 saiok biltzen dutela kontsumoaren erdia baino gehiago (%50,6). Sakoneko elkarrizketetan baieztatu da antzera gertatzen dela interneteko bideoekin, lagun-taldearen eragina nabarmena baita aukeraketa egiterako orduan.

Horrenbestez, adin eta genero arteko desberdintasunak existitzen diren arren, kontsumo-joera homogeneoak identifikatu dira nerabe-taldeen artean. Horrekin batera, aro analogikoan existitzen ziren praktikez gain (telebista ikusi eta aurrez aurre hitz egin lagunekin) beste komunikazio-bide batzuk hedatu dira ikus-entzunezkoen digitalizazioaren ondoren, esperientzia inoiz baino partekatuagoa eta sozialagoa bihurtuz lagun-taldean.

Haatik, nerabeekin taldearen eraginaz hitz egin denean bestelakoa izan da haien erantzuna: askok (%47,8) aipatzen du taldeko ikus-entzunezko hautuak ez duela eraginik norberaren hautu indibidualean, eta ia denek (%85,3) uste dute inor ez dela baztertzen taldeko ereduari jarraitzen ez diolako. Autoafirmazio hori oso nabaria izan da, bai galdetegian, baita sakoneko elkarrizketetan ere. Azpimarratu beharra dago, honi dagokionez, beste hainbat ikerketatan ere emaitza beretsuak lortu direla (ikus, esaterako, Barkhuus, 2009). Gure ustea da, Callejok (2010 eta 2012) ondo azaltzen duen bezala, gaztetxoak ez direla askatasunez mintzatu ikertzailearekin, nerabezaroak berak duen izaeragatik (pertsona heldua da ikerlaria, ezezaguna nerabearentzat, eta horrek distantzia berezkoa ezartzen du nerabearen eta ikerlariaren artean), are gehiago, lagun-taldeko harremanez edota gatazkez hitz egin nahi bada gaztetxoekin. Horrez gain, nerabea bere ingurune sozialaren parte bada ere, ez du zertan kontziente izan behar talde-eraginen existentziaz, eta gainera zailtasunak izan ditzake maila honetako elkarrizketei aurre egiteko. Horregatik guztiagatik, uste da nerabeek ukatu egin dutela talde-eragina dagoenik haien kontsumoan edo, beste barik, ezjakintasuna dutela gaiaren aurrean.

## 4. Ondorio orokorrak

Ikus-entzunezkoen digitalizazioaren eta euskarri mugikorren hedatzearen ondorioz, Gipuzkoako nerabeek praktika modernoagoak barneratu dituzte haien egunerokotasunean, ohiko telebista kontsumoaren gehigarri (eta ez ordezkagarri) bihurtu direnak. Hedabideen konbergentziaren garai berri honetan, beraz, ez da zuzena esatea hedabide berriek zaharrak ordezkatu dituztela (Livingstone, 2002), prozesu bat den heinean, hedabide berriak zaharren gehigarri gisa ulertu behar dira (Jakubowicz, 2010). Horrenbestez, testuinguru berriko kontsumo-ereduak kontsumo-aukera berri eta desberdinak eskaini ditu; horien artean esanguratsuenak dira ikus-entzunezkoak pantaila anitzaren eta *streaming*-aren arora heldu direla. Horrela bada, telebista, beste hainbat euskarrirekin batera, pantaila bat gehiago bilakatu da ikus-entzunezkoen kontsumorako; are gehiago, zenbait autore (Hess et al., 2012; Scolari, 2013) ausartu dira esatera telebista ikusteak esangura desberdinak hartu dituela egun: "Incluye

mirar un vídeo en Youtube, descargar ilegalmente una película para verla en el ordenador, ver una película en *streaming*, comprar una temporada completa en DVD y disfrutarla en el televisor" (Scolari, 2013:221). Ikus-entzunezko kontsumitzaile handiak izaten jarraitzen dute nerabeek, baina *broadcasting*-ak ikus-entzunezkoak kontsumitzeko aukera bakarra izateari utzi dio.

Lagun-taldeko harremanei gagozkiola, ikerlanak agerian uzten du lagun-taldea nerabeen negoziazio eta adostasunen ikaskuntza-prozesuan adierazlea dela, ikus-entzunezkoak aukeratzerako eta partekatzerako orduan ere bai. Horrez gain, nabarian uzten du digitalizazioaren ondoren hedatu diren sozializazio-eremu berrien beharra. Haatik, lagun-taldeko botere-harremanez hitz egiterakoan, nerabeek beren autonomia aldarrikatzeko joera erakutsi dute, adin-tarte hau ulertzeko ezinbestekoa den ezaugarria berau (Brown, Eicher eta Petrie, 1986; Coleman eta Hendry, 2003).

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Nerabeen erreferente-iturri garrantzitsuak dira ikus-entzunezko edukiak, eta sozializazio-eremu ezinbestekoa da lagun-taldearena. Bi aldagai horiek kontuan izanik, etorkizuneko ikerlanek sakontzen jarraitu beharko lukete internet bidezko interakzio-sozialetan, aurrez aurreko komunikazioaren luzapen bihurtu baitira komunikazio-eredu horiek. Talde-izaeren eta talde-harremanen gaineko ezagutza handia jaso liteke hortik.

Ikerlanen egokitasuna bermatzeko, hedabideen eta ikus-entzunezkoen testuinguru aldakorrera egokitutako diseinu metodologikoak bilatu beharko lirateke, baliagarriak izango direnak unean uneko errealitateaz harago, prozesuaren baitan kokatzen diren sakoneko gertaerak azaltzeko.

## 6. Erreferentziak


Barker, V. (2009), Older adolescents' motivations for social network site use: The influence of gender, group identity, and collective self-esteem, *Cyberpsychology & Behaviour*, 12 (2), 209-213.

Barkhuus, L. (2009), Television on the Internet: New practices, new viewers, *Conference of Human Factors in Computing System (CHI)*, Universiy of California, Boston.

Barkhuus, L. eta Brown, B. (2009), Unpacking the television: user practices around a changing technology, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 16 (3) o/g.

Basterretxea, J. I., Idoyaga, P., Ramírez de la Piscina, T. eta Zarandona, E. (2007): *Alfabetizazio berriak: Euskal Herriko neska-mutilak eta komunikabideak*, Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, Gasteiz.

Bolin, G. (2010), Digitization, multiplatform texts, and audience reception, *Popular Communication*, 8, 72-83.

Boyd, D. (2008): Why youth love social network sites: The role of networked publics in teenage social life, in D. Buckingham (Edit.), *Youth, identity, and digital media,* The MIT Press, Cambridge, 119-142.

Brasel, S.A. eta Gips, J. (2011), Media Multitasking behavior: concurrent television and computer usage, *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14 (9), 527-534.

Brown, B. B., Eicher, S.A. eta Petrie, S. (1986), The importance of peer group ("crowd") affiliation in adolescence, *Journal of Adolescence*, 9 (1), 73-96.

Brown, B. B. eta Larson, J. (2009): Peer relationships in adolescence, in R. M. Lerner eta L. Steingberg (Edit.), *Handbook of adolescent psychology*, Wiley, New Jersey, 74-103.

Bukowski, W. M., Brendgen, M. eta Vitaro, F. (2007): Peers and socialization. Effects on externalizing and internalizing problems, in J. E. Grusec eta P. D. Hasting (Edit.), *Handbook of socialization: Theory and research*, Guilford Press, New York, 355-381.

Burgess, J. eta Green, J. (2009): *Youtube: Online video and participatory culture,* Polity Press, Cambridge.

Callejo, J. (2010), El crítico estatuto de la persona adolescente en la observación empírica de la comunicación, *Estudios de juventud*, 88, 11-24.

Callejo, J. (2012): La observación de la adolescencia del sistema de comunicación, in J. Callejo eta J. Gutiérrez (Edit.), *Adolescencia entre pantallas. identidades juveniles en el sistema de comunicación*, Gedisa, Barcelona, 17-35.

Callejo, J. eta Gutiérrez, J. (2012): Máquinas de comunicar, máquinas de producir la adolescencia, in J. Callejo eta J. Gutiérrez (Edit.), *Adolescencia entre pantallas. Identidades juveniles en el sistema de comunicación,* Gedisa, Barcelona, 109-137.

Casas F., Rizzini I., September R., Mjaavaatn P. E. eta Nayar U. (2007): *Adolescents and audio-visual media in five countries*, Ediciones a Petición, Girona.

Casero Ripollés, A. (2008), La oferta de contenidos y servicios de la TDT. Análisis de la situación en el mercado español, *Revista De Economía Política De Las Tecnologías De La Información*, 10

Coleman, J. C. eta Hendry, L. B. (2003): *Psicología de la adolescencia,* Morata, Madrid.

Corsaro, W. A. (2005): *The sociology of childhood* (2.edizioa), Sage, London.

Edmond, M. (2014), Here we go again: music videos after Youtube, *Television & New Media*, 15 (4), 305-320.

Elola, J. (2012ko uztailak 14). El descontrol de la TDT. El País, [online] http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/07/14/actualidad/1342291401_125658.html

Fedele, M. (2011): *El consum adolescent de la ficció seriada televisiva,* [Doktorego Tesia], Universitat de Barcelona.

Franquet, R., Ribes, X., Fernández, D. eta Soto, M.T. (2009), Servicio público e interactividad en la TDT: la política del laissez faire, laissez passer, *Revista de Ciencias y de la Comunicación*, 9, 191-203.

Garitaonandia C., Juaristi P. eta Oleaga J. (1999), Qué ven y cómo juegan los niños españoles. El uso que los niños y los jóvenes hacen de los medios de comunicación, *Zer*, 6 (4), 67-95.

Gutnick, A. L., Robb, M., Takeuchi, L. eta Kotler, J. (2011): *Always connected: The new digital media habits of young children,* The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop, New York.

Hartup, W. (2005), Peer interaction: What causes what?, *Journal of Abnormal Child Psychology*, 3 (33), 387–394.

Hess, J., Ley, B., Ogonowski, C., Reichling, T., Wan, L. eta Wulf, V. (2012): New technology @ home: Impacts on usage behavior and social structures, *10th European Conference on Interactive Tv and Video*, Berlin, 185-194.

Hopkins, R. (1986): *Adolescencia, años de transición,* Pirámide, Madrid.

Hust, S. J. T. eta Brown, J. D. (2008): Gender, media use, and effects, in S. L. Calvert eta B. J. Wilson (Edit.), *The handbook of children, media, and development*, Oxford: Wiley-Blackwell, Oxford, 98-120.

Jakubowicz, K. (2010), ¿La televisión D.C.? El cambio o la continuidad en la televisión, *Cuaderns Del CAC*, 34, 5-16.

Kroger, J. (2007): *Identity development: Adolescence through adulthood*, Sage, London.

Lemish, D., Liebes, T. eta Seidmann, V. (2001): Gendered media meanings and uses, in S. Livingstone eta M. Bovill (Edit.), *Children and their changing media environment. A european comparative study*, Media Education, New Jersey, 263-283.

Livingstone, S. (2002): *Young people and new media*, Sage, London.

Livingstone, Sonia (2004), The challenge of changing audiences : or, what is the audience researcher to do in the age of the internet?, *European Journal of Communication*, 19 (1),75-86.

López Vidales, N., Medina de la Viña, E., González Aldea, P., González Conde, J., Miguel Borrás, M. eta Rodríguez Barba, D. (2012), *Preferencia juvenil en nuevos formatos de televisión. Tendencias de consumo en jóvenes de en 14 y 25 años*, Observatorio del Ocio y el Entretenimiento Digital.

Lorenzo, A. (2013ko martxoak 25). ¿Recuperar los canales de TDT o mejorar la calidad del Internet móvil?, *Diario El Economista*, [online] http://goo.gl/mH7Qw3

Martín, J. (2014ko urtarrilak 22): *Tuenti pierde en 6 meses el 58%de sus usuarios*, El País [online] http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2014/01/22/actualidad/1390408404_520279.html

Medrano, C., Palacios, S. eta Aierbe, A. (2007), Los hábitos y preferencias televisivas en jóvenes y adolescentes: Un estudio realizado en el País Vasco, *Revista Latina De Comunicación Social*, 62, 13-27.

Medrano, C., Aierbe, A. eta Orejudo, S. (2009), El perfil de consumo televisivo en adolescentes: Diferencias en función del sexo y estereotipos sociales, *Infancia y Aprendizaje*, 32 (3), o/g.

Milkie, M. (1994), Social world approach to cultural studies: Mass media and gender in the adolescent peer group, *Journal of Contemporary Ethnography*, 23 (3), 354-380.

Milner, M. (2004): *Freaks, geeks and cool kids. American teenagers, schools and the culture of consumption*, Routledge, London.

Morduchowicz, R. (2008): Introducción: Los jóvenes y las pantallas. Nuevas formas de sociabilidad, in R. Morduchowicz (Edit.), *Los jóvenes y las pantallas. Nuevas formas de sociabilidad,* Gedisa, Barcelona, 9-23.

Newman, B. M., Lohman, B. J. eta Newman, P. R. (2007), Peer group memebership and a sense of belonging: Their relationship to adolescent behaviour problems, *Adolescence*, 42 (166), 241-263.

Niqui, C. (2012): *Cronologia dels primers 15 anys de l'audiovisual a internet*, UOC, Barcelona.

Nurmi, J. E. (2001): *Navigating through adolescence*, Routledge, New York.

Pindado, J. (2003): *El papel de los medios de comunicación en la socialización de los adolescentes de Málaga*. [Doktorego Tesia], Universidad de Málaga.

Prado, E. (2009), Reptes de la convergència digital per la televisió, *Cuaderns Del CAC*, 31-32, 31-42.

Prado, E. (2013), La televisió: un univers en mutació, *L'espill*, 43, 129-138.

Roberts, D. F., Henriksen, L. eta Foehr, U. G. (2009), Adolescence, adolescents, and media, in R. M. Lerner eta L. Steingberg (Edit.), *Handbook of adolescent psychology*, Wiley, New Jersey, 314-344.

Rubio Gil, A. (2010), Generación digital: patrones de consumo de Internet, cultura juvenil y cambio social, *Revista de estudios de Juventud*, 88, 201-221.

Scolari, C.A. (2013): *Narrativas transmedia. Cuando todos los medios cuentan*, Deusto, Barcelona.

Suess, D., Suoninen, A., Garitaonandia, C., Juaristi, P., Koikkalainen, R. eta Oleaga, J. A. (1998), Media use and relationships of children and teenagers with their peer groups, *European Journal of Communication,* 13 (4), 521-538.

Suoninen, A. (2001): The role of media in peer group relations, in S. Livingstone eta M. Bovill (Edit.), *Children and their changing media environment. A european comparative study*, Media Education, New Jersey, 201-220.

Svoen, B. (2007), Consumers participants, and creators: Young people's diverse use of television and new media, *ACM Computers in Entertainment*, 5 (2) o/g.

van der Voort, T.H.A., Beentjes, J.W.J., Bovill, M., Gaskell, G., Koolstra, C.M., Livingstone, S. eta Marseille, N. (1998), Young people's ownership and uses of new and old forms of media in Britain and the Netherlands, *European Journal of Communication*, 13 (4), 457-477.

## 7. Oharrak

Artikulu hau 2014ko ekainean defendatutako nazioarteko doktorego tesiaren laburpena da. Tesiaren izenburua da 'Nerabearen eta lagun-taldearen ikus-entzunezko kontsumoa 2011n: Gipuzkoako kasu azterketa', eta zuzendariak Aitor Zuberogoitia eta Patxi Juaristi dira. Testuingurua zein ondorioank harrezkero egindako ikerketa batzuen erreferentziekin aberastu dira.

# IKD GAZtE:

ikaslea bere ikaskuntzaren giradari bilakatzen denean

Calderon, O., eta Ortiz, L.
*Ikasleriaren ahalduntzea, Ikaskuntza-Irakaskuntza metodologia berriak eta Ekimen Sena*
*Kontakturako e-posta: ocalderon001@gmail.com*
*lierni.ortiz@gmail.com*

***Laburpena***

IKD GAZtE 2011/2012 ikasturtean jaiotako egitasmoa diziplina ezberdineko EHU/UPVko ikasleriak autogestionatzen dute, ikasleriaren ahalduntzea sustatzeko helburuarekin. Gipuzkoako Campuseko diagnostiko batean ateratako ondorioak aintzat hartuz, Ekimen Sena bultzatzen duen Ikaskuntza Modulua sortu zen eta ikerketa honen bitartez ondorioztatzen da moduluak ikasleriarengan ekimen sena, ikasten ikasi eta gaitasun zibiko eta sozialekin erlazionatutako konpetentziak nahiz bestelako zeharkako konpetentzia batzuk garatzea dakarrela. Hori kontutan hartuz, etorkizun hurbileko erronka nagusia moduluan konpetentzia gehiago garatzeko aukera zabaltzea eta ikasle, ikastegi zein eragile sozial gehiagoren inplikazioa izatea da.

Hitz gakoak: IKD GAZtE - Ahalduntzea - Ekimen Sena - Autogestioa - Interdiziplinarietatea - Modulua

***Abstract***

*IKD GAZtE is a project born in the 2011/2012 academic course, self-managed by students from different disciplines of the UPV/EHU, with the purpose of promoting the empowerment of the student. Considering the conclusions of a diagnosis made in the Campus of Gipuzkoa, the Sense of Initiative Learning Module was created and, through this research, it is deduced that the module develops competences related to the sense of initiative, learn how to learn and social and civic aptitudes in the students as well as the development of some other transversal competences. Taking this into account, the main challenge for the near future is to expand the chance to develop more competences and to have the involvement of more students, faculties and social agents.*

*Keywords: IKD GAZtE - Empowerment - Sense of Initiative - Self-management - Interdisciplinary - Module*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Unibertsitatearen zentzua eta egitekoa testuinguru eta garai jakin bateko erritmoarekin lotuta soilik uler daitekeenez, unibertsitateak jendarteko garaiko dinamika sozial eta kulturaletara egokitu beharra dauka ezinbestean. Azken urteotan bereziki mundua azkartasunez eraldatzen ari denez, unibertsitateko curriculum orokorrak etengabeko eraldaketa horretan murgilduta dagoen eta ezjakintasunak agintzen duen XXI. mendeko gizartearen behar eta eskarietara egokitu behar du erakunde bezala garatu ahal izateko. Unibertsitatearen egiteko nagusia beraz, bere esparruan gertatzen denarekiko kontzientzia duten eta sentikorrak diren, etengabeko aldaketetara egokitzeko gaitasuna duten eta arazo berriei era sortzaile eta kritikoan erantzuteko pertsonak trebatzea eta formatzea da (Martínez et al., 2002).

IKD GAZtE proiektutik uste dugu, egungo unibertsitateak eraldaketa horretara egokitzeko ikaslea ikaskuntzaren erdigunean ipini beharra duela, zaharkitua dagoen irakasteko modu tradizionaletik ikaskuntza esanguratsura igaroz. Ulertzen dugu ikasleriak soilik horrela eskuratuko dituela era eraginkor batean arlo profesional eta pertsonalari ekiteko beharrezko gaitasunak. Horrekin adierazi nahi dugu errealitatea ez dela zerbait objektiboa, estatikoa eta esperientziarik gabea eta hortaz, ikaskuntza-irakaskuntzaren ideia transmisio hutsaletik ikas-komunitateak eraikitzera igaro beharko litzatekeela, irakasle-ikasle erlazio bertikaletik horizontalera igaroz eta pasibotasunetik aktibotasun eta ekintzailetasunerantz pasatuaz. Iruditzen zaigu soilik horrela lortuko dutela ikasleek arazoen aurrean konpetenteak izaten eta errealitatea ikertzen, eraldatzen nahiz eraikitzen.

Ezaugarri horiek errealitate bihurtzeko asmoz, ondoren zehaztasunez azalduko dugun IKD GAZtE proiektutik eredu tradizionaletik dialogikora salto egiteko bidean gabiltza. Salto horren eraginkortasuna ikerketa honetan zehar neurtzeko asmoz idazten dugu eskuarteko artikulua.

### 1.1. Zer da IKD GAZtE?

IKD GAZtE proiektua UPV/EHUko curriculuma garatzeko IKD (Ikaskuntza Kooperatiboa eta Dinamikoa) eredu formatiboaren magalean garatzen den egitasmoa da. Proiektua Talde Sustatzailea deituriko Gipuzkoako Campuseko diziplina ezberdineko ikasleriak autogestionatzen, koordinatzen eta dinamizatzen dute eta ikasleriari zuzenduta dago.

Egitasmo hau UPV/EHUko Hezkuntzarako Laguntza Zerbitzuaren (SAE/HELAZ) barne garatzen da, Berrikuntza eta Gradu Ikasketen Errektoreordetzaren eta Gipuzkoako Foru Aldundiko Berrikuntza, Landa Garapena eta Turismo Sailaren eta zehazki esateko Gipuzkoa Ekintzailearen babes, finantzaketa eta lankidetzarekin batera. 2012/2013 ikasturtetik aurrera, IKD GAZtE Euskampus Nazioarteko Bikaintasun Fundazioaren estrategiaren barnean txertatzen da eta Ikasleen, Enpleguaren eta Gizarte Erantzukizunaren arloko Errektoreordetzaren babesa eskuratzen du.

IKD GAZtE 2011/2012 ikasturtean jaio zen eta xede nagusia Gipuzkoako Campuseko ikasleriaren ahalduntzea, aktibazioa, inplikazioa eta ekimen sena sustatzea da, azken batean modu aktiboan ikasteko metodologia berriak ezartzeko prozesuan ikasleria bere irakaskuntza-ikaskuntza prozesuaren protagonista bilakatu eta inguru hurbilarekin inplikatuagoa egon dadin. Aldi berean, IKD ereduak babesten dituen balioen sentsibilizazioan parte-hartzea eta ikasleria ekintza lerro horien baitan mobilizatzea ere badu jomuga. Helburu horiek lortzeak ikasleria eta irakasleria botere egitura horizontalean kokatzea suposatzen du, horretarako mekanismo kurrikularrak eta extra-kurrikularrak sortuz. Ahalduntze hori ikasleen autonomiaren garapenaren bitartez eramatea da xedea, beren ikaskuntza prozesuaren ardura hartzearen ideia helaraztearen bitartez.

Proiektuaren lehen urtean, ikasleriaren egoeraren berri izateko asmoz, diagnostiko tailerrak eta sentsibilizazio kanpainak burutu ziren Gipuzkoako Campusean, ikasleei hitza emanez. Parte-hartzaileen solasaldiak kontutan hartuz, ondorio batzuk atera ziren eta egungo ikasleriaren beharrak antzeman ziren. Behar horiek asetzeko asmoz, IKD GAZtEtik ondoren sakonago azalduko dugun Ekimen Sena bultzatzen duen Ikaskuntza Modulua diseinatu zen eta era piloto batean aplikatu eta ebaluatu zen 2012/2013 ikasturtean. Emaitzak emankorrak izan zirela aztertuta, iaz modulua birdiseinatu eta aplikatu zen eta ikasturte honetan, 2014/2015 ikasturtean alegia, berriro ere aplikatzeko lanetan gabiltza.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Arestian aipatutako diagnostiko tailerrek Gipuzkoako Campuseko ikasleriaren egoera islatu zuten, IKD ereduak proposaturiko ikaskuntza eredua eta Europar Batasunak adierazitako zeharkako konpetentzien garapena kasu askotan betetzen ez zirela argitaratuz. Horregatik, IKD GAZtEk honako helburu orokor hau planteatzen du: Ikasleek ekimen sena, ikasten ikastea eta gaitasun zibiko eta sozialekin loturiko konpetentziak garatzeko zer egin daitekeen ikertzea. Hemendik abiatuz, Ekimen Sena bultzatzen duen Ikaskuntza Modulua sortu zen, hiru konpetentzia horiek garatzeko moduluaren diseinu optimoa zein izan litekeen aztertzen jarraitzen da orduz geroztik, betiere dinamika eta ikaskuntza metodologia berriek ikasleengan duten eragina zein den ikusiz.

Helburua ezarrita, ikerketarekiko ezarritako hipotesi nagusien berri ematea gustatuko litzaiguke:

- IKD GAZtE unibertsitate mailan eraldaketa sustatzen duen proiektua da.
- IKD GAZtEk unibertsitateko ikasleriaren ekimen sena potentziatzen du.
- IKD GAZtEk erabilitako metodologi aktiboak ikasleriaren ikaskuntza prozesua esanguratsu bihurtzen dute.
- IKD GAZtEk unibertsitatea osatzen duten komunitate osoaren rol aldaketa eragiten du, ikasleriaren protagonismoa gainjarriz bere ikaskuntza prozesuan.

## 3. Ikerketaren muina

Gipuzkoako Campusean burutu genuen diagnostiko tailerretatik jasotako ikasleen erantzunetan oinarrituz, ikasle hauek Europar Batasunak adierazten dituen zeharkako konpetentzien (EB, 2006) jabe egitea beharrezkotzat jo zen, bereziki ekimen sena, ikasten ikastea eta gaitasun zibiko eta sozialak bezalako konpetentziak eskuratzea. Behin ondorio horretara iritsita, unibertsitateak ikasleen interesak bultzatzeko ondoren aipatzen diren ezaugarri hauek barneratu beharko lituzkeela ondorioztatu genuen: perfil ezberdinetako pertsonen arteko lankidetza, unibertsitate-gizarte harremana, ikaskuntzan autonomia eta ikaskuntza metodo berritzaileak. Paper gainean islatu genituen ezaugarri hauek praktikara eramateko, ostean gure moduluaren oinarri izan diren elementuak nola txertatu ahal genituen identifikatu genuen (Luque et al., 2014).

1. **Interes soziala duten proiektuetan oinarritua.** Gizarteko beharrei erantzuten dioten proiektu errealen aplikazioa.
2. **Elkar-lana**. Ikasle-ikasle, ikasle-irakasle, ikasle-gizarte eragile arteko lankidetza.
3. **Interdiziplinarietatea.** Formazio ezberdineko ikasle taldeen arteko lankidetza.
4. **Autogestioa**. Ikasleek %100ean burujabetasunez eta autonomiaz kudeatutako proiektuak.

Ezaugarri hauek guztiak barnebiltzen zituen eta errealitatean Gipuzkoako Campusean aplikatzea ahalbidetzen zuten ikaskuntza metodologia berritzaileen araketari ekin genion eta horietako hiru hautatu genituen gure proiektuari forma emateko, hain zuzen, Proiektuetan Oinarritutako Ikaskuntza (POI), Ikaskuntza-Zerbitzua (IkZ) eta Design Thinking (DT).

Lehen metodologiak, errealitateko gaien inguruko proiektuak burutzea eta arazo errealak konpontzea du helburu nagusitzat. Proiektua erreala dela kontuan harturik profil, lanbide, diziplina, hizkuntza eta kultura ezberdinetako jendearekin elkarlanean aritzea eskatzen duen metodologia da. Gainera, ikasleen kasuan, ikastegietan teorian bakarrik lan egitea saihestu eta proiektua aplikagarria izango dela jakiteak, ikaskuntza esanguratsua bilakatzen du (Galeana, 2006).

IkZ, POI mota bat da eta bere berezitasun nagusia eraikitako proiektuak gizartean sortzen diren behar sozialak asetzera bideratuak daudela da. Hau kontuan hartuz, proiektua aurrera eraman ahal izateko gizarte eragile desberdinen lankidetza eta parte-hartzea ezinbestekoa da. Modu honetan, ikasleen lana ekimen zibiko eta sozial bat bihurtzen da eta, beraz, ikaskuntza esperientzia aberastu egiten da, modu integralean garatzeko aukera emanez. Alde batetik, ikaskuntzak hobetu egiten du komunitateari ematen zaion zerbitzua, esku-hartze eraginkorrago bat ahalbidetzen baitu. Eta beste alde batetik, zerbitzuak zentzua ematen dio ikaskuntzari (Batlle, 2011).

Azken metodologia, DT, gaur egun objektuak sortzeko erabiltzen den diseinu eta berrikuntza metodo bat da, baina hezkuntza eta gizarte arloetako zerbitzu eta esku-hartzeetarako ere baliagarria izan ohi da. Metodologia honek pertsonei ematen die protagonismoa; bai diseinuan parte-hartzen dutenei bai produktuaren edo zerbitzuaren etorkizuneko erabiltzaileei ere. Diseinatzerakoan parte-hartzen duten guztiek lankidetzan jardun behar dute, hipotesiak proposatu eta frogatu behar dituzte, jarrera desberdinak integratu behar dituzte, erabiltzaileak kontuan hartu behar dituzte eta agertzen diren arazoei irtenbideak bilatu behar dizkiete (Brown eta Wyatt, 2010).

Ezaugarri eta metodologia hauetan oinarrituz Ekimen Sena bultzatzen duen Ikaskuntza Modulua diseinatu, aplikatu eta ebaluatu genuen DT metodologiaren laguntzaz.

### 3.1. Ekimen Sena bultzatzen duen Ikaskuntza Modulua

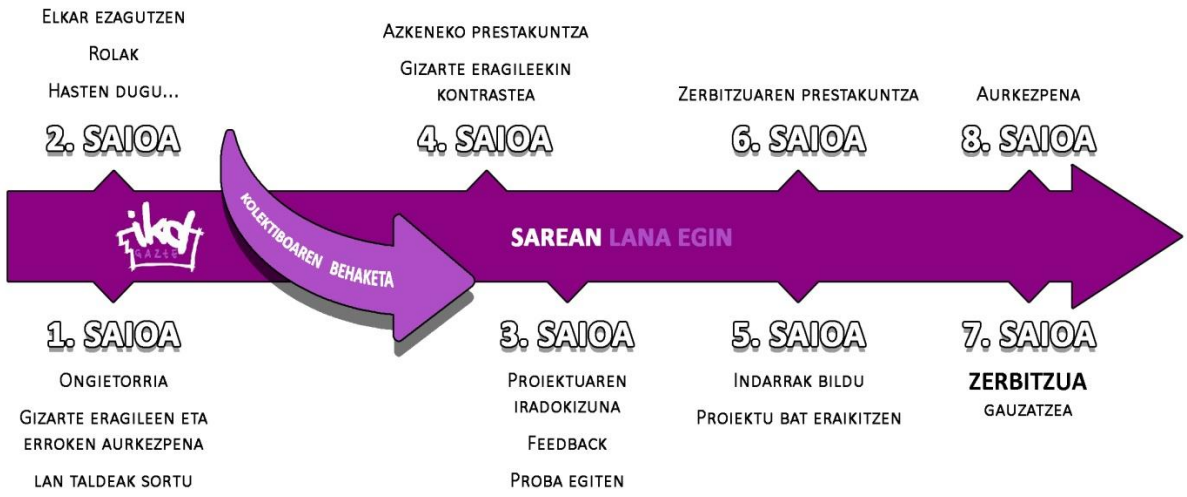
Moduluan Gipuzkoako Campuseko diziplina anitzetako ikasleek parte-hartzen dute eta haien eginbehar nagusia erakunde edota gizarte eragile batek proposatutako erronka bati aurre egitea da. Erronka gizarte eragile bakoitzak egunerokotasunetik antzemandako behar batetik eratortzen da. Ikasle talde bakoitzak proiektuaren sorkuntza errazteko eta gidatzeko, IKD GAZtE proiektuko kide den ikasle bat izan ohi du dinamizatzen, proiektuan praktika kontratu baten bidez lanean ari den ikasle bat hain zuzen.

Erronkari aurre egiteko, ikasleek autogestio bidez proiektu bat diseinatu, birdiseinatu, errealitatean aplikatu eta ebaluatu behar izaten dute, beraien ardura eta autonomia landuz ikasteko, lan egiteko eta erabakiak hartzerako garaian. Modulu guztian zehar ikasleen eta elkarte edota gizarte eragileen etengabeko harreman eta elkarrizketa egoten da, sortutako proiektuak beharra eraginkortasunez eta hurbiltasunez ase dezan bion arteko elkarlan eta adostasun eraikitzailearekin.

Ikasleak zortzi astez aritzen dira lanean, gizarte eragilearekin duten lehenengo kontaktutik proiektuaren aplikazioa eta aurkezpena egiten duten momenturaino. Taldeko kide guztiak astean behin elkartzen dira hiru orduz, baina hortaz gain beste hiru ordu ez-presentzial burutu behar izaten dituzte, guztira 50 orduko dedikazio bat eskainiz proiektuari. Denbora kopuru horrek 2 ECTSren balioa hartzen du, hau zentroekin eta irakasleriarekin aurrez adostutako ikasleen irakasgai batean txertatzen delarik, horrela garapen kurrikular bat bermatuz.

Lehenengo saioan moduluaren irekiera gauzatzen da eta ondoren, eragile sozialek beraien erronkak aurkezten dituzte eta parte-hartzaileen lehentasunak kontutan hartuta taldeak sortzen dira. Hurrengo bi saioetan lan egiteko erremintak zehaztu ostean, egoeraren inguruko diagnostikoa egiten dute, marko teorikoa osatzen hasten dira eta dinamika ezberdinen laguntzaz prototipatzen dihardute. Laugarren saioan, ikasle taldearen eta eragile sozialaren topaketa gauzatzen da, normalean eragile sozialaren egoitzan, eta orain arteko proiektuaren diseinua aurkeztu eta adostasun batetara iristen dira, orain artekoa eraldatuz eta birdiseinatuz. Datozen bi saioetan proiektua bera hobetzen eta xehetasunez lantzen da eta zerbitzua gauzatzeko beharrezko material guztia nahiz aurrekontua zehazten da. Zazpigarren saioan proiektua errealitatean aplikatzen da, zerbitzu bat eskainiz eta erronkari erantzunez. Azken saioan proiektuaren, esperientziaren eta taldearen ebaluazioa gauzatzen da, proiektu guztiak aurkezten dira eta moduluari itxiera ematen zaio.

**1. Irudia. Ekimen Sena bultzatzen duen Ikaskuntza Moduluaren egituraren laburpena.**




Aipatutako ezaugarri eta metodologiak kontutan hartuz, puntu honen hasieran aipatutako konpetentziak garatu direla frogatzeko baliagarriak diren ebaluazio tresnen berri ematea ezinbestekoa da. Ebaluazioa kualitatiboa eta formatiboa da, hau da, prozesu osoan zehar gauzatzen da eta garrantziaren araberako bi zutabetan sailkatzen da, "mugarriak" eta "jarraipenezkoak". Lehenak, moduluko ikaskuntzaren helburu garrantzitsuenak bete direla ziurtatu nahi du, gakoak diren momentuak islatuz. Bigarrenak, ordea, ikasleriaren eta taldearen garapenaren berri emateko balio diguten informazioa eskaintzen dute, zerbait espero moduan joaten ez bada momentuan aldaketak egiteko aukera emanez. Moduluan zehar dinamizatzaile bakoitza ebaluazio txosten bat osatzen joaten da mugarri eta jarraipenak kontutan hartuz eta amaieran txosten guztiak komunean jarri eta moduluaren balorazio orokor bat gauzatzen da, emaitzak interpretatuz eta hobekuntza proposamenak eginez. Lehenengo taulan ebaluazioari buruzko xehetasunak agertzen dira, hain zuzen, zer den ebaluatzen dena, zenbatgarren saioan egiten den eta nola burutzen den.

**1. taula. Ebaluazio mugarriak eta jarraipenezko ebaluazioa.**

| | Z[a] | NOIZ? | ZER? | NOLA? |
|---|---|---|---|---|
| MUGARRIAK | 1 | 3.saioa | Erabiltzailea, gizarte eragilea eta erronka kontutan hartuz, era logiko batean informazioa bilatu, bildu eta bateratzeko gaitasuna. Marko teorikoa | Dinamizatzaile bakoitzak aurkitutako informazioa aztertuz, irizpide batzuk betetzen dituen fitxa baten bitartez. |
| | 2 | 4.saioa | Egitasmo proposamena egokitzeko gaitasuna, gizarte eragilearekin izandako kontaktua eta elkarrizketa. | Dinamizatzaile bakoitzak topaketa edo bilera aztertuko du irizpideen araberako ebaluazio fitxa bat betez. |
| | 3 | 7.saioa | Diseinatutako zerbitzuaren gauzatze egokia. | Ikasleen parte-hartzea eta jokabidea behatuz eta erabiltzaile eta eragile sozialei elkarrizketak eginez. |
| | 4 | 8.saioa | Moduluan zehar eskuratutako ikaskuntza. | Proiektuaren, norbanakoaren, taldearen eta moduluaren auto-ebaluazio, ko-ebaluazio eta hetero-ebaluazio fitxak betez. |
| JARRAIPENEZKOAK | 1 | 3.saioa | Proiektuaren lehen iradokizuna: Ideiak proiektu bilakatu | Taldeek proiektuaren lortu nahi dituzten helburuak, proposatzen duten zerbitzua, bideragarritasuna, AMIA analisia eta erronkari aurre egiteko eraginkortasuna aztertuz galdera bidez antolatutako fitxa bat bete behar dute. |
| | 2 | 4.saioa | Nola goaz? | Ikasleek fitxa bat betetzen dute, orain arte betetako eta ez betetako helburu eta igurikapenak islatuz, pertsonalki eta taldean positiboak diren eta hobetu beharreko aldagaiak azalduz eta orokorrean prozesua nola doan aztertuz. |

## 4. Ondorioak

Bi urtez burutu den moduluaren aplikazioaren esperientzia ikasle parte-hartzaileentzat oso positiboa izan dela ikusi dugu ebaluazio tresnetan ateratako nahiz dinamizatzaileek behaketaren bitartez antzemandako ondorioak aztertu, txosten batean islatu eta interpretatu ondoren.

Ebaluazioa tresna nagusitzat hartuz beraz, kualitatiboki ikus daiteke ikasle parte-hartzaileek helburutzat jarritako hiru konpetentzien garapen esanguratsua bizitzen dutela moduluaren diseinuaren eta erabilitako metodologien ondorioz, hain zuzen ekimen sena, ikasten ikastea eta gaitasun zibiko eta sozialekin erlazionaturiko konpetentziena. Proiektua erreala izateak ikasleen motibazioa areagotzen du, honek aldi berean, iniziatiba bultzatzen duelarik. Proiektua guztiz autogestionatua denez, ikasleek beraiek ikusi behar dute nola kudeatu proiektua. Hau modu egokian eginez gero, ikasten ikasteko konpetentzia garatzen da. Azkenik, proiektu guztiak eragile sozial batek planteaturiko erronka batean oinarritzen direnez, nahitaez egoera sozialen aurrean eduki behar den jokabidearen garapena jasaten dute. 2. eta 3. mugarrietan lortutako datu eta emaitzek hori frogatzen dute, talde guztiek lortzen baitute gizarte eragilearekin adostasun batera iristea eta proiektua modu eraginkor batean aplikatzea.

Hauez gain, zeharka garatu nahi diren bestelako konpetentzia eta gaitasun batzuk ere lantzen direla islatzen du ebaluazioak, hala nola, talde lana, diziplina anitzeko pertsonekin lan egitea ikuspegi globala eskainiz erronkari, testuingurua eta erabiltzailearen ikerkuntza eta diagnostikoa, kontaktu erreal eta zuzena mantentzea unibertsitate kanpoko pertsonekin eta egoerekin, eragile sozialarekin adostasun batera heltzea, proiektua hobetzea berrelikapenaren bitartez, proiektu erreal bati erantzuna ematea eta aplikatzea, proaktibitatea, ekintzailetasuna, IKTen erabilera, jendaurrean hitz egitea, aurrekontua doitzea eta beharrezko materialak zehaztea eta ikaskuntza esanguratsu bilakatzea.

Parte-hartzaileen autogestioa pixkanaka handiagotzen doanez prozesuak aurrera egin ahala, dinamizatzailearekiko autonomia hartzen doaz eta proiektua bere egiten dute, beren ikaskuntzaren gidari bilakatuz. Honela beraien kabuz zeharkakoak diren konpetentziak ere garatzea lortuz. 4. mugarrian ikasleek egiten duten auto-ebaluazioan, ko-ebaluazioan eta hetero-ebaluazioan adierazitako ideiak ere konpetentzia hauen garapenaren froga dira, bertan taldeko partaide gehienek baieztatzen

baitute moduluaren hasieran baino konfiantza gehiago dutela beraien gaitasunetan. Ikasle batzuen ahotatik irten ziren esaldiek ere hau islatzen dute:

- "He superado con creces lo esperado al principio del módulo (...). He cambiado la forma de ver de las cosas, y ahora conozco diferentes formas de trabajar".
- "Esperientzia ezberdina da, beraz oso baliagarria Pertsonalki, ikusten dut perspektiba ezberdinak lantzen eta ideia berriekin aberasten ari naizela.

## 5. Etorkizunerako planteatutako norabidea

Azken bi edizioetako emaitza arrakastatsua ikusirik, eta ikasleriak prozesuan zehar jasaten duen konpetentzien garapena baikortzat hartuz, etorkizunerako Gipuzkoako Campusean modulua handitzea da helburua. Honek ikasle, ikastegi eta gizarte eragile gehiagoren inplikazioa suposatuko luke batetik, eta modulua denboraz eta kreditu kopuruz handitzea bestetik. Azken puntu honek dinamika eta metodologia berriak praktikan jartzea ahalbidetuko luke, eta aldiz berean, zeharkako konpetentzia gehiagoren garapena.

Bestalde, gaur egungo moduluan konpetentzia gehiago garatzen direnaren hipotesia dugu, baina momentuz ez daukagu hauek ebaluatzeko metodorik. Hortaz, moduluak aurretik esandako zabalkunderik ez jasan arren, ebaluazio tresnen hobekuntza eta birdiseinu bat bilatuko da, horrela ikasleen garapenaren gertuago dauden datuak jasotzeko ateak zabalduz. Hau modu egokian planteatzearren, urtero moduluaren diseinuaren ebaluazio bat burutzen da eta aurreko urtekotik abiatuz, aurten ere moduluaren birdiseinua martxan da, horrela 2014/2015 ikasturte honetan landu nahi ditugun konpetentziak ondo finkatuta utziz. Birdiseinu sistema honek modulua beti egungo egoerak eskatzen dituen beharrei eguneratua egongo dela bermatzen du.

## 6. Erreferentziak

Batlle, R. (2011). ¿De qué hablamos cuando hablamos de Aprendizaje-Servicio? *Crítica*, (61), 49-54.

Brown, T., eta J. Wyatt. (2010). *Design Thinking and Social Innovation*. Stanford Social Innovation Review.

Europar Batasuna (2006). Europako Parlamentuaren eta Kontseiluaren gomendioa, 2006ko abenduaren 18koa, etengabeko ikaskuntzarako funtsezko gaitasunei buruzkoa. Europar Batasuneko Aldizkari Ofiziala, L 394/10, ES.

Galeana, L. (2006). *Aprendizaje basado en Proyectos. Revista electrónica*, CEUPROMED. http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf (Kontsulta: 2015/02/09).

Luque, B., Subiza, M., Irazabal, G., Suarez, M. eta Calderon, O. (2014). IKD GAZTE: autogestión, multidisciplinariedad y proyectos colaborativos para la adquisición del sentido de la iniciativa. *Tendencias Pedagógicas* (23) 127-140.

Martínez, M., Esteban Bara, F. eta Buxarrais Estrada, M. R. (2002). La universidad como espacio de aprendizaje ético. *Revista Iberoamericana de Educación* (29), 17-44.

## 7. Eskerrak eta aipamenak

Lehenik eta behin, eskerrak ematea gustatuko litzaiguke Gipuzkoako Foru Aldundiko Berrikuntza, Landa Garapena eta Turismo sailari, zehazki esanda, Gipuzkoa Ekintzaileari IKD GAZtE proiekturi eskainitako babes eta finantzaketagatik. Bestetik, aipamen berezia merezi dute EHU/UPVko Berrikuntza eta Gradu Ikasketen Errektoreordetzak, Enpleguaren eta Gizarte Erantzukizunaren arloko Errektoreordetzak eta Euskampus Nazioarteko Bikaintasun Fundazioak, proiektu hau unibertsitatean garatzea posible egiteagatik. Bestetik, proiektu honetan murgilduta dauden EHU/UPVko komunitatea osatzen duten irakasleriari, ikasleriari eta administrazioko langileei nahiz gurekin lankidetzan diharduten eragile sozialei gure eskerrik beroenak ematea gustatuko litzaiguke, paperean islatu dugun proiektua errealitatean aplikatzea ahalbidetzeagatik. Eta bukatzeko, Hezkuntzarako Laguntza Zerbitzuari (SAE/HELAZ), IKD GAZtE egitasmoa bertatik sustatzeagatik eta IKD GAZtEko kide diren ikasleei proiektua maitasunez martxan jartzeagatik.

# Euskarazko eta frantsesezko hizkuntza gaitasunen bilakaera Ipar Euskal Herriko lehen mailako eskolatze elebidunean

Lascano, B.
*Ikerketa gunea: IKER UMR 5478*
benatlaxka@hotmail.fr

## *Laburpena*

Euskara-frantsesezko irakaskuntza elebiduna anitz garatu da azken 40 urteetan Ipar Euskal Herrian. Gaur egun murgiltze eredu eta ordu parekotasun ereduek dute haurrak elebiduntzeko xedea, eta hauetan banatuak dira haur hezkuntza eta lehen mailako ikasleen erdiak, izan etxetik euskaldun ala erdaldun. Ikerketa honetan, lehen mailan zehar D ereduko haur elebidunek garatzen dituzten hizkuntza gaitasunak aztertuko dira. Ahozko kontaketaren bidez (ipuin miresgarriak kontatzen grabatu eta filmatu dira haurrak, bai euskaraz eta bai frantsesez), 6, 8 eta 10 urtetan duten kontaketarako autonomia, edukien planifikazioa eta konexioa begiratuko da.

Hitz gakoak: elebitasuna, hizkuntza gaitasunak, kontaketarako autonomia, edukien planifikazioa, konexioa

## *Abstract*

*Basque-French bilingual education increased a lot during the last 40 years in the northern Basque-country. Nowadays the basque immersion system or hour parity system are those which want the pupils to become bilinguals, and half of them is learning in these schools (with basque or french as home language). In this research, we analyze language skills of children in primary school in the immersion system. Based on the storytelling (we recorded and shot pupils telling stories in basque and in french), we see 6, 8 and 10 years old children telling autonomy, text planning and connexion.*

*Keywords: bilingualism, language skills, telling autonomy, text planning, connexion*

## 1. Sarrera

Ikerketa hau eraman dut ELEBIDUN proiektu zabalago baten bidetik, bien helburua Ipar Euskal Herriko haurren hizkuntza gaitasunak aztertzea delarik (ELEBIDUN proiektua Baionako IKER eta Gasteizeko ELEBILAB laborategiekin elkarlanean eramana da 2011-tik).

Hiru eskola elebidun mota desberdin garatu dira azken 40 urteetan Ipar euskal herrian: murgiltze eredua (D eredua), ordu parekotasun eredua (B eredua), eta hautuzko eredua (A eredua). Gaur-egun, haur hezkuntza eta lehen hezkuntzako ikaslegoaren erdia hauetan eskolatua dago. Haur hauetan, ez dute denek jatorrizko soslai soziolinguistiko bera, izan ere, batzuk etxetik soilik euskaldunak dira, batzuk soilik erdaldunak, batzuk elebidunak. Familien transmisio desberdinetatik at gainerat, Ipar Euskal Herriko euskararen egoera berezia da, izan hizkuntzarena orokorrean, frantses hizkuntza edo estatuarekiko duen harremana (egoera diglosikoa eta ofizialtasunik ez), edo eskualdeen arabera duen bizitasuna. Ondorioz, haur batzuk beste batzuk baino anitzez gehiago entzuten edo bizitzen dute euskara eskolatik kanpo.

Testuinguru aberats horretan eskolatuak diren haur elebidunen hizkuntza garapen prozesua neurtu nahi du ELEBIDUN proiektuak. Horretarako, 6, 8 eta 10 urtetako haurren ahozko ipuin kontaketak grabatu dira D ereduko bi eskoletan (bat ingurune soziolinguistiko euskaldun bat eskaintzen duen herri batekoa eta bestea ingurune soziolinguistiko erdaldunekoa), eta B ereduko bi eskoletan (irizpide beretan oinarrituz herriak hautatzeko). Azkenik, konparazio puntu bat ukaiteko frantses hizkuntzaren garapenerako, frantses elebakar eredua segitzen duten haur batzuk ere grabatu dira. Haurren ahozko ekoizpen hauek transkribatuz osatu da aztertzeko corpus-a.

## 2. Helburuak eta hipotesiak:

Ikerketa honek Ipar Euskal Herriko hezkuntza elebidunari buruzko proiektu zientifiko enpiriko eta kualitatibo bat izan nahi du. Helburua orokorra da lehen hezkuntzaren luzeran ikasle elebidunek barneratu hizkuntza gaitasunen errepresentazio bat ukaitea, ikerketa transbersala baten bidez, ikustea zer dakarren eskolatze elebidun batek, izan etxetik euskaldunentzat, euskara lehen hizkuntza (H1) dutenentzat ala etxetik erdaldunentzat, euskara bigarren hizkuntza (H2) dutenentzat. Lehen denbora batean D ereduko datuak aztertu dira, ondoko helburu berezi eta hipotesia hauekin.

Alde batetik euskarazko gaitasunak neurtu dira. Suposatu da gaitasun hauek garatuz joanen zirela adinean joan arau, bai eta ere maila hobea ukanen zutela etxetik euskaldunak ziren ikasleek lehen denbora batean (eta lehen hezkuntzaren azken urteetan, etxetik erdaldunak zirenek gaitasun antzekoak ukanen zituztela).

Bigarrenik, neurtu dira frantsesezko gaitasunak, eta hemen alderantziz, suposatu da adinean joan arau gero eta hizkuntza maila hobea ukanen zutela ikasleek, baina lehen hezkuntzako azken urteetan gaitasun berak baldin badituzte ere denek, garapena lasterrago bat eginen zutela etxetik erdaldunek etxetik euskaldunek baino. Azken urteetan, suposatu da ere frantses elebakarren gaitasun berak ukanen zituztela elebidun guziek, etxetik euskaldunek ere, Ipar Euskal Herriko euskararen egoera diglosikoaren ondorio.

Bestalde, irakaskuntza/ikaskuntza elebidunak dakarren hizkuntza gaitasunari buruzko informazio enpirikoak bilduko dira lan honekin, eta informazio berriak emanen dizkigu Ipar Euskal Herriko elebitasunari buruz: haur elebidunek zein hizkuntza eta zein heinetaraino garatzen dute lehenik (beren H1en arabera)? H2a zein erritmotan barneratzen dute? Zein eragin du bigarren honek lehen hizkuntzaren baitan? Bi hizkuntzen arteko nahasketarik ba ote da, kode txandaketarik? Elebakarrekiko aldaketarik badea? Azken hamarkadan garatu dien teoriek dioten bezala (Cummins 1983, Dalgalian 2000, Hagège 1996) bi hizkuntzetan ikasteak ez du eragin txarrik ekartzen, molde egokian egina baldin bada, eta are gehiago, bigarren hizkuntza baten ikasteak lehena indartzen du, eta gaitasun kognitibo berezi batzuk gehiago garatzen ditu ondotik, beste ikaskuntza batzuentzat eraginkorra izanez. Gu ere ideia hauekin bat gatoz, pentsatzen dugu hasteko ez diola bigarren hizkuntza baten ikasteak gaitasunik kentzen lehenari, eta ikusiko dugu ze heinetaraino egiaztatzen ditugun teoria hauek bildu emaitzekin.

Ikerketa berak eramanak izan dira jada EAE eta Nafarroan, hauen emaitzak agertzen dira I. Manterolaren tesian besteak beste (Manterola, 2010). Hauen eredua segituz eraman dugu lan Ipar Euskal Herrian, eta helburutzat jo dugu ere Euskal Herri osoko datuak ukaitea horrela, konparagarriak izateko gisa (eta suposatuz antzeko emaitzak izanen zirela).

## 3. Ikerketaren muina eta ondorioak

### 3.1 Corpusaren osaketa:

Ikerketaren lehen urratsa datu bilketa izan da. Miarritze eta Hazparneko D ereduko eskolak hautatu dira haurren grabaketak egiteko, lehena ingurune erdaldunekoa eta bestea euskaldunekoa baita (hau 2011an Euskararen Erakunde Publikoak eta Eusko Jaurlaritzak egin inkestetan oinarriturik erabaki da; V. inkesta soziolinguistikoa, Eusko Jaurlaritza eta EEP, 2011). Bigarren debora batean haur frantses elebakarren grabaketak egin dira, frantseseko gaitasunentzat talde kontrol gisa ibiltzeko hau, Hiriburu eta Ezpeletako eskoletan. Aldi oro 6, 8 eta 10 urteetako klaseetako haurrak dira grabatu (frantses sisteman CP, CE2 eta CM2 deitu klaseetan), ikerketa transbersala bat egiteko gisan.

Grabaketak egiteko dispositiboa hau izan da (ELEBILAB laborategiak finkatu metodo bera segitu dugu): heldu batek, gela batean ikasleak talde txikitan hartuta, ahoz kontatzen zien ipuin bat (Mattin Zaku euskaraz, eta Étincelle frantsesez), album baten irudiak erakutsiz. Ondotik ikasleen txanda zen, binaka gelditzen ziren gelan, lehenak bigarrenari kontatzen zion, gero bigarrenak hirugarrenari etab (aldi oro bukatu eta ikasle kontalaria gelatik joaten zen eta beste

ikasle bat sartzen). Euskarazko eta frantsesezko kontaketa guziak grabatu (eta filmatu) eta, batzuk transkribatu dira. Hazparneko eskolatik (ingurune euskaldunekoa) euskara H1 zuten ikasleen ekoizpenak dira transkribatu, eta Miarritzeko eskolatik (ingurune erdalduna) frantsesa H1 zuten ikasleenak. Elebakarren ipuin guziak transkribatu dira ere, eta horrela da osatua izan aztertzeko testuen corpusa. Orotarat 146 transkribaketa egin dira, euskaraz eta frantsesez 29na Hazparnen (6 urtetan 10, 8 urtetan 11, 10 urtetan 8), 30na Miarritzen (6 urtetan 12, 8 urtetan 7, 10 urtetan 11), eta hauei gehitzen zaizkie elebakarren frantsesezko 26 transkribaketak (6 urtetan 11, 8 urtetan 9 eta 10 urtetan 6). Hauei gehitzen zaizkie helduak egin kontaketa ereduen transkribaketak (bat lagin bakoitz).

Komunikazio egoera berezi batean beraz (ahozko kontaketa eredu bati jarraituz) grabatu dira soslai soziolinguistiko bereziko ikasle batzuen ekoizpenak. Hazparneko ikasleak hartuko dira euskararen barneratze prozesuaren eredu gisa, eta frantses elebakarrak frantsesaren barneratze prozesuaren erdu gisa. Corpus horri esker aztertzen ahalko dugu Ipar Euskal Herriko D ereduko elebidunen hizkuntza gaitasunen bilakaera lehen hezkuntzan. Hona orain zein bide hautatu dugun azterketaren burutzeko.

### 3.2 Ikerlerroak:

Corpusak eman datu enpirikoak aztertzeko anitz ardatz har zitezkeen, ondoko ikerlerro hauek ditugu hautatu hizkuntza gaitasunak neurtzeko:

- Kontaketarako autonomia
- Edukien planifikazioa
- Denborazko testu antolatzaileak

Hautu honek zehaztu digu ikerketaren problematika, honako galdera osatuz: zein da, Ipar Euskal Herriko testuinguru soziolinguistikoan, D ereduko lehen hezkuntzan eskolatuak diren haurren hizkuntza gaitasunen bilakaera euskaraz eta frantsesez (euskara H1 edo H2 dutenentzat) kontaketarako autonomia, edukien planifikazioa eta konexio mailan?

### 3.3 Ikerketak eta emaitzak:

Datu ohargarrienak soilik aipatuko ditut ondoko ataletan.

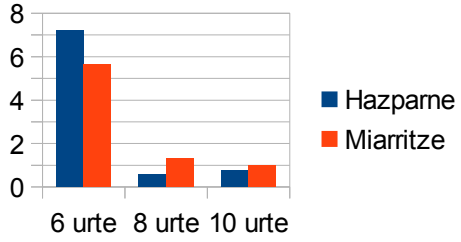
#### 3.3.1. Kontaketarako autonomia

*Segitutako prozedura:*

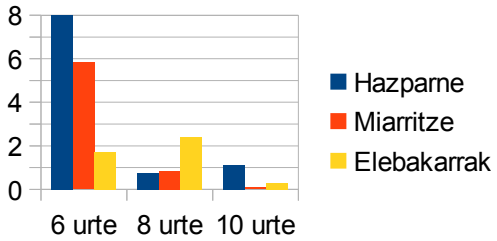
Kontaketarako autonomia izan da hizkuntza gaitasunak neurtzeko lehen ikerlerroa. Aztertu da zenbateraino haurrak gai izan diren behin entzun duten ipuin bat beren baitarik berriz kontatzeko, laguntzarik gabe. Kontatu da zenbat aldiz ikasleak bere kontaketa eten duen, laguntza beharrez, eta zenbat izan diren helduaren interbentzio kopuruak (hitz bat errateko, izen bat, gertakari bat...etab). Hots zenbat aldiz autonomia falta bat agertu den haurrarengan kontatu da. Teorian, haurrak, hizkera eta ondotik hizkuntza bereganatuz, gaitasun monologala lortzen du emeki emeki (De Weck, 2005), eta adin batetik goiti laguntza berak eskatzen dio helduari, kontaketa autoerregulatu bat ekoiztuz, helduaren laguntzarik batere behar ez duen arte (Matthey, 2003).

Haurren kontaketa autonomiako lehen emaitzak irudi hauetan agertzen dira (1. eta 2. irudiak):

**1. irudia. Helduaren laguntza kopuruak euskarazko ipuinetan:**




**2. irudia. Helduaren laguntza kopuruak frantsesezko ipuinetan:**



Interbentzio kopuru hauek ikusiz ikasleak perfil desberdinetan sailkatu dira, irizpide hauen arabera:

- Erabateko autonomia duten ikasleak: hauek hastetik buru inolako interbentziorik gabe ipuina kontatu dute.
- Autonomia handia duten ikasleak: interbentzio bakar batzuk behar izan dituzte (1 eta 3 artean, maiz hitz bat edo pertsonai baten izena ez zekiten nola erran, eta haiek berek galdetzen zioten laguntza helduari).
- Autonomia ertaina duten ikasleak: hauek kontatzeko 4 eta 10 interbentzio artean behar izan dute.
- Autonomia txikia duten ikasleak: 10 interbentziotik goiti behar izan dute ipuina kontatzeko.
- Autonomiarik ez duten ikasleak: 20 interbentziotik goiti egin ditu helduak.

*Ondorioak:*

Ohargarria izan da ondoko emaitza hau: 8 urtetatik goiti ikasle guziak autonomo dira (autonomia handia edo erabatekoa dute) D ereduan, bai frantsesez eta bai euskaraz. 10 urtetan erabateko autonomia gehiago agertu da Hazparneko laginean euskarazko ipuinetan, eta alderantziz erabateko autonomia gehiago Miarritzen frantsesezko ipuinetan.

Beste datu ohargarria: elebakarren laginean 6 urterekin denak autonomo badira ere, ez da hala gertatu 8 urterekin (%82a izan da autonomo). 10 urterekin, berriz %100a izan da autonomo elebakarren laginean.

### 3.3.2. Edukien planifikazioa

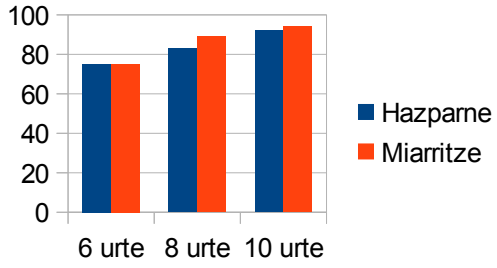
*Segitutako prozedura:*

Kontaketarako autonomiaren ondotik, bigarren ikerlerroa gainegitura narratiboaren azterketa izan da. Hain zuzen ere, gerta daiteke ipuin bat hastetik buru kontatua izatea autonomoki, baina horrek ez du bermatzen ipuina osotasunean kontatua izan denik, elementu zenbait ahantziak izan daitezke. Edukien planifikazio osoa aztertu da beraz, J. M. Adamek proposatu edukien simetria eta zerrendan oinarrituz (Adam, 1992, 1994, 1996). Izan ere, ipuin miresgarrien genero honetan, eskema bera segitua da beti: ipuinaren hasieran “hasierako egoera” aurkeztua da (informazio gako batzuk emanez, nun pasatzen den ipuina, noiz, protagonistak aurkezten dira...etab), “desorekaldi” bat gertatu arte. Ondotik “ekintzen garapen fasea” izaten dugu (hor ditu heroiak froga desberdinak pasatuko desorekaldiaren eragin txarrak aldatzeko), eta honen lorpenetik dator “orekaldia”. Azkenik “bukaerako egoera” batekin (hasierakoarekiko desberdina, alderantzizkoa eta hobea) bukatzen da ipuina.

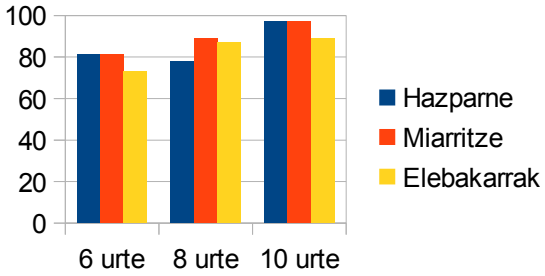
Haurrei kontarazi dizkiegun bi ipuinek ere arras eskema hau segitzen dute, eta ipuina osoki kontatua izana zela onesteko, errateko baitezpadakoak ziren edukien zerrenda bat osatu da, eta hauetatik haurrek zenbat erran dituzten begiratu dugu. Egin-molde hau ere ELEBILAB laborategiak finkatutakoa da, eta I. Manterolak (2010) egin duen moduan jokatu dut.

Honen emaitzak ondoko irudietan agertzen dira (3. eta 4. irudiak):

**3. irudia. Erranak izan diren edukien bataz bestekoak euskarazko ipuinetan:**




**4. irudia. Erranak izan diren edukien bataz bestekoa frantsesezko ipuinetan:**




Ikusten den bezala, euskarazko eta frantsesezko ipuinetan, adinean joan arau gero eta eduki gehiago erran dira lagin guzietan. Ohargarria izan da ez direla bortxaz elebakarrak exhaustiboenak izan frantsesezko ipuinen edukien planifikazioan.

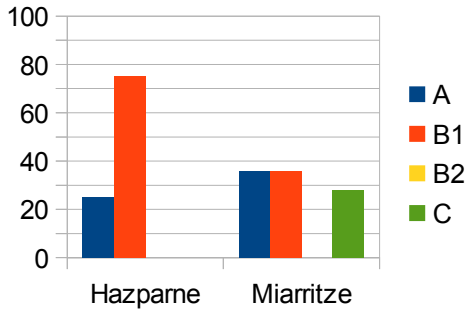
Bigarren denbora batean perfil desberdinetan sailkatu dira ikasleak, I. Manterolak (2010) erabili dituen irizpideetan oinarrituz berriz ere:

- C perfila du eduki guziak erran dituen ikasleak, hau da perfil osatuena.
- B perfila ukanen du ikasleak eduki batzuk eskas baldin baditu bere kontaketan (B1 perfilekoa izanen da edukiak eskas baldin baditu ekintzen garapen fasean, eta B2 perfilekoa beste faseetan baldin baditu eskas).
- A perfila dute bai ekintzen garapen fasean eta bai beste fase batean edukiak eskas dituzten ikasleak, hau da perfil osatugabeena.

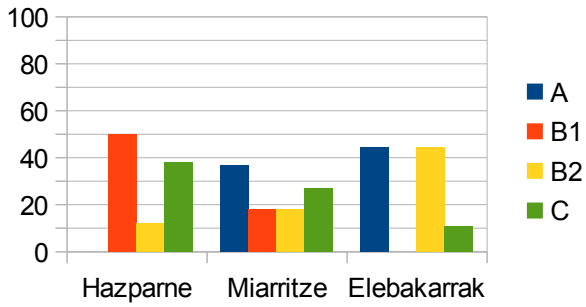
*Ondorioak:*

Honako emaitzak izan dira: euskarazko ipuinetan perfil gero eta osatuagoak dituzte ikasleek adinaren arabera (gero eta adin gehiago eta gero eta perfil osatu gehiago), notatzekoa da halere C perfila, osatuena, Miarritzeko 10 urteko laginean soilik agertzen dela (%28) eta euskara H2 dute haur hauek. Frantsesezko ipuinetan, hemen ere perfil gero eta osatuagoak agertzen dira adinaren arabera. Notatuko dugu Miarritzen dela goizenik agertzen C perfila (8 urterekin perfil horretako ikasleak badira), haatik 10 urterekin Hazparnen da C perfil gehiena (%38) eta hauek frantsesa H2 dute, elebakarren laginean delarik C perfil gutxiena adin berean (%11), Miarritzen %27ak du perfil hau 10 urtetan. Argiago izateko, hona 10 urtetan lortu emaitzak iruditan (5. eta 6. irudia):

**5. irudia. 10 urtetako edukien planifikazio perfilak euskarazko ipuinetan:**




**6. irudia. 10 urtetako edukien planifikazio perfilak frantsesezko ipuinetan:**



### 3.3.3. **Konexioa**

*Segitutako prozedura:*

Azken ikerlerroa konexioarena izan da. Denborazko testu antolatzaileen kudeaketa dut bereziki aztertu. Hautu hau egin dut Bronckart-ek proposatzen dituen testu azterketa molde batzuk ikusiz (Bronckart 1979). Hauetan agertzen da narrazioan denboraren kudeaketa berezi bat egina dela. Alabaina, mundu diskurtsibo berezi batean gertatzen da ipuinak kontatutakoa, eta ipuinaren denbora-ardatza enuntziazioaren momentutik at den beste bat da.

Testu antolatzaile guziak bildu dira lehen denbora batean lan horrentzat, eta hiru multzotan sailkatu dira, Larringanen (2007) lanetako irizpideak segituz. Lehenik, artxikonektore bezala erabili diren testu antolatzaileak bildu dira (orotarikoak, loturazko funtzio guzietarako erabili direnak), euskaraz hiru izan dira ("eta", "(eta) gero, "(eta) orduan) eta frantsesez lau ("et), "(et) puis", "(et) alors", "(et) après"). Bigarren multzo batean sailkatu dira denborazko testu antolatzaileak (eta kasu batzuetan oraintxe aipatu testu antolatzaileek denborazko balorea zuten, hemen sailkatu dira beraz). Azken multzo batean eman dira besteak (kausazko testu antolatzaileak, denborazkoak ez diren menderagailuak...etab).

Oro har, adin gehiago duten laginetan testu antolatzaile gehiago ekoiztuak izan dira (eta orotarikoen multzoa beti kopurutsuena baldin bada ere beste multzoekiko, adinean joan arau gero eta gutxiago ekoiztu dira, beste testu antolatzaileen ehunekoak goratuz). 10 urtetan euskarazko testuetan Hazparnen helduaren ereduetan bezainbat testu antolatzaile ekoiztu da (ipuina kontatzeko erabili diren hitzetatik %18,1 ziren), Miarritzen pixka bat gutxiago (%14,6). Adin berean frantsesezko ipuinetan Hazparnen da testu antolatzaile gehienik ekoiztu (%13,9), gero Miarritzen (%12) eta elebakarren laginean (%10), helduak bataz bestekoan %10,8 ekoiztu dituelarik.

Lehen datu kuantitatibo hauek ikusita, interesgarriena berriz ere perfila desberdinak eta hauen ehunekoak ikustea izan da. Hemen ere segitu dira I. Manterolak (2010) erabili irizpideak, Bronckart (1996) eta Larringan-en lanetan oinarrituz (Larringan 2007), ikasleak perfil desberdinetan sailkatzeko.

Bi irizpide mota gurutzatu dira. Lehenik ikusi da haurrek testu antolatzailerik erabili duenez kontaketa hasteko, eta berdin kontaketa honen ixteko, ipuina bukatua dagola adierazteko. a perfilekoa izanen da ez badu ez ainguraketa ez itxierarik markatu, b perfilekoa bietarik bat egin badu, eta c perfilekoa biak markatu baditu testu antolatzaileen bidez. Bigarrenik, Bronckart-en ikuspegian oinarrituz, denborazko testu antolatzaileen erabilpen maila desberdindu da (zein funtziotarako erabili diren hauek). A perfilean sailkatu dira denbora markatzeko soilik artxikonektoreak erabili dituzten ikasleak. B perfila dute beste denborazko testu antolatzaile bat bederen erabili duten ikasleak esaldi barneko denborazko loturak markatzeko. C perfila dute beste denborazko testu antolatzaile bat bederen erabili duten ikasleak testu mailako denborazko loturak markatzeko (esaldi, tipo diskurtsibo edo fase desberdinen arteko loturak).

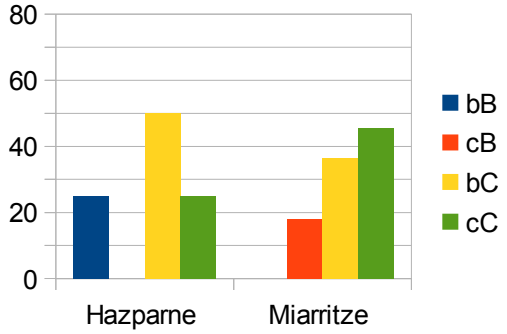
Bi datuak gurutzatuz osatu dira perfilak (ad: aC perfila duen ikasle batek testu mailako loturak egiten ditu artxikonektoreetatik at beste denborazko testu antolatzaileak erabiliz, baina ez du ez ipuinaren hasiera ez itxiera markatu).

*Ondorioak:*

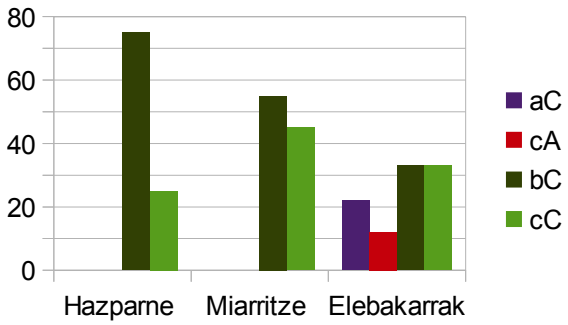
Emaitzak, 6 urterekin aski nahasiak badira ere (perfil denetarik agertzen da kasik lagin guzietan), ohargarria da 10 urterekin oro har perfil osatuenak soilik direla gelditzen. Euskarazko ipuinentzat: Hazparnen 10 urtetan hiru perfil dira gelditzen (%50 bC, %25 cC eta %25 bB) eta Miarritzen ere hiru (%45,5 cC, %36,5 bC, eta %18 cB). Frantsesezko testuetan: Hazparnen bi perfil dira adin horretan (%75 bC eta %25 cC), Miarritzen ere (%55 bC eta %45 cC), eta talde elebakarrean haatik gelditzen dira gutxiago garatuak diren perfil batzuk 10 urtetan (%33 cC, %33 bC, %22 aC eta %12 cA). Azken datu hau interesgarria da hemen ere (ez dira bortxaz elebakarrak konexio maila gorena erakutsi dutenak frantsesez 10 urtetan).

Ondoko irudietan (7. eta 8.ak) argiago agertzen dira 10 urtetako emaitzen aldeak:

**7. irudia. 10 urtetako denborazko konexio perfilak euskarazko ipuinetan:**




**8. irudia. 10 urtetako denborazko konexio perfilak frantsesezko ipuinetan:**




## 4. Ondorioak, eta etorkizunerako planteamendua:

Izan kontaketa autonomian, edukien planifikazioan ala denborazko testu antolatzaileen kudeaketan, erran daiteke adinean joan arau gaitasunak garatuz doazela eta helduaren ereduari hurbiltzen direla haurren kontaketak, bai euskaraz eta bai frantsesez (6 urtetan nahasiago dira emaitzak 10 urtetan baino). Hizkuntza gaitasunen garapena lasterrago heldu da haurrak beren lehen hizkuntzan ari direlarik, aurreikusia izan zen bezala. Haatik gertatzen da ere bigarren hizkuntza duten laginetako haurrek beste laginetakoek baino gaitasun garatuagoak izatea, bereziki 10 urtetan, D ereduko elebitasunak gaitasunik kentzen ez duelako froga, eta are gehiago, dakarzkien abantailak aitzinean emanez.

10 urtetan hona nolako emaitzak diren, eta zein laginetan izan diren gaitasunik osatuenak. Euskarazko testuetan Hazparneko laginak ziren beren lehen hizkuntzan ari (H1), eta Miarritzekoak beren bigarren hizkuntzan (H2), eta hau gertatu da, kontaketa autonomian gaitasun garatuagoak zituen H1 taldeak, aldiz edukien planifikazioan eta denborazko testu antolatzaileen erabilpenean H2 taldeak. Erdarazko testuetan Miarritzeko taldea zen H1 taldea, eta Hazparnekoa H2 (elebakarrak H1 elebakar deituko dira). Hau gertatu da: kontaketa autonomian gaitasun garatuagoak zituen H1 taldeak (gero H1 elebakar taldeak, H2 taldea aitzin), aldiz edukien planifikazioan H2 taldeak (eta gero H1 taldeak, H1 elebakar taldea aitzin) eta denborazko testu antolatzaileen erabilpenean berriz H1 taldeak (eta gero H2 taldeak, H1 elebakar taldea aitzin).

Garapena gertatzen da klase guzietan beraz, eta emaitzak bertsuak izan arren lehen hezkuntza bukaeran alde txiki batzuk badira laginen artean, eta murgiltze sisteman eskolatuak diren haurrek beti hizkuntza gaitasun pixka bat garatuagoak dituzte elebakarrek baino (hauek sail ez elebidunetan eskolatuak direlarik). Azken hau datu itxaropenezkoa da elebitasunarentzat, bi hizkuntzak ongi garatuak direlako froga baita, gaur egungo Ipar Euskal Herriko testuinguru linguistikoan.

Bistan dena, emaitza hauek hiru ikerlerro berezi aztertuta lortu dira, eta corpusa osatu da haurrak egoera komunikatibo berezi batean emanez. Ondoko lanetan aberasten ahalko dira ondorioak (corpusa bera oraindik gehiago sakontzen ahal baita), beste hizkuntza gaitasun batzuk aztertuz beste iker-ardatz batzuen bidez, pareko emaitzak direnez ikusteko (izen eta aditz kohesioa hartuz ikerlerro bezala adibidez). Ez dezagun ahantz ere B ereduko eskola elebidunen haurren ekoizpenak grabatuak eta transkribatuak izan direla, hauek ere interesgarriak izanen dira aztertzeko bigarren denbora batean.

## 5. Aipatu erreferentzia bibliografikoak:

Adam, J. M. 1992, *Les textes : types et prototypes*, Nathan.

Adam, J. M. 1994, *Le texte narratif*. Université Nantes.

Adam, J.M., Revaz, F. 1996, *l'analyse des récits,* Seuil.

Bronckart, J-P. 1979, Pour une méthode d'analyse des textes. Presses universitaires de Bruxelles.

Bronckart, J.-P. 1996, *Activité langagière, textes et discours. Pour un interactionnisme socio-discursif*. Paris ; Delachaux et Niestlé.

Cummins, J. 1983, *Interdependencia lingüistica y desarrollo educativo de los niños bilingües*. Univ. De Alberta.

Dalgalian, G. 2000, *Enfances plurilingues. Témoignages pour une éducation bilingue et plurilingue.* Paris : L'Harmattan, 153 or. ISBN : 2-7384-9146-4

De Weck, G. 2005, "L'appropriation des discours par les jeunes enfants", in B. Pierart (ed.), Le langage de l'enfant : comment l'évaluer ? Bruxelles : De Boeck.

Hagège, C. 1996, *L'enfant aux deux langues*. Paris : Odile Jacob, 278 or.

Larringan, L.M. 2007, "Testu-motak eta testu-antolatzaileak: zer lotura?", in P. Alonso & I. Plazaola (ed.), Hizkuntza ekinean: testuak, diskurtsoak, generoak. Donostia: Erein.

Manterola, I. 2010, *Euskarazko murgilketa haur hizkuntzan: euskara gaztelania elebitasunaren azterketa. Ahozko ipuinen analisi diskurtsiboa eta didaktikoa*. EHU: Doktorego tesia.

Matthey, M. 2003, Apprentissage d'une langue et interaction verbale. Berne: Peter Lang.

V. inkesta soziolinguistikoa, Eusko Jaurlaritza eta EEP, 2011.

## 6. Eskerrak:

Azken lerro hauetan eskertu nahi nituzke nire ikerketetan hastetik segitzen eta azkarki laguntzen nauten pertsonak, bai nire bi tesia zuzendariak eta bai ELEBILAB eta IKER laborategietako kideak, eta hala izan da artikulu hau idazteko momentuan ere. Bukatzeko, nola ez, eskertuko ere ditut ikerketan parte hartu duten eskoletako ikasleak eta hori ahalbidetu eta baimendu duten irakasle eta zuzendari eta gurasoak.

# Zientzia Zehatzak eta Natur Zientziak

# Substantzia alergenoak, kontserbagarriak eta ultramore-iragazkiak kuantifikatzeko metodoen garapena eta aplikazioa

Lopez-Gazpio, J., Millán, E.
*Kimika Aplikatua Saila. Kimika Fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)*
*j.lopezgazpio@gmail.com*

***Laburpena***

Lan honetan kosmetikoen osagaiak kuantifikatzeko bi metodo aurkezten dira. *A* metodoa 7 kontserbagarri eta 8 lurrin alergeno determinatzeko garatu zen. *B* metodoa mota desberdinetako 14 kontserbagarri eta bentzofenonaren deribatuak diren 2 ultramore-iragazki determinatzeko garatu zen. Hautatutako konposatuak asko erabiltzen dira kosmetikoen eta zainketa pertsonalerako zein etxeko beste produktuen osagai gisa, eta Europako legedian aipatzen dira. Bi metodoak kromatografia elektrozinetiko mizelarrean eta lerrokatutako diodoen detekzioan oinarritzen dira. Optimizatutako eta balioztatutako metodoak lagin komertzialetan aukeratutako osagaiak kuantifikatzeko erabili ziren eta emaitza arrakastatsuak lortu ziren.

Hitz gakoak: Lurrin alergenoak, Kontserbagarriak, UV-iragazkiak, Kosmetikoak, MEKC-DAD

***Abstract***

*In this work two methods for determination of cosmetic ingredientes are presented. Method A was developed for determination of 7 preservatives and 8 fragrance allergens. Method B was developed for determination of 14 multiclass preservatives and 2 benzophenone-type ultraviolet-filters. The selected target compounds are widely used as ingredients in many cosmetic, household and personal care products, and are included in the European Regulation on cosmetic products. Both methods are based on micellar electrokinetic chromatography and diode array detection. Optimized and validated methods were successfully applied to quantify the selected ingredients in commercial samples.*

*Keywords: Fragrance allergens, Preservatives, UV-filters, Cosmetics, MEKC-DAD*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Kosmetikoen, etxeko produktuen eta zainketa pertsonalerako produktuen (PCP, *personal care products*) analisiak interes handia piztu du azken hamarkadetan. PCPak edonon erabiltzen direnez, gizartean kezka dago kosmetikoen osagaien segurtasunari buruz eta baita kontsumitzaileengan izan ditzaketen albo-ondorioei buruz ere. Europar Batasunaren kasuan, 2009ko abenduaren 22an EBko aldizkari ofizialean 1223/2009 araudia argitaratu zen (European Parliament, 2009), 2013ko uztailaren 13an indarrean jartzekoa. Araudi horrek legedia nabarmen aldatu zuen, aurreko zuzentarauari hobekuntzak eta zuzenketak eginez. Era berean 1223/2009 araudiak legedia sinplifikatu, harmonizatu eta argitu zuen. Produktu kosmetikoen segurtasunari dagokionez, kontzeptu aldaketa interesgarria ekarri zuen 1223/2009 araudiak, aurreko legedia baino zorrotzagoa delako. Araudiaren 4. kapituluan kosmetikoetan erabili ezin diren edo erabilpen mugatua duten substantziak sailkatzen dira. Muga horiek kontzentrazio maximoari, produktu motari edo produktuaren etiketari buruzkoak izan daitezke, besteak beste. Kosmetikoetan dauden osagaien kuantifikazioa oinarrizko atala da produktuen kalitate-kontrolean. Hortaz, ikerkuntza honetan lurrin alergenoak, kontserbagarriak eta ultramore-iragazkiak izan ziren aztergai.

Lurrinak edonon aurki daitezke kosmetikoen osagai gisa, eta 3.000 lurrin baino gehiago daude eskuragarri kosmetikan. Horietatik guztietatik, SCCS EBko erakundeak 26 lurrin alergeno (PAS, *potentially allergenic substances*) identifikatu zituen: substantzia horiek alergia kasu askoren erantzuleak dira. PASak etiketan identifikatuta egon behar dira kontzentrazioa %0,001 baino handiagoa bada kosmetiko iraunkorren kasuan (perfumeak, kremak, eta abar), eta %0,01 baino handiagoa bada eliminatzekoak diren produktuen kasuan (gelak, xaboiak, xanpuak, eta abar). Ikerketa honetan 8 PAS aukeratu ziren, bai erabilpen-maila eta baita talde kimikoak kontuan hartuta: alkoholak (bentzil alkohola, anisil alkohola, linaloola eta geraniola), laktonak (kumarina), konposatu karbonilikoak (zitrala) eta fenolak (eugenola eta isoeugenola).

Kontserbagarriei dagokienez, produktuen egonkortasuna bermatzeko erabiltzen diren substantziak dira eta produktu askotan gehitzen dira, hala nola kosmetikoetan, zainketa pertsonalerako produktuetan eta etxeko beste produktuetan. Kontserbagarriak bi talde handitan sailkatzen dira: antimikrobianoak eta antioxidatzaileak. Kontserbagarri antimikrobianoak ura duten produktuetan hazkuntza mikrobianoa saihesteko gehitzen dira. Ikerketa honetan, hainbat motatako kontserbagarri antimikrobianoak izan ziren aztergai: azido organikoak (azido salizilikoa, azido bentzoikoa eta azido sorbikoa), azido 4-hidroxibentzoikoaren esterrak (metil-, etil-, propil- eta butil-parabenoa), isotiazolinonak (metilisotiazolinona, klorometilisotiazolinona eta bentzisotiazolinona) eta triklosana. Kontserbagarrien bigarren talde handia antioxidatzaileena da: oxigenoaren ondorioz gertatzen diren erreakzioak saihestea dute helburu. Kosmetikan erabiltzen diren antioxidatzaileetatik, arruntenak aukeratu ziren analisirako, alegia, butil hidroxitoluenoa (BHT) eta butil hidroxianisolaren bi isomero (2-BHA eta 3-BHA).

Ultramore-iragazkiak ere maiz egoten dira zainketa pertsonalerako produktuetan. UV-iragazkien helburua larruazala babestea izan ohi da, baina, beste kasu batzuetan produktu kosmetikoa bera eguzki-izpien kalteetatik babesteko gehitzen dira. EBk 26 UV-iragazki onartu ditu PCPtan erabiltzeko. Horietatik, bentzofenonaren deribatuak dira arruntenak, hain zuzen ere, bentzofenona-3 eta bentzofenona-4 dira gehien erabiltzen diren bentzofenonaren deribatuak.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Azken urteotan intereseko esparrua da kosmetikoen hainbat osagai aldi berean kuantifikatu ahal izatea: hori eginez gero, analisi bakarrean mota desberdinetako konposatuak errazago eta azkarrago kuantifika daitezke. Literatura zientifikoan aurki daitezkeen ikerketetan, kontserbagarrien kasuan nagusiki gas-kromatografia eta masa-detektagailuak (GC-MS) edo likido-kromatografian (LC) oinarritutako teknikak erabiltzen dira (Yang et al., 2010; Sanchez-Prado et al. 2013). Lurrin alergenoen eta UV-iragazkien kasuan ere, GC eta LC dira teknika erabilienak (Asimakopoulos et al., 2014; Liao eta Kannan, 2014). Elektroforesi kapilarra (CE), aldiz, ez da hain arrunta aipatutako osagaiak aztertzeko eta, azken urteotan indarra hartzen ari den analisi-teknika da. Gainera, CE teknika berdea da: disolbatzaile eta erreaktibo kontsumo txikia du aurres aipatutako teknikekin alderatzen bada. Metodo elektroforetikoek geroz eta interes handiago dute eta, zenbait kasutan, aipatutako osagaiak bereizita aztertzeko aplikatu dira (Furlanetto et al., 2010; Maijó et al., 2013), baina ez osagaiak aldi berean kuantifikatzeko.

Ikerketa honen helburua kromatografia elektrozinetiko mizelarrean (MEKCen, alegia, CEren aldaera batean) oinarritutako metodoen garapena izan zen, zainketa pertsonalerako produktuetan lurrin alergenoak, kontserbagarriak eta UV-iragazkiak banatzeko eta kuantifikatzeko. *A* metodoa erabiliz 7 kontserbagarri eta 8 lurrin alergeno kuantifika daitezke (Lopez-Gazpio et al. 2014) eta *B* metodoa erabiliz, aldiz, 14 kontserbagarri (*A* metodokoak barne) eta bentzofenonaren deribatuak diren 2 ultramore-iragazki kuantifika daitezke (Lopez-Gazpio et al., 2015). Horretaz gainera, ikerketaren helburua erantzun-funtzio kromatografiko berri bat garatzea izan zen, metodoetan eragin adierazgarria duten aldagaiak identifikatzeko eta ikertutako baldintza esperimentalen erantzun optimoa bilatzeko.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Prozedura orokorra

Instrumentazioari dagokionez, esperimentu guztiak Agilent 7100A CE ekipoan egin ziren (Agilent Technologies, Suitza). Ekipo horrek lerrokatutako diodoen detektagailu ultramorea (DAD) zuen. Lagina eta estandarrak injektatzeko 45 mbar-eko presioa aplikatu zen 8 segundoz (injekzio hidrodinamikoa) eta banaketa lortzeko 30 kV-eko potentzial-diferentzia erabili zen. Detektagailuan 210 nm-ko uhin-luzera finkatu zen analitoak kuantifikatzeko (zenbait salbuespenekin), eta barne-patroiaren metodoa erabili zen.

Metodoen optimizazioari dagokionez, honako prozedura hau jarraitu zen: 1) hasierako esperimentuetan oinarrituta metodoan eragin handiena duten aldagaiak eta haien mugak

aukeratu ziren. 2) CCD motako diseinu esperimentala erabiliz aldagaien balio desberdinak aztertu ziren, era antolatuan. 3) Diseinu esperimentalean lortutako elektroferograma bakoitzari, erantzun-funtzio kromatografiko aldatuaren arabera (MCRF), balio bat esleitu zitzaion (Lopez-Gazpio et al., 2014). 4) MCRF optimoa ahalbidetzen zuten aldagaien balioak finkatu ziren behin-betiko metodoan.

Aldagai adierazgarrien balio optimoak finkatu ondoren, metodoen ezaugarri analitikoak aztertu ziren: kalibraketa zuzenak, linealtasuna, detekzio mugak (LOD), kuantifikazioa mugak (LOQ), doitasuna eta zehaztasuna. Detekzio eta kuantifikazio mugak lortzeko $3{,}3\times SD/b$ eta $10\times SD/b$ ekuazioak erabili ziren, hurrenez hurren (*SD*: ordenatu jatorriaren desbideraketa; *b*: kalibraketa zuzenaren malda). Doitasunaren kasuan, bi parametro aztertu ziren: errepikakortasuna (jarraian egindako analisien desbideraketa) eta bitarteko doitasuna (epe luzeagoan egindako analisien desbideraketa). Zehaztasuna ebaluatzeko, aldiz, berreskuratze probak egin ziren (*recovery test*). Ezaugarri analitikoen ebaluazioa egokia izan zen bi metodoetan, ohikoak diren irizpideak oinarritzat hartuta (Lopez-Gazpio, 2014).

Azkenik, optimizatutako eta ebaluatutako metodoekin hainbat laginetan hautatutako osagaiak kuantifikatu ziren. Laginen prestaketa prozedura sinplea izan zen. Zehazki pisatutako lagin kantitatea % 25 metanol zen ur-disoluziotan disolbatu ziren. Beharrezkoa zenean, ultrasonikazioa aplikatu zen 2-4 minutuz lagina disolbatzeko. Ondoren, barne-patroia gehitu zen (bentzalazetona) eta disoluzioa 0,45 µm-ko iragazkiak erabiliz iragazi zen. Aztertutako lagin guztiak Gipuzkoako hainbat dendatan lortutakoak ziren.

**1. taula. *A* metodoaren ezaugarri analitiko garrantzitsuenak.**

| | Konposatua | Tarte lineala (µg/mL) | $R^2$ | LOD[a] (µg/mL) | LOQ[b] (µg/mL) | Doitasuna[c] (%RSD) | Zehaztasuna[d] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bentzil alkohola | 5,54 – 35,59 | 0,9984 | 1,85 | 5,54 | 3,9 – 5,2 | 106,8 – 109,3 |
| 2 | Anisil alkohola | 3,44 – 35,50 | 0,9994 | 1,15 | 3,44 | 4,6 – 7,0 | 112,0 – 115,4 |
| 3 | Metilparabenoa | 6,22 – 32,71 | 0,9978 | 2,07 | 6,22 | 4,9 – 6,4 | 104,7 – 112,9 |
| 4 | Azido sorbikoa | 3,29 – 21,26 | 0,9986 | 1,10 | 3,29 | 3,9 – 6,1 | 95,0 – 113,0 |
| 5 | Kumarina | 4,34 – 21,34 | 0,9976 | 1,45 | 4,34 | 2,4 – 5,9 | 94,4 107,4 |
| 6 | Azido salizilikoa | 3,51 – 21,38 | 0,9984 | 1,17 | 3,51 | 3,7 – 5,7 | 110,4 – 114,6 |
| 7 | Azido bentzoikoa | 5,14 – 32,58 | 0,9985 | 1,71 | 5,14 | 3,4 – 10,8 | 100,4 – 113,2 |
| 8 | Etilparabenoa | 4,25 – 20,90 | 0,9976 | 1,42 | 4,25 | 2,5 – 6,4 | 98,4 – 113,2 |
| 9 | Propilparabenoa | 4,64 – 21,25 | 0,9972 | 1,55 | 4,64 | 3,1 – 4,4 | 109,4 – 112,2 |
| 10 | Eugenola | 8,41 – 28,12 | 0,9947 | 2,80 | 8,41 | 7,2 – 13,3 | 99,5 – 105,2 |
| 11 | Isoeugenola | 8,12 – 44,91 | 0,9979 | 2,71 | 8,12 | 11,1 – 19,2 | 91,9 – 105,2 |
| 12 | Zitrala | 17,56 – 66,33 | 0,9941 | 5,85 | 17,56 | 12,6 – 14,8 | 99,0 – 106,2 |
| 13 | Linaloola | 33,12 – 120,10 | 0,9956 | 11,04 | 33,12 | 6,8 – 12,7 | 102,0 – 111,6 |
| 14 | Butilparabenoa | 9,65 – 32,84 | 0,9948 | 3,22 | 9,65 | 7,4 – 11,6 | 107,2 – 110,9 |
| 15 | Geraniola | 6,20 – 36,20 | 0,9984 | 2,07 | 6,20 | 4,9 – 16,7 | 88,9 – 111,2 |

[a]LOD = (3,3×SD)/b; [b]LOQ = 3×LOD; [c]Errepikakortasuna eta bitarteko doitasuna; [d]Berreskuratze probaren emaitzak

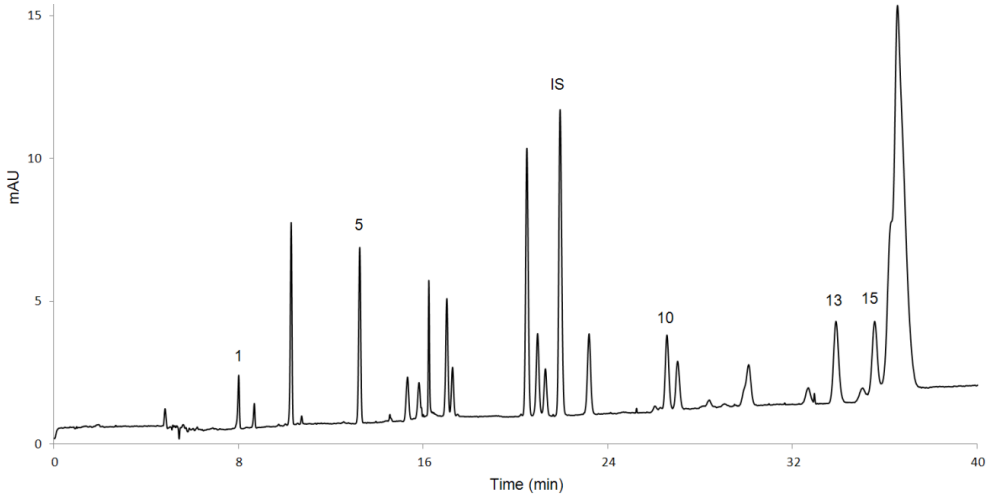
### 3.2 *A* metodoa: lurrin alergenoen eta kontserbagarrien analisia

*A* metodoaren kasuan, diseinu esperimentalean aztertutako aldagaiak elektrolito kontzentrazioa (STB, sodio tetraboratoa), surfaktante kontzentrazioa (SDS, sodio dodezilsulfatoa) eta pHa izan ziren. Analisi esperimentala eta MCRF funtzioaren balio egokienak aztertu ondoren, aldagai horiek honako balio hauetan finkatu ziren: 24 mM STB, 100 mM SDS eta pH = 9,0.

Ondoren, baldintza horietan metodoaren ezaugarri analitikoak ebaluatu ziren. *A* metodoarekin kuantifika daitezkeen konposatuen zerrenda eta metodoaren ezaugarri analitikoak 1. taulan jasota daude. MEKCen oinarritutako metodoaren ezaugarri analitikoak egokiak zirela frogatu ondoren, lagin komertzialak aztertu ziren, aurreko atalean azaldutako laginen prestaketa prozedura jarraituz. 15 osagaiak 29 PCP eta etxerako produktuetan kuantifikatu ziren, lagin bakoitza bi aldiz analizatuz. Lortutako emaitzetatik azpimarragarria da linaloola izan zela PAS arruntena (14 laginetan zegoen, alegia, % 48,3an). Beste analito guztiak ere aurkitu ziren

aztertutako laginetan, azido sorbikoa izan ezik. Hauek izan ziren emaitza positiboak (osagai kantitate kuantifikagarria zuten laginak): bentzil alkohola (% 31,0), anisil alkohola (% 3,4), metilparabenoa (% 13,8), kumarina (% 34,5), azido salizilikoa (% 13,8), azido bentzoikoa (% 37,9), etilparabenoa (% 6,9) propilparabenoa (% 6,9), eugenola (% 31,0), isoeugenola (% 3,4), zitrala (% 24,1), butilparabenoa (% 3,4) eta geraniola (% 24,1). Analizatutako gel baten kasuan lortutako elektroferograma 1. irudian dago ikusgai.

**1. irudia. Gel baten analisia (S23 lagina) *A* metodoa erabiliz. Identifikazioa: 1) bentzil alkohola, 5) kumarina, 10) eugenola, 13) linaloola, 15) geraniola eta IS) barne-patroia.**




### 3.3 *B* metodoa: kontserbagarrien eta UV-iragazkien analisia

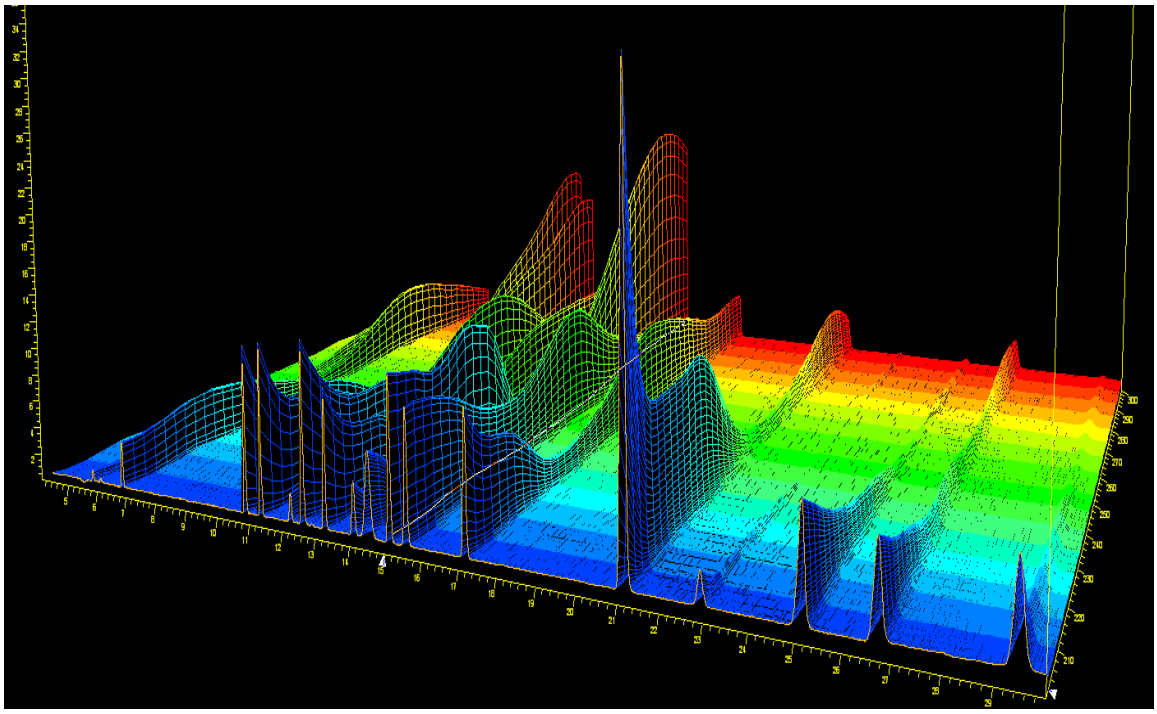
*B* metodoari dagokionez, diseinu esperimentalean aztertutako aldagaiak STB kontzentrazioa, SDS kontzentrazioa, pHa eta metanol (MeOH) ehunekoa izan ziren. Aurreko kasuan bezala, diseinu esperimentala erabiliz baldintza desberdinetan lortuako MCRFa aztertu zen. *B* metodoaren kasuan, konposatuen banaketa optimoa lortzeko erabili beharreko baldintzak hauek izan ziren: 18 mM STB, 60 mM SDS, pH = 9,4 eta % 10 MeOH. Balio horietan metodoaren ezaugarri analitikoak aztertu ziren (2. taula) eta egokiak zirela egiaztatu ondoren, metodoa laginen analisian aplikatu zen.

**2. taula. *B* metodoaren ezaugarri analitiko garrantzitsuenak.**

| | Konposatua | Tarte lineala (µg/mL) | $R^2$ | LOD[a] (µg/mL) | LOQ[b] (µg/mL) | Doitasuna[c] (%RSD) | Zehaztasuna[d] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Metilisotiazolinona | 3,92 – 83,51 | 0,9996 | 1,31 | 3,92 | 3,8 – 7,4 | 94,5 – 105,6 |
| 2 | Klorometilisotiazolinona | 3,50 – 51,24 | 0,9969 | 1,17 | 3,50 | 3,3 – 6,6 | 91,4 – 102,4 |
| 3 | Metilparabenoa | 4,32 – 65,25 | 0,9991 | 1,44 | 4,32 | 5,8 – 8,3 | 97,7 – 100,8 |
| 4 | Etilparabenoa | 4,79 – 64,64 | 0,9994 | 1,60 | 4,79 | 4,6 – 13,5 | 93,7 – 103,8 |
| 5 | Azido sorbikoa | 4,71 – 65,42 | 0,9981 | 1,57 | 4,71 | 5,6 – 10,6 | 94,9 – 100,4 |
| 6 | Bentzisotiazolinona | 8,17 – 62,71 | 0,9938 | 2,72 | 8,17 | 5,3 – 8,2 | 92,0 – 97,3 |
| 7 | Butilparabenoa | 5,78 – 64,88 | 0,9968 | 1,93 | 5,78 | 3,2 – 8,4 | 95,8 – 107,6 |
| 8 | Azido bentzoikoa | 4,31 – 64,80 | 0,9951 | 1,44 | 4,31 | 5,0 – 6,1 | 98,6 – 109,8 |
| 9 | Azido salizilikoa | 5,19 – 65,55 | 0,9938 | 1,73 | 5,19 | 3,8 – 7,6 | 93,4 – 101,5 |
| 10 | Bentzofenona-4 | 2,72 – 63,82 | 0,9921 | 0,91 | 2,72 | 5,7 – 7,2 | 90,4 – 107,4 |
| 11 | Propilparabenoa | 5,97 – 64,53 | 0,9920 | 1,99 | 5,97 | 3,6 – 7,1 | 96,5 – 102,2 |
| 12 | 3-BHA | 4,97 – 64,01 | 0,9952 | 1,66 | 4,97 | 3,0 – 14,2 | 95,3 – 114,8 |
| 13 | 2-BHA | 6,23 – 62,49 | 0,9991 | 2,08 | 6,23 | 2,0 – 11,5 | 104,6 – 109,0 |
| 14 | Triklosana | 6,92 – 62,52 | 0,9958 | 2,31 | 6,92 | 3,9 – 8,7 | 101,8 – 105,2 |
| 15 | Bentzofenona-3 | 6,79 – 69,64 | 0,9972 | 2,26 | 6,79 | 4,6 – 12,0 | 90,8 – 107,0 |
| 16 | BHT | 8,41 – 101,71 | 0,9933 | 2,80 | 8,41 | 5,1 – 13,8 | 101,1 – 111,8 |

[a]LOD = (3,3×SD)/b; [b]LOQ = 3×LOD; [c]Errepikakortasuna eta bitarteko doitasuna; [d]Berreskuratze probaren emaitzak

**2. irudia. Lerrokatutako diodoen detektagailu ultramoreari esker lortutako elektroferograma tridimentsionala. Lagina: *B* metodoaren bidez kuantifika daitezkeen osagai guztien nahastea.**



Metodoa optimizatu eta balioztatu ondoren, zainketa pertsonalerako produktuen eta etxeko beste zanbait produkturen analisian aplikatu zen (guztira 24 lagin). 2. irudian laborategian prestatutako lagin baten analisian lortutako hiru dimentsioko elektroferograma dago ikusgai. Bertan, *B* metodoa erabiliz kuantifika daitezkeen 16 osagaien banaketa bereizten da. Laginei dagokienez, azido bentzoikoa izan zen kontserbagarri arruntena (8 laginetan kuantifikatu zen, hau da, laginen % 33,3an). Aipatzekoa da kontserbagarri eta UV-iragazki guztiak aurkitu zirela laginetan, azido sorbikoa eta bentzisotiazolinona izan ezik (azken hori ez dago araudian onartuta). Gainontzeko osagaiak laginen ehuneko hauetan zeuden kontzentrazio kuantifikagarrian: metilparabenoa (% 25,0), propilparabenoa (% 16,7), etilparabenoa (% 12,5), butilparabenoa (% 12,5), azido salizilikoa (% 8,3) 3-BHA (% 8,3), triklosana (% 8,3), metilisotiazolinona (% 8,3), bentzofenona-3 (% 8,3), 2-BHA (% 4,2), BHT (% 4,2), klorometilisotiazolinona (% 4,2) eta bentzofenona-4 (% 4,2).

## 4. Ondorioak

Hasieran finkatutako helburuen arabera, hauek dira ikerketa honen ondorio nagusiak bi dira: alde batetik, lurrin alergenoen eta kontserbagarri antimikrobiano hidrofilo eta hidrofoboak aldi berean kuantifikatzeko MEKC teknikan oinarritutako metodoa garatu da (*A* metodoa) eta; bestetik, kontserbagarri antimikrobiano hidrofiloak eta hidrofoboak, antioxidatzaileak, isotiazolinonak eta UV-iragazkiak aldi berean kuantifikatzeko metodoa garatu da (*B* metodoa).

Diseinu esperimentala eta erantzun-gainazalen metodologia aplikatu dira ikertutako sistemetan eragina duten aldagai adierazgarriak identifikatzeko eta baldintza analitiko optimoak aukeratzeko. Bestalde, MCRF funtzioa aplikatu da, eta diseinu esperimentalarekin batera metodo elektroforetikoak optimizatzeko tresna erraz eta eraginkorra dela frogatu da. Garatutako bi metodoen ezaugarri analitikoen ebaluazioa egokia izan da. Azkenik, garatutako eta optimizatutako metodoak erabiliz etxeko eta zainketa pertsonalerako produktu desberdinetan hautatutako osagaiak analizatu dira, metodoak matrize-mota desberdinetan aplika daitezkeela egiaztatuz. Aztertutako produktu guztien kasuan, EBko 1223/2009 araudia betetzen dutela baieztatu da.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honetatik abiatuta geroko lan interesgarria dago egiteko. Alde batetik, hautatutako osagai guztien aldi bereko banaketa eta kuantifikazioa oraindik ez da lortu eta, bestetik, osagai gehiago kuantifikatu ahal izatea erronka handia da, esaterako, ultramore-iragazki gehiago (kanforraren deribatuak, azido 4-aminobentzoikoaren deribatuak, zinamatoak, salizilatoak, eta abar) edo beste osagai mota batzuk (adibidez, ftalatoak).

## 6. Erreferentziak

Asimakopoulos, A.G., Wang, L., Thomaidis, N.S. eta Kannan, K. (2014), A multi-class bioanalytical methodology for the determination of bisphenol-A diglycidyl ethers, p-hydroxybenzoic acid esters, benzophenone-type ultraviolet filters, triclosan, and triclocarban in human urine by liquid chromatography-tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 1324, 141-148.

European Parliament and Council (2009): Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on cosmetic products (recast), *Official Journal of the European Union*, L342, 59-209.

Furlanetto, S., Orlandini, S., Giannini, I., Pasquini, B. eta Pinzauti, S. (2010) Microemulsion electrokinetic chromatography: an application for the simultaneous determination of suspected fragrance allergens in rinse-off products, *Talanta*, 83, 72-77.

Liao, C. eta Kannan, K. (2014) Widespread occurrence of benzophenone-type UV light filters in personal care products from China and the United States: an assessment of human exposure, *Environmental Science & Technology*, 48, 4103-4109.

Lopez-Gazpio, J. (2014) *Kosmetikoen osagai hautatuak determinatzeko kromatografia elektrozinetiko mizelarrean oinarritutako metodoen garapena eta aplikazioa*, EHUko Argitalpen Zerbitzua, Leioa. [https://addi.ehu.es/bitstream/10810/14110/1/LopezGazpio-Tesia.pdf]

————————, Garcia-Arrona, R. eta Millán, E. (2014) Application of response function methodology for the simultaneous determination of potential fragrance allergens and preservatives in personal care products using micellar electrokinetic chromatography, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 406, 819-829.

————————, Garcia-Arrona, R. eta Millán, E. (2015) Simultaneous determination of multiclass preservatives including isothiazolinones and benzophenone-type UV-filters in household and personal care products by micellar electrokinetic chromatography, *Electrophoresis*, in Press.

Maijó, I., Fontanals, N., Borull, F., Neusüss, C., Calull, M. eta Aguilar, C. (2013) Determination of UV filters in river water samples by in-line SPE-CE-MS, *Electrophoresis*, 34,374-382.

Sanchez-Prado, L., Alvarez-Rivera, G., Lamas, J.P., Llompart, M., Lores, M. eta Garcia-Jares, C. (2013), Content of suspected allergens and preservatives in marketed baby and child care products, *Analytical Methods*, 5, 416-427.

Yang, T.-J., Tsai, F.-J., Chen, C.-Y., Yang, T.-C. eta Lee, M.-R. (2010), Determination of additives in cosmetics by supercritical fluid extraction on-line headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry, *Analytica Chimica Acta*, 668, 188-194.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau *Kosmetikoen osagai hautatuak determinatzeko kromatografia elektrozinetiko mizelarrean oinarritutako metodoen garapena eta aplikazioa* doktore-tesiaren atal batzuetan oinarrituta dago. Aipatutako doktore-tesia EHUko Kimika Aplikatua Saileko analitikako taldean gauzatu da, Eusko Jaurlaritzaren Hezkuntza, Hizkuntza Politika eta Kultura Sailaren ikertzaileak prestatzeko laguntzari esker. Era berean, eskertzekoa da EHUko Ikerketa Errektoreordetzak ikertzaileak espezializatzeko deialdiaren bidez emandako diru-laguntza.

# Polimero akriliko/$CeO_2$ estaldura hibridoen sintesia egurraren iraunkortasuna luzatzeko

Aguirre M., Paulis M., Leiza J. R.
*POLYMAT, Kimika Aplikatua Saila, Kimika Zientzien Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, Joxe Mari Korta Zentroa, Tolosa Hiribidea 72, 20018 Donostia, Gipuzkoa.*
miren.aguirre@ehu.es

***Laburpena***

Egurra UV izpietatik babesteko estaldura polimeriko hibrido gardenak sintetizatu dira lan honetan, miniemultsio polimerizazio erdi-jarraitua erabiliaz. UV absortzio propietate onak dituzten $CeO_2$ nanopartikulak txertatu dira akrilatoz osatutako matrize polimeriko batetan. Transmisiozko mikroskopio elektronikoaren (TEM) bitartez, partikulen morfologia aztertu da. Lortu den nanozerio banaketa homogeneoari esker film gardenak osatzeko gai dira sintetizatutako latexak. Gainera, estalduraren absortzio ultramorearen gaitasuna hobetu egin da txertatutako $CeO_2$ kantitatearekin. Estaldura komertzialekin alderatu da sintetizatutako latexa, emaitza positiboak lortuz.

Hitz gakoak: estaldura hibridoak, UV absortzioa, $CeO_2$, (mini)emultsio polimerizazioa

***Abstract***

Hybrid coatings were synthesized using seeded semibatch miniemulsion polymerization process in order to protect wood surfaces from the sunlight energy. UV absorbing $CeO_2$ nanoparticles were incorporated into an acrylic polymeric matrix. Transmission Electron microscopy (TEM) was used to see if the desired encapsulated morphology was reached. Due to the good dispersion of the $CeO_2$ nanoparticles in the hybrid film, transparent films were obtained. Moreover, UV absorption capacity increased with the nanoparticle content. The synthesized hybrid coating was compared with two different commercial coatings, obtaining promising results.

Key words: hybrid coatings, UV absorption, $CeO_2$, (mini)emulsion polymerization

## 1. Sarrera eta motibazioa

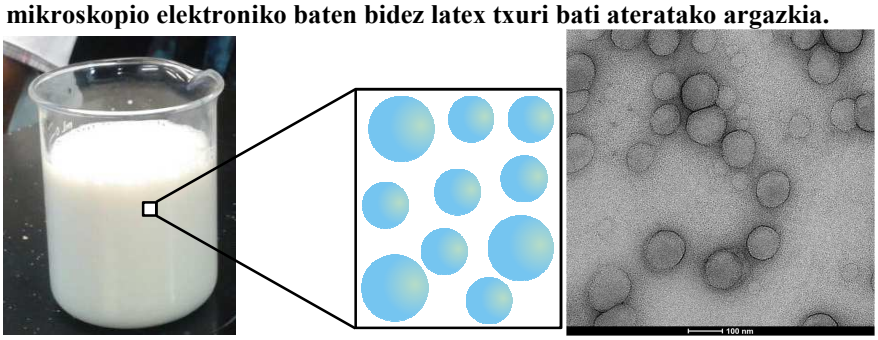
Egurra eraikuntzan asko erabiltzen den materiala da eta aplikazio desberdin ugari ditu, adibidez leihoen markoetan, pertsianetan edo apaingarri bezala aurkitu daiteke. Ahala ere egurrak, denboraren poderioz erraz galtzen ditu propietateak, gainazala pitzatu egiten zaio eta kolorea galtzeko joera izaten du. Guzti honen arduradun eragile meteorologikoak izaten dira gehienetan, euriak, haizeak eta eguzkiko irradiazioak egurra zartatzen baitute. Zehazkiago esanda, lignina zuntzak zartatzen dira eta egurraren itxura txartu egiten da. Eragile guzti hauen gainetik, eguzkiko UV-ikusgai izpiek pitzatzen dute egurra gehienbat (George et al., 2005).

Materialaren propietateetan galera hori saihesteko, bere itxura mantentzen den bitartean, UV-ikusgai izpiak absorbatzeko gaitasuna duten estaldura gardenak erabiltzen dira. Alde batetik, estetikoki erakargarriagoa egiten du materiala distira emanaz eta bestetik, egurra babesten du zartatu ez dadin. Estaldura mota desberdinen artean, estaldura polimerikoak geroz eta gehiago erabiltzen dira. Estaldura polimerikoen familia barruan ere desberdintasunak daude. Industria mailan ezagunena, disoluzioan (disolbatzaile organikotan) sintetizatzen diren estaldurak dira. Estaldura hauetan, disolbatzaile organiko baten presentzia beharrezkoa da eta disolbatzaile hauek, konposatu organiko hegazkorrak (VOC) emititzen dituzte atmosferara. Gaur egun, geroz eta zorrotzagoak direnez atmosferara emititzen diren konposatuen kutsaduraren legeak, disoluzioan sintetizatzen diren estaldura hauek askoz gutxiago erabiltzen dira. Hauen ordez, uretan sintetizatzen diren estaldura polimerikoak erabiltzen dira.

Uretan sintetizatzen diren estaldura hauek, ur dispertsio bezala aurkitzen dira. Dispertsio hauek, emultsionatzaile izeneko konposatuak izaten dituzte partikula polimerikoak uretan egonkortzeko, hau da, hauspeatu ez daitezen (1. Irudia). Ur dispertsio hauek, *latex* izenarekin ezagutzen dira. Latexak, ura dispertsatzaile gisa erabiltzeaz gain, hainbat abantaila eskaintzen

dituzte. Esaterako, solido eduki (SE, polimero kantitate) altuak lortu daitezke, honek, garraioa erraztu eta merketzen duelarik. Horrez gain, estaldura aplikatzen denean, ur gutxi dutenez, estaldura edo filma eratzeko behar den denbora askoz laburragoa da (Guyot et al., 2002).

**1.Irudia. Ezkerraldean latex edo dispertsio polimeriko batek duen itxura erakusten da, erdialdean polimero partikulak uretan nola dauden dispertsatuta irudikatu da eta eskuin aldean transmisiozko mikroskopio elektroniko baten bidez latex txuri bati ateratako argazkia.**



Ur dispertsio hauek estaldura komertzialen zatirik nagusiena izaten dira, baina hala ere formulazioan konposatu desberdinak aurki daitezke bukaerako propietateak hobetzeko. Adibidez, UV absortzio propietateak dituzten konposatuak. Horretarako, oso eraginkorrak diren konposatu organikoak gehitu daitezke, denbora tarte batean eraginkorrak direnak, baina bere funtzioa egitean deskonposatu daitezkenak VOC-ak emitituz. Hau dela eta, beraien ordezkoak bilatzeko bai akademian eta baita industrian ere alternatibak bilatu dira. Aukera posibleen artean, metal oxido nanopartikulak ($TiO_2$, $Fe_4O_3$ edo ZnO) daude eta hauek kutsagarritasun baxuagoa dute eta konposatu organikoek bezain UV absortzio propietate onak dituzte, VOC-rik emititu gabe (Schaller et al., 2011).

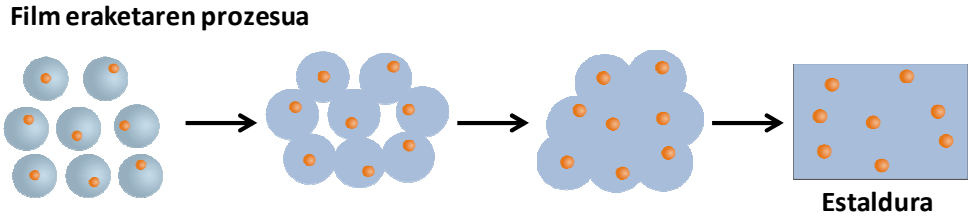
Beraz egurra eguzki izpietatik babesteko, latex polimerikoaz gain, beharrezkoa izango da UV absortzio propietate onak dituen nanopartikula batzuk gehitzea. Gure kasuan $CeO_2$ nanopartikulak hautatu dira, $TiO_2$ eta ZnO baino propietate fotokatalitiko baxuagoak dituelako (Masui et al., 2000). Honek, eguzki izpiekiko nanozerio partikulek duten egonkortasuna hobea dela adierazten du. Ondoren datozen ataletan, $CeO_2$ nanopartikulak nola txertatu diren akrilatoz osaturiko polimero matrize batetan azalduko da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lan honen helburu nagusia, ahalik eta kutsagarritasun baxuena duen eta UV absortzio propietate onak dituen estaldura polimeriko bat sintetizatzea da, arlo honi dagokionez behintzat merkatuan dagoen hutsunea betetzeko.

Horretaz gain, estaldura polimerikoa UV irradiazioarekiko eraginkorra izan dadin, txertatuko diren $CeO_2$ nanopartikulek ahalik eta dispertsatuen egon behar dute matrize polimerikoan. Horretarako, nanozerio partikulak polimero partikulen barruan enkapsulatuta egotea komeni da. Nanopartikulen enkapsulazioarekin, film eraketaren ondoren nanopartikulen dispertsioa matrize polimerikoan ziurtatzen da nolabait (Paulis eta Leiza, 2013).

**2.Irudia. Film eraketaren prozesua dago irudikatuta. Hasieran, $CeO_2$ nanopartikulak polimero partikulen barruan daude enkapsulatuta,bukaerako estalduran beraien dispertsio homogeneoa bideratuz.**



Nanopartikula inorganikoak polimero partikuletan enkapsulatzeko teknika desberdinak aurki daitezke literaturan, baina emaitzek adierazten dutenez miniemultsio polimerizazioa da pausu gutxien emanaz morfologia hori lortzeko prozesurik egokiena (Landfester eta Weiss, 2010).

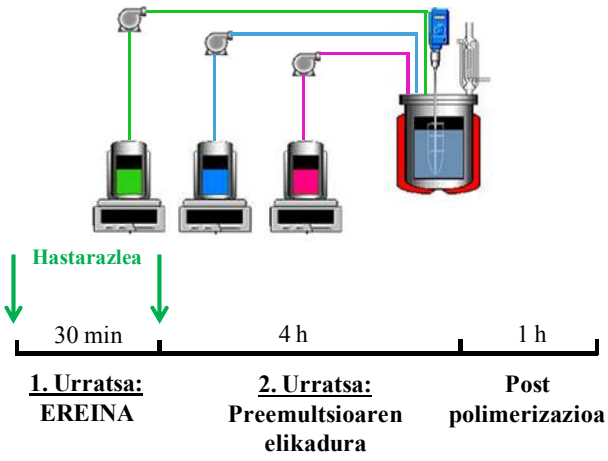
Miniemultsio polimerizazio batetan, hasieran bi fase desberdintzen dira; alde batetik fase organikoa (monomeroa, koestabilizatzailea eta nanopartikulak) eta bestetik ur fasea (emultsifikatzailea eta ura). Bi faseak nahastu eta sonifikatu egiten dira, hau da, energi altua aplikatzen zaio nahasteari monomero tantak sortu daitezen uretan, hauek egonkorrak dira uretan koestabilizatzaile eta emultsifikatzaileari esker. Miniemultsioa egonkorra bada, monomero tanta morfologia mantendu egiten da, eta tanta hauek nanoerreaktore indibidual bezala jokatzen dute sistema idealetan. Horregatik, nanopartikulak hasieratik monomerotan dispertsatzeko gai badira, bukaeran nanopartikulak enkapsulaturik egongo dira polimero partikuletan. Hala eta guztiz, polimerizazio honek baditu hainbat desabantaila, adibidez, solido eduki altuak lortzea, konposizioa eta tenperatura kontrola… Horregatik, lan honetan polimerizazioa bi pausotan burutu da erreaktore erdi-jarraitu batetan. Lehenengo urratsean miniemultsio bidez erein hibrido bat sortu da, $CeO_2$ nanopartikula guztiak dituena, eta bigarren urratsean erein hau hazi da, solido eduki altuko latex hibrido bat lortuz (Aguirre et al., 2013).

Lana borobiltzeko, UV absortzio gehigarririk ez duen estaldura komertzial bat, UV absorbatzaile organikoa (UVA) duen estaldura komertzial bat eta guk geuk sintetizatutako estaldura konparatu dira. Guzti honen helburua, gure estaldurak merkatuan tokirik izango duen edo ez argitzea izan da.

## 3. Ikerketaren muina

Estaldura sortzeko erabilitako polimerizazio prozesua bi etapa nagusitan burutu zen. 3. Irudian polimerizazio erreaktorea eta prozedura esperimentala eskematikoki irudikaturik ikus daitezke.

**3.Irudia. Polimerizazio erreaktorea eta polimerizazio prozesuaren eskema.**




*Lehenengo urratsa:* Ereinaren prestakuntza miniemultsio polimerizazioaren bitartez

Erreaktore ez-jarraitu batetan %30-eko SE (%49.5 MMA/%49.5 BA/%1 AA) zituzten erein hibridoak ($CeO_2$ zutentak) miniemultsio polimerizazioaren bitartez sintetizatu ziren. Miniemultsioa egonkortzeko, koestabilizatzaile bat (Oktadezil akrilatoa, %4 monomero masarekiko (mm)) eta emultsifikatzailea (%2 mm Dowfax) gehitu ziren. 75ºC-tan burutu zen erreakzioa eta polimerizazioari hasiera emateko KPS hastarazle termikoa gehitu zen (%0.5 mm). Ereina 30 minutuz polimerizatu zen.

*Bigarren urratsa:* Ereinaren hazkuntza emultsio polimerizazio erdi-jarraitu baten bitartez

SE altuagoak lortzeko eta baita enkapsulazio morfologia lortzeko ere, preemultsio bat elikatu zen lau orduz (monomeroa, emultsifikatzailea eta ura). Elikadurarekin hasi aurretik, hastarazle gehiago

gehitu zen erreaktorera (%0.5 mm). Elikadura amaitu eta gero beste ordu betez utzi zen polimerizatzen 90ºC-tan monomero guztiak erreakzionatu zezan.
$CeO_2$ eduki desberdineko 3 latex hibrido sintetizatu ziren SE desberdinekin gainera 1. Taulan ikus daitekeen bezala.

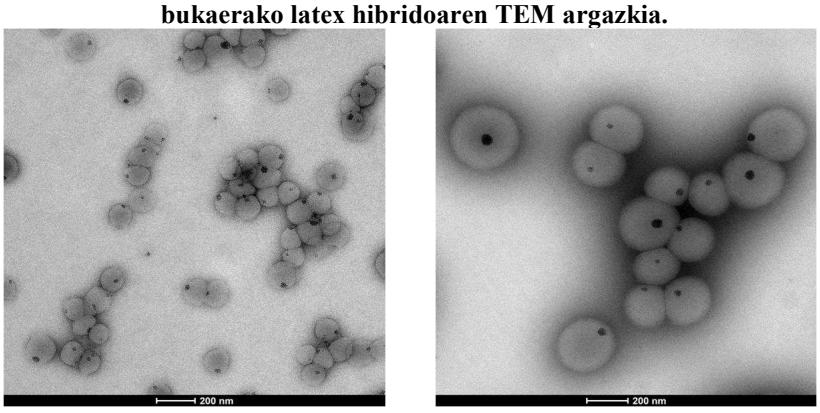
**1.Taula. Lan honetan burututako polimerizazio desberdinak, $CeO_2$ edukia eta bukaerako SE aldatuz.**

| | $CeO_2$ (%) | Ereinaren SE (%) | Bukaerako SE (%) |
|---|---|---|---|
| **L-1** | 0 | 30 | 40 |
| **L-2** | 0.5 | 30 | 40 |
| **L-3** | 1 | 30 | 40 |
| **L-4** | 1 | 30 | 50 |

Sintetizatutako lau erreakzioetan konbertsio totala lortu zen prozesuaren bukaeran, elikaduran zehar lorturiko konbertsio instantaneoak oso altuak izanik momentu oro. Prozesu erdi-jarraituan, ereinean lorturiko partikulak hazi egin ziren, betiere kalkulatutako balore teorikoetatik aldendu gabe. Neurtutako pisu molekularrak 320000-480000 g/mol inguruan zeuden, balio hauek miniemultsioan lortzen diren ohiko balioak izanik.

Polimero partikulen morfologia polimerizazio prozesuaren etapa bakoitzean aztertu zen. Hasieran, miniemultsioa polimerizatu aurretik, behin ereina polimerizatu ondoren eta azkenik, bukaerako laginean. Miniemultsioan, nanozeria partikulak monomero tantetan homogeneoki dispertsatuta zeudela ikusi zen cryo-TEM teknikaren bitartez. Lehenengo urratsa eta gero (ereineko partikulak), polimero partikula bakoitzaren barruan zeuden nanopartikulak agregatu bakar bat osatzen zutela ikusi zen eta hau, polimero partikulen ertzetan edo ertzetatik oso hurbil kokatzen zela ikusi zen (4a. Irudia). Bukaerako latex hibridoan aldiz, $CeO_2$ agregatua enkapsulatuta ageri zen (4b. Irudia). Aipatu behar da, 2D-TEM erabiltzeaz gain, 3D-TEM teknika ere erabili zela enkapsulazio morfologia frogatu ahal izateko (Aguirre et al., 2014).

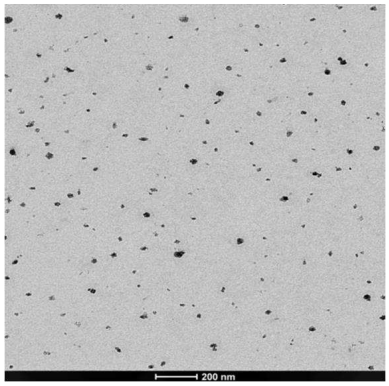
**4.Irudia. a) %5 $CeO_2$ eta %30 SE duen erein hibridoaren TEM argazkia. b) 1% $CeO_2$ eta %40 SE duen bukaerako latex hibridoaren TEM argazkia.**




**a)** **b)**

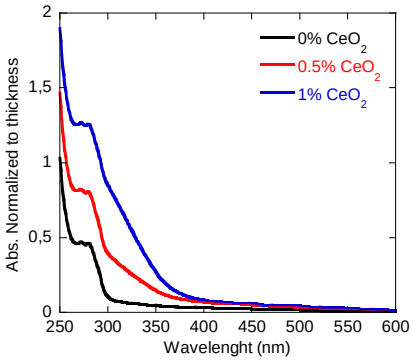
Enkapsulazio morfologiari esker, film eraketa ostean $CeO_2$ nanopartikulen banaketa homogeneoa lortu zen matrize polimeriko osoan 5. Irudian ikus daitekeen bezela. Gainera, film eraketaren ondoren, nanozerio agregatuen diametroa ez zela handitzen ikusi zen, nanopartikulen agregazioa film eraketan zehar ekidinez.

**5.Irudia.1% $CeO_2$ eta %50 SE latex hibridoaren filmaren TEM argazkia.**




UV-Vis absortzioaren bitartez, nanozeria kontzentrazioa aldatu ahala film hibridoek gehiago absorbatzen zutela ikustea posible izan zen (6. Irudia). Horrez gain, nahiz eta filmek kolore horixka eduki, gardenak ziren.

**6.Irudia. $CeO_2$ kontzentrazio desberdineko filmen UV absortzio espektroa.**




1% $CeO_2$ duen latex hibridoa, bi estaldura komertzialekin konparatu da. Batek, ez du UV absorbatzailerik, aldiz bigarrenak, 1% UVA absorbatzailea du formulazioan (7. Irudia). Hiru estaldurak, egur paneletan aplikatu ziren Estokolmon eta urte betez bertako eragile metereologiko gogorrak jasan dituzte.

**7. Irudia. Hiru estaldura desberdinak dituzten egur panelak aire zabalean urte bete egon ostean.**




**Estaldura komertziala UV absorbatzaile gabe**




**Gure estaldura 1% $CeO_2$ nanopartikulekin**




**Estaldura komertziala 1% UVA-rekin**

Argi ikusten da irudietan, urte bete eta gero 1% UVA duen estaldurak ez duela aldaketarik jasan, aldiz absorbatzailerik ez duenari kolorea dezente aldatu zaio, kolore grisa nabarmentzen delarik. Lan honetan, lortutako estaldura ez da gehiegi aldatu estaldura komertzialetik nahiz eta babes berdina ez duen eman. Nabarmentzekoa da hala ere, gure estaldura ez zela formulatu eta horrek esplika dezakeela ez hain emaitza onak lortzea. Gainera, $CeO_2$ nanopartikulen aktibitate fotokataliko txikiak ere degradazioa eragin dezake eta hori ekiditeko formulazio egokia beharko litzateke.

## 4. Ondorioak

Bi etapako emultsio polimerizazio erdi-jarraitua erabiliaz, $CeO_2$ nanopartikulak eta SE altuak dituzten estaldura gardenak sintetizatu dira. $CeO_2$ edukin desberdina gehitzeaz gain SE-ak ere

handitzea posible izan da latex hibridoen estabilitatean arazorik izan gabe. TEM teknikaren bitartez, enkapsulazio morfologia frogatzea posible izan da. Horrela, film eraketaren zehar nanopartikulen agregazioa ekidin da eta $CeO_2$ nanopartikulak homogeneoki dispertsatuta gelditu dira matrize polimerikoan. Azkenik, nanopartikulak dituzten estaldurak, latex zuriak baino askoz UV absortzio propietate hobeak dituztela frogatu da. Gainera, urte betez eragile metereologikoen menpe egon eta gero, lortu diren emaitzak itxaropengarriak izan dira.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Gure estaldurak, merkatuan aurkitu ditzakegun estaldurak ordezkatzeko gai diren edo ez jakitea. Horretarako, gure latex hibridoa behar bezala formulatu beharko litzateke eta berriz egin konparaketa estaldura komertzial batekin, biak baldintza berdinetan aurki daitezen.

## 6. Erreferentziak

George B., Suttie E., Merlin A., Deglise X. (2005) "Photodegradation and photostabilisation of wood – the state of the art" *Polymer Degradation and Stability*, 88, 268–274.

Guyot A., Chu F., Schneider M., Graillat C., Mckenna T.F. (2002) "High solid content latexes" *Progress in Polymer Science,* 27, 1573–1615.

Schaller C., Rogez D., Braig A. (2011) "Organic vs inorganic light stabilizers for waterborne clear coats: a fair comparison" *Journal of Coatings Technology and Research*, 9, 433–441.

Masui T., Yamamoto M., Sakata T., Mori H., Adachi G.Y. (2000) "Synthesis of BN-coated $CeO_2$ one powder as a new UV blocking material" *Royal Society of* Chemistry, 10, 353–357.

Paulis M., Leiza J.R. (2013) "Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials" In: Kabayashi S, Müllen K, (arg.) *Encapsulation with miniemulsion polymerization.*

Landfester K., Weiss C.K. (2010) "Miniemulsion polymerization as a means to encapsulate organic and inorganic materials" *Advanced in Polymer Science,* 229, 1–49.

Aguirre M., Paulis M., Leiza J.R. (2013) "UV screening clear coats based on encapsulated $CeO_2$ hybrid latexes" *Journal of Materials Chemistry A*, 1, 3155-3162.

Aguirre M., Paulis M., Leiza J.R., Guraya T., Iturrondobeitia M., Okariz A., Ibarretxe J. (2013) "High-Solids-Content Hybrid Acrylic/$CeO_2$ Latexes with Encapsulated Morphology Assessed by 3D-TEM" *Macromolecular Chemistry and Physics*, 214, 2157–2164.

Aguirre M., Paulis M., Barrado M., Iturrondobeitia M., Okariz A., Guraya T., Ibarretxe J., Leiza J.R., (2014) "Evolution of particle morphology during the synthesis of hybrid acrylic/$CeO_2$ nanocomposites by miniemulsion polymerization" *Journal of Polymer Science A: Polymer Chemistry*, DOI: 10.1002/pola.27504.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Woodlife proiektu Europearrari (FP7-NMP-2009-SMALL-246434) eskerrak eman jasotako diru laguntzagatik. Miren Aguirrek, Eusko Jaurlaritzako "Ikertzaileak Prestatzeko eta Hobetzeko Laguntza"-ri eskerrak eman nahi dizkio tesia egiteko emandako diru laguntzagatik eta UPV/EHU-ri, "Doktore berriak kontratatzeko eta horiek doktorego ondoko prestakuntza programetan sartzeko laguntzen deialdia" diru laguntzagatik. Baita ere Gipuzkoako Kanpuseko sGIKer zerbitzua eskertu nahi da ateratako TEM irudiengatik. Gipuzkoako Foru Aldundiak emandako diru laguntza (Exp 55/14) ere eskertzen dugu.

Aipatu behar da lan hau "Waterborne acrylic/metal oxide binder for UV blocking clear coats" Miren Aguirreren tesian aurkitzen dela.

# Lipido Solidozko Nanopartikulak substantzia liposolugarrien garraio eta egonkortasuna hobetzeko.

Arana L, Goñi FM, Alkorta I.
*Biofisika Unitatea (CSIC, UPV/EHU) eta Biokimika eta Biologia Molekularra Saila (EHU)*
lide.arana@ehu.es

### *Laburpena*

Lipido solidozko nanopartikulak (SLN) farmakoen garraio bideratua lortzeko nanogarraiatzaile interesgarrienetakoak bihurtu dira azken urteotan. Farmako hidrosolugarri nahiz liposolugarriak garraiatzeko gai dira, toxikotasun baxua dute, konposatuaren askapen kontrolatua lortzeko baliagarriak dira eta gorputzeko hainbat barrera zeharkatzeko gai dira. Ezaugarri hauen ondorioz garraiatzen duten farmakoaren bioeskuragarritasuna hobetzen dute terapia askoren efizientzia hobetuz. Lan honetan gantz-azido, soja lezitina eta behazun-gatzez osaturiko 5 konposizio ezberdin sortu eta karakterizatu ditugu. Gure emaitzen arabera konposizioa oso garrantzitsua da partikulen tamaina, homogeneotasun eta egonkortasunerako baina ez da hain garrantzitsua konposatu liposolugarrien barneraketarako.

Hitz gakoak: farmakoen nanogarraiatzaileak, lipido solidodun nanopartikulak, gantz-azidoak, behazun-gatzak, soja-lezitina, farmako liposolugarrien barneraketa.

### *Abstract*

*Solid Lipid Nanoparticles (SLN) have emerged as some of the most promising nanocarriers for controlled drug delivery because of their ability to incorporate hydrophilic and lipophilic drugs, low toxicity, the improvement in controlled drug release, and increased drug diffusion through some biological barriers. Therefore, SLN improve drug solubility and bioavailability improving the efficiency of many treatments. In this work we have tested solid lipid nanoparticles (SLN) composed of long-chain fatty acids, soy bean lecithin, and bile salts. A total of five different systems were prepared and characterized. Our results suggest that SLN composition is essential for particle size, polidispersity and stability but not for drug incorporation efficiency.*

*Keywords: drug nanocarriers, solid lipid nanoparticles, fatty acids, bile salt, soy lecithin, hydrophobic drug incorporation.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Azken urteotan argi geratu da gaixotasun konplexuen tratamenduaren hobekuntzarako farmako berrien garapena ez dela nahikoa. Izan ere, farmako batzuk disolbagarritasun urria dute uretan eta ondorioz ezin dira gorputzaren ingurune urtsuan barneratu beren egonkortasuna hobetuko duen garraiatzaile baten laguntzarik gabe.

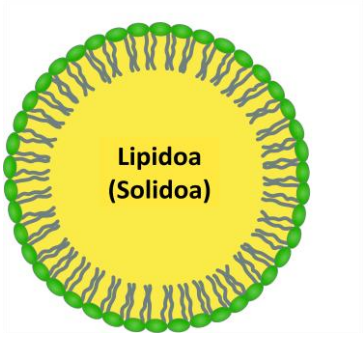
Beste batzuetan aldiz, tratamendu baten arrakasta gorputzaren barneko berezko barrerengatik murrizten da. Odola eta garuna bereizten dituen barrera hematoentzefalikoa esaterako garunera bideraturik dauden terapia askorentzat oztopo izaten da, odoleko kontzentrazioa izugarri handitu behar delarik garunean farmako kopuru zuzena lortu ahal izateko.

Ondorioz, farmako berrien sorrerarekin batera, substantzia hauen disolbagarritasuna, egonkortasuna, barreiadura eta askapen zinetika hobetuko dituzten garraiatzaileak garatzea ere behar beharrezkoa dela ikusi da.

Nanoteknologiak farmakoen garraioa hobetzen lagundu du. Sortu berri diren estrategia ezberdinen artean, Lipido Solidozko Nanopartikulak (SLN) aurkitzen dira. SLNak lipido solidozko dispertsioak dira, 50-1000 nm bitarteko diametroa duten partikulez osatuak. Nukleo

gisa gorputzaren tenperaturan egoera solidoan dagoen lipido bat izaten dute (kate luzeko gantz-azidoak, triazilglizeridoak, argizariak, eta abar) eta lipido hau ingurune urtsu batetan egonkortzen duen surfaktante (eta kosurfaktante) batez inguratuta egoten da (1. Irudia).

**1. Irudia. Lipido solidozko nanopatikula baten egitura orokorra.** Barneko lipidoa solido egoeran dago (horiz) eta surfaktante molekulez inguraturik egoten da (berdez).




Lipido solidozko nanopartikulek hainbat abantaila eskaintzen dituzte nanogarraiatzaile moduan. Konpostatu lipofiliko nahiz hidrofilikoak barneratzeko gai direla ikusi da, toxikotasun baxua izaten dute eta produkzioa eskala handitan egitea erraza izaten da kostuak asko merketzen direlarik (Marengo, Cavalli et al. 2000; Kreuter 2001; Mehnert and Mader 2001; Sinha, Srivastava et al. 2010). Nukleo solidoa dutenez, farmakoaren askapena kontrola daiteke eta disolbatzailearen ondorioz gertatu ohi den farmakoaren degradazioa ekidin daiteke (Wissing, Kayser et al. 2004). Beren tamaina eta liposolugarritasunari esker gorputzeko zenbait mintz eta barrera gurutzatzeko gai dira, hala nola, barrera hematoentzefalikoa (Blasi, Giovagnoli et al. 2007; Sarin 2010) edo gibeleko eta areko filtrazio prozesuak (Muller, Maassen et al. 1996). Zoritxarrez, ikerketa gutxi egin dira arlo honetan eta oraindik ez da oso ongi ezagutzen zein mekanismo bidez iristen diren SLNak garunera (Gastaldi, Battaglia et al. 2014).

Farmakoen garraioaren alorrean garrantzia handia hartu du garraio bideratuak. Izan ere, gorputzean barneratzen diren farmakoak gorputz osora barreiatzen dira efektu sekundarioak sortuz. Kimioterapiaren kasuan, adibidez, garbi geratu da farmakoaren garraioa itu-zeluletara soilik bideratzea lortuz gero albo-ondorioak asko murriztuko liratekeela.

SLNek ezaugarri interesgarriak dituzte farmakoen garraio bideraturako, minbizien tratamenduan batez ere. Izan ere, minbizi solidoen ingurunean “iragazkortasun handipenaren efektua” gertatzen da, hau da, odoletik ehunera iragazten diren makromolekulen kopuruak gora egiten duela minbizi-zelulen inguruan (Maeda, Nakamura et al. 2012). Ondorioz, minbizi-zeluletara farmako bat bideratu nahi izanez gero, SLNetan barneratuta bertara iristeko aukerak handituko genituzke.

SLNen konposizioa kontu handiz hautatu behar da gure itu-ehunaren eta txeratu nahi den substantziaren arabera. Surfaktante batzuek eragina dute nanopartikulen gorputz barneko banaketan. Adibidez, surfaktante batzuk konposatu batzuen garunerako garraioa handitzen dutela ikusi da (Kreuter 2001; Goppert and Muller 2003). Honetaz gain, nanopartikulen gainazalean garraio bideratua errazten duten molekulak gehi daitezke, interesatzen den ehun edo zelulara selektiboki bideratu ahal izateko.

Ondorioz, erabilpenaren, itu-zelulen edota gainditu behar diren gorputzeko mintzen arabera nanopartikulen konposizioa kontu handiz hautatu beharreko zerbait da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gorputzean zeharreko konposatuen garraio bideratuak ikerketa farmakologikoa irauli du, farmakoentzat garraiatzaile egokiak garatzeak tratamendu ugariren efizientzia hobetu duelarik. Nanogarraiatzaileen alorrean SLNak alternatiba ez-toxiko egokiak dira, gorputzarentzat ezagun

diren molekulaz osaturik baitaude. Orokorrean, osagaiak lipido solidoak, surfaktantea eta ura izaten dira

Bestalde, toxikotasuna murrizte aldera, nanopartikulak osatzeko metodologia ere egoki hautatu behar da. SLN sortzeko erabil daitezkeen metodo ezberdinen artean mikroemultsioaren teknika (Morel, Terreno et al. 1998; Cavalli, Gasco et al. 2002) jarraitzea erabaki genuen abantaila ugari eskaintzen dituelako. Teknika hau disolbatzaile organikorik gabe burutu daiteke (toxikotasuna murriztuz) eta agregazio-joera (partikulak elkarren artean itsasteko joera) murrizten duela ere ikusi da (Mehnert and Mader 2001).

SLNak nanogarraiatzaile egokiak izateko hainbat baldintza bete behar dituztela onartu da. Hala nola, lipidoak solido egoeran egon behar du gorputzeko tenperaturan, eta nanopartikulek agregazio joera murritza, polidispertsitate txikia (homogeneotasun handia) eta tamaina aproposa izan behar dituzte (Cavalli, Gasco et al. 2002; Gastaldi, Battaglia et al. 2014).

Honenbestez, lan honen helburu nagusiak ondorengoak dira:

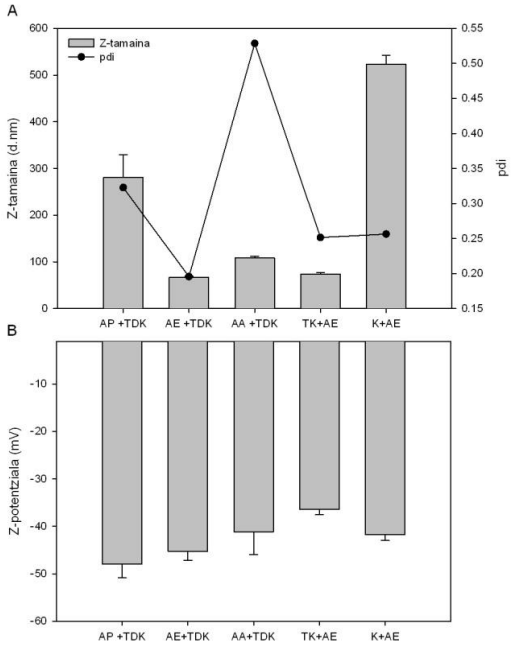
- Konposatu liposolugarriak garraiatzeko gai izango diren SLN egonkor eta aproposak garatzea mikroemultsioaren teknika erabiliz.
- Ezaugarri egokiak mantentzen dituztela ziurtatzea beren tamaina, polidispertsitatea, agregatzeko joera eta lipidoaren egoera aztertuz.
- SLNek zeluletan barneratzeko duten joera aztertzea.

## 3. Ikerketaren muina

Lan honetan kate luzera ezberdineko gantz-azido aseak (palmitikoa C16:0, AP; estearikoa C18:0, AE; edo arakidikoa C20:0, AA) erabili dira lipido solido gisa, Epikuron 200 (soja-lezitina, fosfatidilkolina gehienbat) surfaktante moduan eta behazun-gatzak (kolatoa, K; taurokolatoa, TK; edo taurodesoxikolatoa, TDK) kosurfaktante moduan. Osagai guztiak sistema biologikoen parte dira.

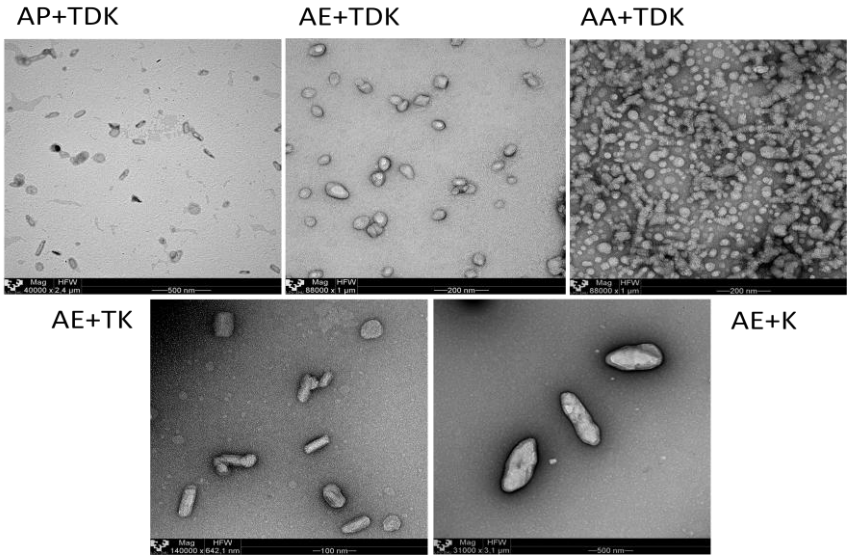
Bi esperimentu sorta burutu ziren, batetan taurodesoxikolatoa kosurfaktante gisa mantenduz eta gantz-azidoa aldatu zen eta bestean azido estearikoa gantz-azido moduan erabiliz eta kosurfaktantea aldatu zen guztira 5 nahaste ezberdin lortu zirelarik. Nanopartikula suspentsio bakoitzaren ezaugarri fisiko-kimikoak determinatu ziren partikulek eragindako argiaren dispertsioa aztertuz (fotoi korrelazio espektroskopia bidez). Hala nola, nanopartikulen batazbesteko diametroa, polidispertsitate indizea (pdi, dispertsioaren homogeneotasuna adierazten duen faktorea) eta z-potentziala (partikulek agregaziorako duten joera determinatzen duen faktorea). 2. Irudian ikus daitekeen moduan, ezaugarri aproposenak aurkezten dituen nanopartikula mota azido estearikoz, Epikuron 200-ez eta taurodesoxikolatoz osaturikoa da. Bataz beste 70 nm inguruko diametrodun partikulez osaturik dago (diametroa<200 nm izan behar da gorputzean barneratu nahi direnean), nahaste homogeneoa da (pdi<0,2) eta egonkortasun maila ona erakusten dute (z-potentziala>|40 mV| denean agregazio joera txikia dutela kontsideratzen da).

**2. Irudia. Hautatutako lipido konposizio ezberdinek dituzten ezaugarriak. A**. Partikulen bataz besteko diametroa eta polidispertsitate indizea. **B**. Partikulen z-potentziala.




Nanopartikulen forma mikroskopio elektronikoz aztertu genuen, argiaren dispertsioa aztertuz lorturiko emaitzak zuzenak zirela egiaztatzeko. Mikroskopio bidez lortutako irudiak bat datoz aurreko irudian azaltzen diren datuekin (3. Irudia).

**3. Irudia. SLN dispertsio ezberdinen transmisiozko mikroskopio elektroniko bidezko irudiak.**




SLNek bete behar duten beste ezaugarri garrantzitsu bat gorputzeko tenpertauran (37ºC) solido egoeran egotea da. Hau ziurtatzeko nanopartikulak kalorimetria bidez aztertu genituen. Teknika honi esker, lipido solidoaren egoera aldaketa (solidotik likidora) zein tenperaturatan ematen den jakin daiteke. 1. Taulan ikus daitekeen moduan, erabilitako lipido nahaste guztien trantsizio tenpertatura (Tm) 37ºC baino altuagoa da. Ondorioz, nahaste guztiek betetzen dute baldintza hau.

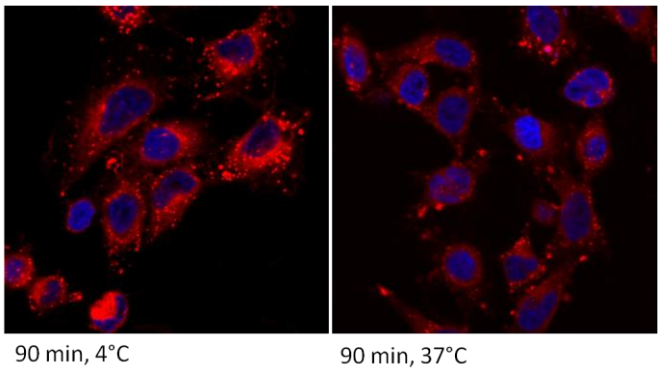
**1. taula. Aztertutako dispertsioen solido-likido trantsizio tenperatura.**

| Nanopartikulen osagaiak (Epikuron 200z gain) | Tm (°C) |
|---|---|
| (A) Az. palimitikoa + taurodesoxikolatoa | 60.3 |
| (B) Az. Estearikoa + taurodesozikolatoa | 67.4 |
| (C) Az. arakidikoa + taurodesoxikolatoa | 60.6 |
| | 72.5 |
| (D) Az. estearikoa + taurokolatoa | 66.5 |
| (E ) Az. estearikoa + kolatoa | 67.5 |

Zunda fluoreszente liposolugarri baten laguntzarekin hautatutako nanopartikulek substantzia liposolugarriak barneratzeko duten gaitasuna aztertu genuen. Nahaste guztiek zunda barneratzeko antzeko gaitasuna zutela ikusi genuen (erakutsi gabeko datuak). Emaitza hau ez da harritzekoa, izan ere, substantziak barneratzeko gaitasuna barneko lipidoak substantzia hori disolbatzeko duen gaitasunaren araberakoa da eta erabilitako gantz-azidoen kateen luzera ezberdina izan arren zunda disolbatzeko antzeko gaitasuna dute.

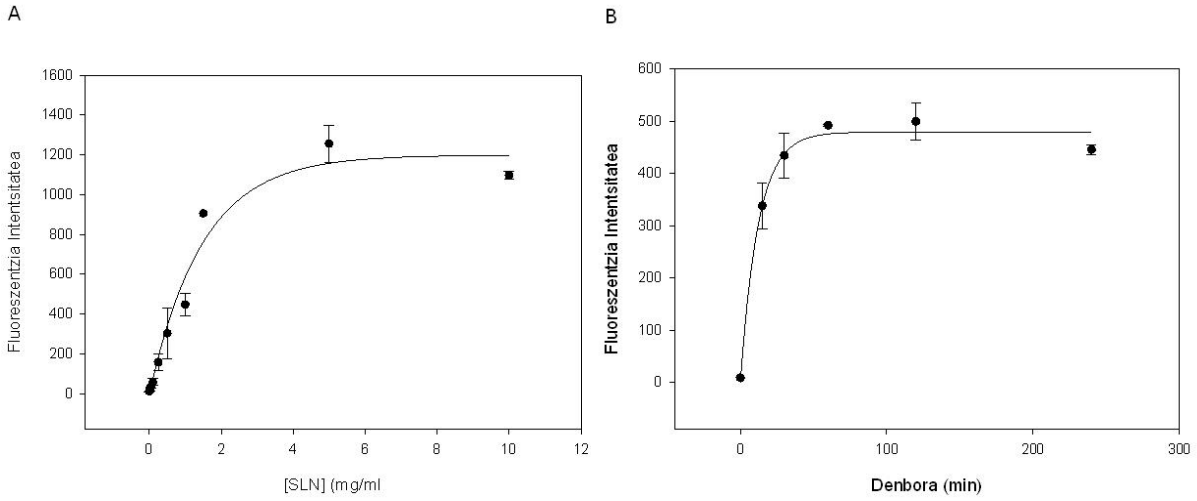
Zundaren txertaketa tresna erabilgarria da nanopartikulen kokapena aztertzeko, zundak igortzen duen argia mikroskopio bidez detekta baitaiteke. Baliabide honi esker, zelula kultura baten presentzian nanopartikulen joera azter daiteke. Ezaugarri egokienak eskaintzen dituzten nanopartikula nahastea azido estearikoa, Epikuron 200 eta taurodesoxikolatoz osaturik daudenak direnez, nahaste hau erabili genuen saio hau egiteko. Zelula kultura bati nanopartikula fluoreszenteak gehitu genizkien gorputzeko tenperaturan (37ºC) eta 4ºCtan. Bi egoeretan nanopartikulak zelula barnera sartzen direla ikusi genuen oso denbora laburrean (4. irudia).

**4. Irudia. Denbora gutxiren buruan nanopartikulak zeluletan sartzen dira. Zunda fluoreszentedun nanopartikulak (gorriz) eta zelulen nukleoak (urdinez).**




Azkenik, nanopartikula mota berdinak erabiliz zelulako barneraketa kuantifikatu genuen beste teknika bati esker (fluxu zitometria). Emaitza hauei esker ondorioztatu genuen nanopartikulen barneraketa denboraren eta kontzentrazioaren araberakoa dela eta gainera baldintza batzuetan linealtasuna galdu egiten dela (saturaziora iristen garela) (5. Irudia).

**5. Irudia. Zunda fluoreszentedun naopartikulek denboraren eta kontzentrazioaren araberako sarrera joera dute zeluletan.**




## 4. Ondorioak

Burututako esperimentuetatik ondoriozta dezakegu Epikuron 200, gantz-azido eta behazun-gatzez osaturiko nanopartikuletan gantz-azidoaren katearen luzerak eragina duela partikulen tamainuan, forman eta ezaugarri termikoetan. Bestalde, azido estearikoz eta taurodesoxikolatoz osaturiko dispertsioak nanopartikula txikiagoak, homogeneoagoak (tamaina eta formari dagokionez) eta egonkorragoak osatzen ditu. Gainera konposizio hau zelulek erraz barneratzen dute sarrera denboraren eta kontzentrazioaren araberakoa delarik.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lortutako SLNak tresna interesgarriak dira uretan disolbatzen ez diren substantziak disoluzio urtsuetan egonkortzeko eta zelulen mintz-plasmatikoa gurutzatzea errazteko. Dena den, nanopartikula hauek modu ez selektibo batean barneratzen dira zeluletan eta aurrez aipatu arrazoiengatik, farmakoen garraio bideratua lortu ahal izateko ezinbestekoa da garatutako nanopartikulak gure itu-zelulei modu zehatz batean lotzea. Honetarako nanopartikulen gainazalean azaltzen diren molekulak eralda ditzakegu, interesatzen zaizkigun zelulei soilik itsasteko eta ondorioz modu aktibo batetan barneratuak izateko.

Ondorioz, lan honen hurrengo pausua helburu honetan lagunduko digun molekulak hautatu eta nanopartikulen gainazalean txertatzea izango da.

## 6. Erreferentziak

Blasi, P., et al. (2007), Solid lipid nanoparticles for targeted brain drug delivery. *Adv Drug Deliv Rev* 59(6): 454-77.

Cavalli, R., et al. (2002), Solid lipid nanoparticles (SLN) as ocular delivery system for tobramycin. *Int J Pharm* 238(1-2): 241-5.

Gastaldi, L., et al. (2014), Solid lipid nanoparticles as vehicles of drugs to the brain: Current state of the art. *Eur J Pharm Biopharm*.

Goppert, T. M. and R. H. Muller (2003), Plasma protein adsorption of Tween 80- and poloxamer 188-stabilized solid lipid nanoparticles. *J Drug Target* 11(4): 225-31.

Kreuter, J. (2001), Nanoparticulate systems for brain delivery of drugs. *Adv Drug Deliv Rev* 47(1): 65-81.

Maeda, H., et al. (2012), The EPR effect for macromolecular drug delivery to solid tumors: Improvement of tumor uptake, lowering of systemic toxicity, and distinct tumor imaging in vivo. *Adv Drug Deliv Rev* 65(1): 71-9.

Marengo, E., et al. (2000), Scale-up of the preparation process of solid lipid nanospheres. Part I. *Int J Pharm* 205(1-2): 3-13.

Mehnert, W. and K. Mader (2001), Solid lipid nanoparticles: production, characterization and applications. *Adv Drug Deliv Rev* 47(2-3): 165-96.

Morel, S., et al. (1998), NMR relaxometric investigations of solid lipid nanoparticles (SLN) containing gadolinium(III) complexes. *Eur J Pharm Biopharm* 45(2): 157-63.

Muller, R. H., et al. (1996), Phagocytic uptake and cytotoxicity of solid lipid nanoparticles (SLN) sterically stabilized with poloxamine 908 and poloxamer 407. *J Drug Target* 4(3): 161-70.

Sarin, H. (2010), Overcoming the challenges in the effective delivery of chemotherapies to CNS solid tumors. *Ther Deliv* 1(2): 289-305.

Sinha, V. R., et al. (2010), Solid Lipid Nanoparticles (SLN'S) – Trends and Implications in Drug Targeting. *International Journal of Advances in Pharmaceutical Sciences* 1: 212-238.

Wissing, S. A., et al. (2004), Solid lipid nanoparticles for parenteral drug delivery. *Adv Drug Deliv Rev* 56(9): 1257-72.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan honek Bizkaiko Foru Aldundiaren laguntza jaso du 6/12/TK/2012/00026 proiektuaren bidez. Egileek eskerrak ematen dizkie Prof. J.L. Pedraz eta Dr. Jon Zarateri z-potentziala neurtzeko egindako saioetan emandako laguntzagatik.

# Larratze motaren eragina latxa ardien sistema batean; lehen emaitzak

Mandaluniz N, Arranz J, Ugarte E. eta Ruiz R
*NEIKER-Tecnalia, Arkauteko Kanpusa, Apdo. 46, 01080, Vitoria-Gasteiz.*
*nmandaluniz@neiker.net*

***Laburpena***

Nekazaritzaren ekoizpen handiagoa lortu nahian, larreek produkzio intentsiboko praktikak nozitzen dituzte, larratze sistema aldatuz. Maneiu aldaketa hauek sistemaren iraunkortasunari kalte egiten dio. Arazo horri irtenbideak bilatzeko asmoz, LIFE REGEN FARMING proiektuan nekazaritza erregeneratiboan oinarritutako jarduera ildoak frogatuko dira. Praktika hauen artean larratze bideratuaren bideragarritasuna sustatzen da, maneiu honek ingurumenaren aldetik zein artaldeen ekonomiaren aldetik daukan inpaktu egokiagatik.

Hitz gakoak: nekazaritza erregeneratiboa, larratze maneiua (bideratua eta librea), abeltzaintza iraunkorra, latxa ardiaren sistema.

***Abstract***

*Little attention has been devoted to grazing practices during the last decades in many livestock systems as a result of intensification all around the world whereas it has become more and more evident the problem of sustainability of conventional livestock systems. With the aim to give solutions to this problem, the main objective of LIFE REGEN FARMING project is to demonstrate, the viability of an innovative pasture management system based on the regenerative agriculture principles (rotational grazing) and its environmental and technical effectiveness.*

*Keywords: regenerative farming, grazing management (rotational vs. free), sustainable agriculture, latxa sheep dairy system.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Nekazaritza eta abeltzaintzaren ekoizpen handiagoa lortu nahian, lurzoruek produkzio intentsiboko praktikak nozitzen dituzte, eta kasu askotan larratzea gutxituta edo alboratuta geratzen da. Guzti honek lurzoru eta larreen kalitateari eta iraunkortasunari egiten die kalte. Arazo horri irtenbidea bilatzeko asmoz, LIFE REGEN FARMING proiektuak “nekazaritza erregeneratiboan” oinarritutako jarduera ildoak frogatuko ditu. Proiektuaren helburu nagusia lurzoru osasuntsuago eta larre emankorrago eta landare biodibertsitate handiagokoak lortzea da. Ekimenaren abiapuntua larreak maneiatzeko praktika egokiak frogatzea da, eta artzainei nekazaritza erregeneratiboko teknikak proposatzea, lurra eraginkorrago eta iraunkorrago kudeatu ahal izateko. Aurrean dugun lan honek larratze motak (bideratua edo librea) latxa ardi sistema batean duen eragina laburbiltzen du, ingurumenaren aldetik zein alde teknikotik daukan inpaktua neurtuz.

Bideratutako artzaintza artaldearen maneiua errotazionalean datza; maneiu honen gakoa abereak larratze-gune jakin batzuetara une zehatzetan eramatea da, produkzioa optimizatzeko eta larreak hobeto aprobetxatzeko helburuarekin. Gainera, denbora jakin batez lurzoru eta larreari atseden ematen zaie, suspertu daitezen. Guzti hau modu egokian egiteko “larratze egutegiak” aurreikusi behar dira, eta larratze plan hau egunero egokitu ardien beharrizanak eta larrearen hazkuntza kontutan harturik. Maneiu hauek modu egokian eginez gero, belar ekoizpena gehitzea lortzen da, animaliek belarraren erabilera homogeneoagoa egiten dute belar hautespena gutxituz, eta larreetan gorotzen bidezko ongarritzea homogeneoagoa izatea lortzen da (Teague *et al*., 2011).

EAE-ko latxa ardi sistema tradizionalaren elikadura maneiua larratzean oinarritu izan da. Udaberriko hilabeteetan, esnea jezteko garaian, artaldeen elikadura larratzea eta ukuiluko bazkaren konbinazioz osatzen da (Oregui *et al*., 1997). Garai honetan egiten den larratze sistema ezagutzea ezinbestekoa da sistema hauetan jarduera iraunkorrak proposatzeko. Hori dela eta, lan honen abiapuntua larratze maneiuaren (bideratua eta librea) eragina aztertzea izan

da, maneiu honek latxa sisteman ingurumenaren aldetik zein ekonomiaren aldetik daukan inpaktua ezagutzeko asmoz.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lana NEIKER-eko latxa artaldean egin zen, 2014ko apirila eta ekaina bitartean. Garai honetan artaldean esnea jezten da eta ardiak larratzera ateratzen dira. Larratze maneiuaren eragina aztertzeko artaldea bi talde homogeneotan banatu zen, erditze data, esne ekoizpena eta ardien pisuaren arabera. Talde bat larratze bideraturako (LB) maneiuan ibili zen udaberrian zehar, eta beste erdia larratze librerako (LL) maneiuan. Larratzearen xehetasun gehiago jakiteko ikusi Mandaluniz *et al*. (2015a).

“Larratze koaderno” batean egunero animali kopurua, larratze orduak eta larratutako partzela zehaztu ziren, aurreikusitako larratze egutegia jarraituz eta aldiro aldaketak geratzen baziren aldaketaren eraginak idatziz. Hamabost egunero belar eta animalien jarraipena egin zen. Belarraren kasuan biomasa eskaintza (kg belar lehorra / ha) eta kalitatea aztertu ziren (errautsak, proteina-PB eta fibrak-FAD eta FND). Animalien kasuan, eguneko banakako esne ekoizpena (BEE) neurtu zen eta laginak jaso ziren esnearen konposizioa (koipea-GB eta proteina-PB) ezagutzeko. Esne ekoizpen datuak ardi bakoitzaren esnearen koipe eta proteina edukiaren arabera estandarizatu (BEEs) ziren, Boquier *et al*. (1993)-en ekuazioaren arabera:

$$BEEs = BEE \times (0{,}071 \times GB + 0{,}043 \times PB + 0{,}2224)$$

Azkenik, ardiak pisatu (P) ziren eta gantz erreserba neurtu zitzaien. Guzti honen zehaztasun gehiago Mandaluniz et al. (2015a).

Informazio guztia S.A.S. 9.3 (2012) pakete estatistikoan aztertu zen; larratze koadernoko datuak estatistika deskriptibo bidez eta larre eta ardien ekoizpen eta kalitate datuak GLM bidez, larratze maneiua eta laginketa momentua *efektu fixo* bezala kontsideratuz.

## 4. Emaitzak, eztabaida eta ondorioak

Larratze koadernoan jasotako emaitzen arabera, larratze orduak gehituz joan ziren udaberria aurrera zihoan ahala (4-6 ordu/eguneko apirilean, 6-8 ordu/eguneko maiatzean eta 15-18 ordu/eguneko ekainean). Denboraldi honetan, LB taldeak 3 larratze-aldi egin zituen belardi bakoitzetik, eta LL-k aldiz, 4 larratze-aldi. Honekin, LB-ko larreek 24±2 atseden egun izan zituzten eta LL larreek 15±3 egun. Teage *et al*. (2011)-en arabera, LB-ko larreek atseden egun gehiago izateak lurzoruen suspertzea bermatuko luke, lurzoruan karbono gehiago jarriz eta belarraren ekoizpena emendatuz. Guzti honen jarraipena ondorengo urteetan egingo da LIFE REGEN FARMING proiektuaren barruan.

Belarrari dagokionez, beronen eskaintza (LB: 1291±207 kg ML/ha y LL: 1290±234 kg ML/ha) eta kalitatea (LB: 15,6±2,5 % PB y LL: 16,4±3,2 % PB) berdintsuak (P>0,05) izan ziren bi larratze maneiuetan (1. Taula). Aldiz, belar mozketa egin zenean, %14 belar lehor (kg ML/ha) gehiago lortu zen LB larreetan (zehaztasun gehiago Mandaluniz *et al.*, 2015a). Emaitza hauen arabera, larratze bideratuaren eragin zuzenetako bat, artaldeetan kontserbatutako belarraren autonomia handiagoa lortzea da. Horrez gain, artalde honetan ezarritako jarduera erregeneratibo guztien baturaz sistemaren karbono aztarna gutxitzea lortzen da (Mandaluniz *et al*., 2015b).

**1.Taula. Larreen belar ekoizpen (BE) eta kalitatea larratze maneiu (LL-larratze librea edo LB-larratze bideratua) eta hilabetearen arabera.**

| Parametroa | Larratze maneiua | | | Hilabetea | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LL | LB | P value | Apirila | Maiatza | Ekaina | P value |
| BE (kg/ha) | 1290±234 | 1291±207 | 0,99 | 1194+220$^{a}$ | 1487+188$^{b}$ | 1239+85$^{ab}$ | 0,001 |
| PB (%) | 16,4±3,1 | 15,6±2,5 | 0,26 | 17,3±2,7$^{a}$ | 16,5±1,7$^{ab}$ | 13,6±2,5$^{b}$ | 0,001 |
| FAD (%) | 25,0±6,6 | 24,6±3,0 | 0,73 | 21,5±1,6$^{a}$ | 29,1±3,0$^{b}$ | 25,4±2,4$^{ab}$ | 0,001 |
| FND (%) | 48±9,0 | 48±6,0 | 0,85 | 42,3±4,4$^{a}$ | 56,4±6,2$^{b}$ | 46,7±5,4$^{ab}$ | 0,001 |

Azkenik, ardien parametroei dagokienez, BEE (BL: 1.325±419 ml/eguneko y LL: 1.295±485 ml/eguneko) eta beronen konposizioa (BL: 6,48±1,26 % GB y LL: 6,73±1,13 % GB) berdintsuak (P>0,05) izan ziren bi larratze sistemetan (2. Taula). Baita pisua (BL: 61,7±8,8 kg eta LL: 60,8±7,6 kg) ere.

**2.Taula. Ardien esne ekoizpen (PLd eta PLs), esne kalitatea (koipe edukina-GB) eta ardien pisua (P) larratze maneiu (LL-larratze librea edo LB-larratze bideratua) eta hilabetearen arabera**

| Parámetro | Larratze maneiua | | | Hilabetea | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LL | LB | P | Abril | Mayo | Junio | P |
| BEE (ml/d) | 1346±420 | 1343±453 | 0,99 | 1544±466 $^{a}$ | 1229±401 $^{b}$ | 1110±323 $^{b}$ | 0,001 |
| BEEs (ml/d) | 1193±351 | 1218±382 | 0,39 | 1334±383 $^{a}$ | 1132±328 $^{b}$ | 1081±324 $^{b}$ | 0,001 |
| GB (%) | 6,63±0,9 | 6,50±1,0 | 0,12 | 6,21±0,9 $^{a}$ | 6,57±0,8 $^{a}$ | 7,32±0,8 $^{b}$ | 0,001 |
| P (kg) | 60,8±7,6 | 61,7±8,8 | 0,19 | 60,0±8,0 $^{a}$ | 61,6±7,8 $^{b}$ | 63,3±7,6 $^{c}$ | 0,001 |

Lan honen emaitzen arabera, zera ondorioztatu daiteke: larratze bideratua egiteko erabili diren larreek larratze libreko larreen belar eskaintza eta kalitate berdina izan dutela. Baina soberan dagoen belarra kontserbatzeko mozten denean, %14 belar gehiago ematen dute larratze bideratutako larreek. Artalde berdinean, larratze bideratuari esker lortzen den belar ekoizpen “extra” honek erositako belarraren aurrezte bat ekar dezake artaldearentzat. Onura ekonomikoez gain, baldintza honek ingurugiroarengan ere eragina du, maneiu erregeneratiboa daraman artaldearen karbono aztarna txikiagoa bait da (Mandaluniz *et al*., 2015b).

Azkenik, larratze bideratuan maneiatutako ardi tropelak librean maneiatutakoaren esne ekoizpen eta kalitate berdintsuak aurkeztu ditu. Emaitza hauen arabera, larratze bideratuaren eraginkortasun tekniko-ekonomikoa maneiu honekin lortu den belar “extra”-ri dagokio.

Lan honetan aurkeztu diren emaitza eta tendentzia hauek datozen urteetan konfirmatuko dira. Honez gain, maneiu hauek beste inguru agroklimatiko eta ekoizpen sistematan (artalde ekologiko baten eta haragi behietan) ere frogatzen ari dira, lekuan lekuko eraginak aztertzeko.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Emaitza hauek abiatutzat hartuta, datozen urteetako erronka eta bideak hauek dira: konfirmatu parametro tekniko-ekonomikoen tendentzia hauek mantentzen diren, maneiu bideratuak ingurumenean duen eragina (karbono aztarna, lurzoruen osasuna, belardien dibertsitateari, etab.) neurtu eta jarraipena egin, eta azkenik, jarraipen hau egoera agroklimatiko eta ekoizpen sistema ezberdinetan frogatu, lekuan lekuko eragina (arlo tekniko-ekonomikoa eta baita ingurugirokoa) aztertuz, lanaren hasieran aipatutako nekazaritzako arazoei irtenbidea bilatzeko asmoz.

## 6. Erreferentziak

Boquier, F. eta Caja, G. (1993). Recent advances on nutrition and feeding on dairy sheep. In: *Proc. 5th international symposium on machine milking of small ruminants* (Ed. S.Kukovics), pp: 580-607.

Mandaluniz, N., Arranz, J. eta Ruiz, R. (2015a). Efecto del tipo de pastoreo sobre parámetros de producción de hierba y leche en un sistema de ovino lechero. *54ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Palma-n (Mallorca), 2015eko Apirilak 14-17.

Mandaluniz, N., Arranz, J. eta Ruiz, R. (2015b). Efecto de las prácticas de manejo del pastoreo sobre la huella de carbono en un sistema de ovino lechero. *IV Workshop de la Red Remedia*, Madrid-en, 2015eko Martxoak 23- 25.

Oregui, L.M., Garro, J., Vicente, M.S. eta Bravo, M.V. (1997). Estudio del sistema de alimentación en las razas ovinas Latxa y Carranzana: utilización de los pastos comunales y suplementación en pesebre. *ITEA* vol. 93A- nº3, 173-182.

Teage, W.R., Dowohower, S.L., Baker, S.A., Haile, N., DeLaune, P.B. eta Conover, D.M. (2011). Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141: 310– 322

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Lan hau Europako LIFE programaren (LIFE REGEN FARMING, LIFE12 ENV/ES/000232) eta Eusko Jaurlaritzaren dirulaguntzari esker egin da. Egileek laginketetan lagundu duen jendea eskertu nahi dute.
- Lan honetan aurkezten diren emaitzak *54ª Reunión Científica de la S.E.E.P.* (Palma-n Mallorka, 2015eko Apirilak 14-17) eta *IV Workshop Remedia*-n (Madrid-en, 2015eko Martxoak 23-25) aurkeztuak izan dira.

# Mendi hegaletako ezegonkortasunak aztertzeko metodologiak. Gipuzkoarako aukerak.

Txomin Bornaetxea Estela
*Euskal Herriko Unibertsitatea. Zientzia eta Teknologia Fakultatea. Landare Biologia eta Ekologia Saila.*
*txomin.bornaetxea@ehu.eus*

***Laburpena***

Mendi hegaletako ezegonkortasun prozesuak ez dira lurraldean zehar zoriz banatzen, lurraldearen nahiz ingurunearen ezaugarri zehatz batzuei lotuta daude. Gainera, prozesu hauen gertaerak Gipuzkoan hainbat kalte gauzatzen du urtero, azpiegitura publiko zein pribatuetan galera ekonomikoak sortuz.

Artikulu honetan mendi hegaletako ezegonkortasunak izaten laguntzen duten ezaugarri hauek identifikatzeko, eta haien gain oinarritutako kartografia fidagarri bat eraikitzeko metodologia desberdinen azterketa sakona egingo da. Metodo guzti horien artean, eskualdeko eskala batean Gipuzkoako kasu konkreturako egokiena izan daitekeena ondorioztatuz.

Hitz gakoak: Mendi hegaletako ezegonkortasuna, metodo kualitatiboa, metodo kuantitatiboa, metodo deterministikoa, eskualdeko kartografia, Gipuzkoa.

***Abstract***

*The slope instability processes are not distributed at random around the space, they are related to some territorial and environmental characteristics or attributes. The occurrence of these kind of processes in Gipuzkoa causes many damages every year, resulting in economic losses for public and private infrastructures.*

*This paper aims to revise the different methodologies in order to identify slope instability causing attributes and to construct a cartographic model based on these attributes. And based on this information, the most suitable method for the case of Gipuzkoa will be concluded.*

*Keywords: Slope instability, qualitative method, quantitative method, deterministic method, regional cartography, Gipuzkoa.*

## 1. Sarrera

Mendi hegaletako ezegonkortasuna fenomeno ohikoenetako bat izaten da mehatxu naturalen artean. Urtero galera ekonomiko handiak eta hainbat hildako gauzatzen dira mundu osoan zehar horrelako prozesuen ondorioz (Petley, 2012). Horretaz gain, mendi hegaletako ezegonkortasun kartografiek munduko hegalen %1 bakarrik hartzen dutela kontutan uste da, eta, halaber, ezegonkortasun hauen mota, kopurua eta banaketa espazialaren informazio sistematikoa oso eskasa da (Guzzetti et al, 2012).

Maldan behera arroka edo lur masa bat mobilizatzen denean grabitatearen indarraren ondorioz, mendi hegaleko ezegonkortasuna edo masa mugimendua esaten zaio. Prozesu hauek lur irristatzeak, lur-jausiak, fluxuak, arroka erorketak edo guzti hauen arteko konbinaketa bat bezala kontsideratu daitezke mobilizatua den material motaren eta mugimenduaren abiadura edo ibilbidearen arabera (Cruden eta Varnes, 1996; Hungr, 2014). Dinamika hauek eragiten dituzten faktore nagusien artean, euriteak, lurrikarak, sumendien eztandak edo elur mantuaren urtzeak daude (Guzzetti, 2002).

Gipuzkoako Lurralde Historikoan, bere ezaugarri klimatiko (1.400 mm/urte-tik gorako prezipitazioa) eta morfologikoengatik (22º-ko bataz besteko malda), mota honetako prozesuak emateko joera handia dago (Aizpiri et al, 2015), eta horretaz gain, dentsitate demografiko altuaren ondorioz (368,2 biz/km$^2$ EUSTAT, 2012), ahultasuna areagotu egiten da. Horren adibide dira 2013 urteko lehen hiruhilekoan gertatutako ezegonkortasunak. Ezbehar hauen ondorioz hainbat auzo eta herri kaltetuak suertatu ziren, izan ere, hilabete hauetan zehar

emandako prezipitazioek (745,9 mm. Igeldoko behatokian) 75 premiazko lan burutzea beharrezkoa egin zuten. Gipuzkoako Foru Aldundiaren arabera kalte hauei aurre egiteko 7,9 milioi euro behar izan ziren (Erredakzioa, D.V. 2013).

Masa mugimenduen ezbeharrak gutxitzeko ezinbestekoa da fenomeno hauen maiztasuna, izaera eta magnitudeak zehazki ezagutzea eta ulertzea (Van Westen, 1993). Ezegonkortasunerako joera dagoen lurraldearen zonazioa, mehatxu hauek gutxitzeko proiektu ororen oinarria behar du izan, plangintza eta kudeaketarako informazio egoki eta ulergarria eskainiz. Zonazio hori egiteko ordea, metodologia desberdin ugari aurki daitezke.

Artikulu honen helburua gai hau lantzeko literatura zientifikoan aurki daitezken aukeren berrikuspen bibliografiko bat egitea da. Informazio hori oinarritzat harturik Gipuzkoan mendi hegaletako ezegonkortasuna ikertzeko aukera metodologiko desberdinak baloratuko dira, eta, horren arabera, etorkizunerako lan ildoen proposamen bat egingo da.

Azken 50 urtetan zehar nabarmen ugaritu dira gai honi buruzko lanak. Eta ikerketa hauek gauzatzeko metodologia guztien artean desberdintasun handiak egon arren, denak oinarri kontzeptual berberaren arabera garatu dira. Lehen pausoa ezegonkortasunen inbentario izango da, modu desberdinetan lortu daitekeena (Crozier, M.J. 2005; Jaiswal eta van Westen, 2009), bigarrena ezegonkortasunekin zuzenean, edo zeharka, erlazionatuta dauden faktore geologiko-geomofologikoak identifikatzea, eta hirugarrenik faktore bakoitzaren ezegonkortasunerako ekarpen erlatiboa ezartzea (Suzen, 2003). Horrela, faktore horien presentzia edo absentziaren arabera lurraldea hegaletako ezegonkortasunerako joera maila desberdinetan klasifikatu daiteke.

Faktore eragile horiek zeintzuk diren, eta beraien eragina zenbatekoa den zehazteko moduan datza metodoen arteko desberdintasuna. Hala eta guztiz ere metodologia mota guztietan ondorengo bi baldintza hauek onartutzat ematen dira (Fell et al, 2008):

- Iragana, orainaren eta etorkizunaren gakoa da. Beraz iraganean ezegonkortasunak jasan dituen mendi hegalak, gaur egun edo etorkizunean ezegonkortasunak jasateko joera izango du.
- Gaur egungo eta etorkizuneko ezegonkortasunak, iraganean zeuden ingurugiro baldintza berdinen menpe gertatuko dira.

Behin bi kontzeptu hauek bere gain hartuta, metodologiak hiru talde desberdinetan banatu daitezke: metodo kualitatiboak, kuantitatiboak eta deterministikoak.

## 2. Metodo Kualitatiboak

Metodologia hauetan adituaren ezaguera eta esperientzia erabiltzen da lurraldearen ezegonkortasunerako joera maila ebaluatzeko. Eskualdeko ikerketetan eta denbora gutxian gauzatzeko metodorik sinpleenak dira. 1970 eta 1980 hamarkadetan erabili ziren gehien bat (Aleotti eta Chowdury, 1999), nahiz eta gaur egun ere askotan erabili. Metodo hauek oso subjektiboak izaten dira, eta emaitzaren kalitatea adituaren ezagutza mailagatik erabat baldintzatua geratzen da.

### 2.1 Metodo Geomorfologikoa

Metodo geomorfologikoan ezegonkortasun joera maila aldez aurretik emandako ezegonkortasunen inbentarioan eta puntu bakoitzeko ingurumen ezaugarrietan oinarrituta dago. Kasu honetan emaitzaren fidagarritasuna, egilearen ezagutza mailarengandik guztiz baldintzatuta geratzen da. Izan ere, ingurumena eta ezegonkortasun prozesuaren arteko erlazioa subjektiboki eta zuzenean kontsideratzen da, eta ezegonkortasun joera maila determinatzerako orduan hartutako erabakiak ezin dira ez egiaztatu, ezta erreproduzitu ere (Van Westen, 1993; Cardinali et al, 2002).

Mota honetako ikerketak Gipuzkoan aplikatuak izan ziren 1980. hamarkadan zehar (Ortega, 1980; CGS, 1985), eta garai hartarako emaitza egokiak eskaini bazituzten ere, zehaztasun faltagatik, gaur egunerako erabilgarritasuna galdu dute.

### 2.2 Indize eta Parametroetan Oinarritutako Metodoa

Kasu honetan adituaren esperientzian eta ezagueran oinarriturik, ezegonkortasuna emateko baldintza faktore bakoitzari pisu erlatibo bat ezartzen zaio. Beraz, faktore guztiak, edo haien arteko batzuk, konbinaturik lurraldearen ezegonkortasunerako joera maila ordinalki sailkatu daiteke. Horregatik metodo hau erdi-kuantitatibo bezala ere ezaguna da.

Teknika honen baitan badira hainbat metodo desberdin faktore bakoitzaren edo hauen klase desberdinei baloreak ezartzeko (Van Westen et al, 2000; Chung eta Fabbri, 2001 ; Malet et al, 2009).

Metodologia hau Oiartzun ibaiaren arroan garatu zen (Etxeberria et al, 2005). Emaitza egokiak ondorioztatzen dira bertatik, baina mota honetako metodologia jarraitzen den ikerketa guztietan bezala, ikerlariak azterketa eremuaren ezaguera oso sakona izan behar du ezegonkortasun mapa errealitatera ondo egokitzeko.

## 3. Metodo Kuantitatiboak

Ebaluaketa metodo hauek aurretik ikusitako metodoetan aurki daitekeen subjektibitate maila ahalik eta gehien murrizteko sortu dira. Horretarako iraganeko ezegonkortasunak gertatzera eraman dituzten faktoreak matematikoki aztertuak dira lurraldearen unitate erregular bakoitzerako. Datu horietan oinarriturik oraindik ezegonkortasunik egon ez den eremuetarako aurreikuspenak egin daitezke antzeko ezaugarriak mantentzen badira.

Geografiako Informazio Sistemak (GIS) eta estatistikako software-ek azken urteotan jasan duten garapenari esker, datuen tratamendua izugarri erraztu da eta mendi hegaletako ezegonkortasunerako joera matematikoki baloratzea ahalbidetu du. Baina faktore bakoitzaren pisua ezartzeko metodo matematiko bat baino gehiago aurkitzen dira. Hiru talde nagusitan sailkatu daitezke: analisi bibarianteak, multibarianteak, eta neurona sareak.

### 3.1 Analisi bibarianteak

Analisi bibarianteetan gertakari bat baldintza zehatz batean gertatzearen eta baldintza horren lurraldean zeharreko presentziaren arteko erlazioak ezartzen dira. Horrela, faktore bakoitzaren mapa (malda, litologia, lur erabilpena…) ezegonkortasunen inbentario maparekin erlazionatu egiten da, eta ezegonkortasun dentsitatean oinarritutako pisu baloreak ezartzen dira faktore bakoitzeko klase desberdinetarako (malda klaseak, litologi klaseak, lur erabilpen klaseak…). Pisu horiek kalkulatzeko metodo estatistiko desberdinak erabili badaitezke ere (Chung eta Fabbri, 1993; Van Westen, 1993; Sharma, 2013), Gipuzkoako kasuan *Likelihood Ratio* teknika erabili da (Bonachea, 2006) (1. formulak).

$$LR_i = \frac{L_i}{N_i} \qquad (1)a$$

$$L_i = \frac{l_i \, x \, 100}{N} \qquad (1)b$$

$$N_i = \frac{M_i \, x \, 100}{NP} \qquad (1)c$$

Espresio honetan $l_i$ ezegonkortasun pixel kopurua da *i* faktore klasearen barnean, eta *N* ezegonkortasun pixel kopuru totala ikerketa eremu osoan. Bestalde, $M_i$ faktore klasearen barnean dagoen ezegonkortasunik gabeko pixel kopurua da, eta *NP* ezegonkortasunik gabeko pixel kopurua ikerketa eremu osoan.

Kasu honetan analisirako erabiltzen den faktore bakoitza banaka erlazionatzen da ezegonkortasunen inbentarioko informazioarekin eta, ondorioz, faktoreak erabat independenteak direla kontsideratzen da, nahiz eta ia kasu gehienetan faktoreak erlazionaturik egon. Gainera, jarraiak diren faktoreak (malda, altuera, etab.) diskretizatuak izan behar dira, eta horretarako ikerlariak erabaki subjektibo bat hartu beharra dauka.

Deba Beheko eskualderako, azaleko irristatzeen arrisku mapa bat argitaratuta dago metodo hau jarraituz (Bonachea, 2006). Aldez aurretik azaleko irristatzeak emateko joera eredu bat egina izan zen eskualde berdinerako (Remondo, 2001).

### 3.2 Analisi multibarianteak

Eredu multibarianteek menpeko aldagai baten (ezegonkortasun presentzia edo absentzia) eta aldagai independente (ezegonkortasunak kontrolatzen dituzten faktoreak) sorta baten arteko erlazio konbinaketa ebaluatzen dute. Analisi mota hauetan ezinbestekoa da faktore guztiak unitate erregular batean bananduak egotea espazioan (pixelak) eta horrela, unitate bakoitzerako ezegonkortasuna eman den ala ez islatuko da. Informazio matrize horren emaitza teknika estatistiko desberdinen bitartez aztertu daiteke (erregresio lineala, erregresio logistikoa, analisi diskriminantea, gehienezko entropia, sailkatze zuhaitza, etab.). Analisi estatistiko hauek faktore bakoitzak ezegonkortasunerako eragina daukan edo ez ondorioztatzen dute, eta eragin hori zenbatekoa den kuantifikatzen dute. Ezegonkortasunaren gaia lantzeko aipatutako teknika estatistiko asko esperimentalki bakarrik erabili direnez, jarraian literaturan erabilienak eta garatuen dauden bi teknika multibariante aurkezten dira.

- Analisi Diskriminatzailea: Aldagaien arteko erlazioetatik ateratako funtzio lineal bati esker populazioko indibiduo bakoitza (pixel bakoitza) talde baten (egonkorra) edo bestearen (ezegonkorra) parte den kalkulatu daiteke, lortzen den *D* balorearen arabera. Balore hori, hain zuzen, *i* aldagai bakoitzarentzat *d* diskriminazio koefiziente eta *V* balorearen araberako izango da, ondorengo espresioa jarraituz (2. formula)(Amorim, 2012).

$$D = d_i V_i + \ldots + d_p V_p \qquad (2)$$

  Baina horretarako aldagaiak eraldatuak izan behar dira jarraiak izan daitezen eta banaketa normal bat izan dezaten (Carrara, 1983; Gorsevski et al., 2000). Metodo hau erabiliz Gipuzkoa osorako ezegonkortasun joera eredu bat egina dago (CGS, 2007).

- Erregresio Logistikoa: Kasu honetan, aldagai batzuen baloreen arabera, fenomeno baten presentzia (1 balorea) edo absentzia (0 balorea) kalkulatzen da funtzio linealari transformazio logaritmikoa aplikatuz. *Z* funtzio linealarentzat $\beta$ koefizienteak ezartzen dira *n* aldagai bakoitzaren *X* balorearekin biderkatuz, eta $\beta_0$ balore konstantea izanik (3. formula). Ondoren *Z* funtzioari eraldaketa logaritmikoa aplikatzen zaio *Z*=1 izateko probabilitatea lortu ahal izateko (4. formula).

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_n X_n \qquad (3)$$

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-z}} \qquad (4)$$

Metodo honetan aldagaiak ez dira zertan jarraiak izan behar eta ez dute banaketa normala izan beharrik (Ohlmacher eta Davis, 2003). Gipuzkoa osorako ez da erabilia izan metodologia hau, baina Deba Beheko eskualdean Remondo-ren (2001) datuak erabiliz, Felicísimo-k (2013) hainbat metodo multibariante berritzailerekin froga egin du, eta ikerketa honen ondorio nagusia erregesio logístikoa aukerarik egokiena dela izan da.

### 3.3 Neurona sareen analisiak

Neurona sareen analisiak giza garunaren funtzionamenduan oinarritutako adimen artifizialeko teknikak dira, metodoa ikaskuntzan eta ondorengo prozesamenduan datza. Helburua, prozesuaren datuen sorkuntza eredu bat sortzea da, eta modu horretan ereduak irteerak aurreikusi ditzake sarrerako informaziorik ez dituen datuentzako (Lee et al, 2007).

Ezegonkortasun prozesuen aurreikuspen ereduak egiteko erabiltzen den algoritmoa errorearen atzeranzko propagazioarena (backpropagation) izaten da (Demuth et al, 2006).

Kataluniako Pirineoetan metodo hau jarraituz, analisi diskriminante eta erregresio logistikoaren emaitzen konparaketa bat egin da (Amorim, 2012). Bertan neurona sareak sortzeko prozesuaren zailtasunak emaitzen hobekuntza esanguratsurik eskaintzen ez duela ondorioztatzen da.

## 4. Metodo Deterministikoak

Aurretik ikusitako metodo guztien artean, batek ere ez du maldaren egonkortasunari buruzko informaziorik ematen segurtasun faktorearen terminoetan. Halako informazioa ondorioztatzeko maldaren egonkortasun modelo fisikoak, edo modelo deterministikoak, beharrezkoak dira.

Metodo fisikoek malda batean aurkitzen diren, eta neurtu daitezkeen ezaugarri batzuetan oinarriturik (malda, lurzoruaren sakonera, lur azpiko uren sakonera …) maldaren oreka muga kalkulatzen da, non muga horretatik haratago malda mugitzen hasiko den. Informazio horri esker, eta kalkulurako erabilitako faktore bakoitza mugako baloreetara iristeko itzulera denborak jakinda, mendi hegal baten ezegonkortasunerako joera zehaztu daiteke.

Hala ere mota honetako ikerketak denbora asko hartzen dute, eta emaitza egokiak lortzeko beharrezkoak diren datu kopuruak eta hauen fidagarritasunak mugatu egiten du teknika honen erabilera. Eskala oso handian eta eremu txikietan aplikatzeko modukoak dira, eskualdeko ikerketetarako ia ezinezkoa bihurtuz. Gainera azaleko luizietarako egokitutako modeloak bakarrik aurkitzen dira erabilgarri gaur egun (Günther, 2003; Simoni et al, 2008).

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Modelo bat eraikitzeko metodologia egokienak ahalik eta objektiboena izan behar du, etorkizunean konprobatu ahal izango diren pauso argiak jarraitu behar ditu eta eskuragarri dauden baliabideak kontutan hartuta, ahalik eta emaitza zehatzena adierazi behar du.

Beraz, Gipuzkoako mendi hegaletako ezegonkortasun modeloa eraikitzeko metodologia egokiena Erregresio Logistikoa dela ondorioztatu da jarraian zerrendatzen diren arrazoiengatik:

- Gipuzkoako eremu osoan aplikatzeko gaitasuna eskaintzen du.
- Metodo estatistiko bat jarraitzen duenez, erabakiak objektiboki justifikatuak izan daitezke, eta beraz etorkizunean erreproduzitzeko, edo zuzentzeko gaitasuna ematen du.
- Erregresio logistikoa gauzatzerako orduan, oinarrizko datuek eraldaketa minimoak jasaten dituzte metodo bibarianteekin, edo analisi diskriminanetearekin konparatuta, eta horrek objektibotasuna eta sendotasuna ematen dio prozedurari.

Hala eta guztiz ere, oso kontutan hartzekoa da, modeloaren kalitatea ez dela erabilitako metodologiaren araberakoa bakarrik izango. Maila handiago batean, ikerketaren fidagarritasuna

eta zehaztasuna, modeloa eraikitzeko datuen zehaztasunagatik eta eskalagatik baldintzatua egongo da.

Ondorioz, Erregresio Logistikoa erabiliz Gipuzkoarako mendi hegaletako ezegonkortasunen joera islatzen duen modelo eguneratu bat eraikitzea interesgarria kontsideratu da, azken urteetan Gipuzkoan ematen ari diren mendi hegaletako ezegonkortasunek sortzen dituzten ezbeharrak ikusita, eta eskualdean aurki daitezkeen aurrekariak oinarritzat hartuta. Dokumentu hau, halaber, plangintza eta kudeaketarako oinarrizko baliabide batean bihurtzea litzateke azken helburua.

## 6. Erreferentziak


Aizpiri, F.J. Guerrero, D. eta Ormaetxea, V. (2015): Lur irristatzeak gertatzeko arriskua. zuk jakin beharrekoa. Euskadiko Geologoen Elkargo Ofiziala. Bilbo.

Aleotti, P. eta Chowdury, R. (1999): Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bull. Eng. Geol. Env*, 21 – 44.

Amorim, S.F. (2012): Estudio comparativo de métodos para la evaluación de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales: aplicación al Pirineo oriental. Doktoretza tesia. Universidad Politecnica de Catalunya. Barcelona.

Bonachea, J. (2006): Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. Doktoretza tesia. Facultad de Ciencias. Universidad de Santander. Santander.

Cardinali, M. Reichenbach, P. Guzzetti, F. Ardizzone, F. Antonini, G. Galli, M, Cacciano, M. Castellani, M. eta Salvati, P. (2002): A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, central Italy. Nat Hazards Earth Syst Sci, 2, 57 – 72.

Carrara, A. (1983): Multivariate models for landslide hazard evaluation. Mathematical geology, vol. 15, 3.

CGS. (1985): Mapa geomorfológico de Gipuzkoa [mapa]. 1:25000. *Estudio Geomorfológico de Gipuzkoa*.

CGS. (2007): Mapa de riesgo por deslizamiento en el Territorio Historico de Gipuzkoa [mapa raster]. 1:25.000. *Elaboración de 3 modelos de predicción de riesgs naturales de incendios, deslizamientos e inundaciones ene l Territorio Historico de Gipuzkoa*.

Chung, C.F. eta Fabbri, A.G. (1993): Representation of geoscience data for information integration. J non-renewable resour , 2, 122 – 139.

Chung, C.F. eta Fabbri, A.G. (2001): Prediction models for landslide hazard using fuzzi set approach. in Marchetti, M. eta Rivas, V. (arg.), Geomorphology and environmental impact assessment. Balkema, Rotterdam, 31 – 47.

Crozier, M.J. (2005): Multiple occurrence regional landslide events in new zealand. Hazard management issues. Landslides, 2, 247 – 256.

Cruden, D.M. eta Varnes, D.J. (1996): Landslide types and processes, in Turner, A.K. Schuster, R.L. (arg.), Landslides, investigation and mitigation, special report 247, Transportation research board, Washington D.C., 36 – 75.

Demuth, H. Beale, M. eta Hagan, M. (2006): Neural network toolbox. For use with matlab. User's guide version 5. The math works inc.

Etxeberria, P. Edeso, J.M. eta Brazaola, A. (2005): Evaluación espacial de los peligros naturales en el valle de Oiartzun (Gipuzkoa). Munibe, 56, 5 – 20.

Erredakzioa, D.V. (2013, martxoak 18): Las lluvias provocan daños de casi 8 millones en la red viaria de Gipuzkoa. *Diario Vasco*.

Felicisimo, A. Cuartero, A. Remondo, J. eta Quirós, E. (2013): Mapping landslide susceptibility with logistic regression, multiple adaptive regression splines, classification and regression trees, and maximum entropy methods: a comparative study. Landslides, 10, 175 – 189.

Fell, R. Corominas, J. Bonnard, C. Cascini, L. Leroi, E. eta Savage, W.Z. (2008): Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering geology 102, 85 – 98.

Gorsevski, P.V. Gessler, P. eta Foltz, R.B. (2000): Spatial prediction of landslide hazard using discriminant analysis and GIS. in The Rockies 2000 conference and workshop applications for the 21st century. Demver, Colorado.

Günther, A. (2003): Slope map: programs for automated mapping of geometrical and kinematical properties of hard rock hill slopes. Computers and geoscience, 865 – 875.

Guzzetti, F. (2002): Landslide hazard assessment and risk evaluation: limits and prospectives, in Universitat de les Illes Balears. Proceedings of the 4th egs plinius conference held, Mallorca, Espainia.

Guzzetti, F. Mondini, A.C. Cardinali, M. Fiorucci, F. Santangelo, M. eta Chang, K.T. (2012): Landslide inventory maps: new tools for an old problem. Earth-Science Reviews, 112, 42 – 66.

Hungr, O. Leroueil, S. eta Picarelli, L. (2014): The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides nº 11. 167 – 194.

Jaiswal, P. Van Westen C.J. (2009): Estimating temporal probability for landslide initiation along transportation routes based on rainfall thresholds. Geomorphology, 112, 96 – 105.

Lee, S. Ryu, J.H. eta Kim, I.S. (2007): Landslide susceptibility analysis and its verification using likelihood ratio, logistic regression, and artificial neural network models: case study of Youngin, Korea. Landslides, 4, 327 – 338.

Malet, J.P. Thiery, Y. Hervás, J. Günther, A. Puissant, A. eta Grandjean, G. (2009): Landslide susceptibility mapping at 1:1m scale over France: exploratory results with a heuristic model. in Conference on landslide processes, From geomorphologic mapping to dynamic modelling. a tribute to prof. dr. Theo van Asch, Strasbourg, France.

Ohlmacher, G.C. eta Davis, J.C. (2003): Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas, USA. Engineering geology, 69, 331 – 343.

Ortega, J.F. (1980): Plano general de Riesgos de Donostia [mapa]. 1:5.000. *Estudio de Riesgos de Donostia*.

Petley, D. (2012): Global patterns of loss of life from landslides. Geology, 40, 927 – 930.

Remondo, J. (2001): Elavoración y validación de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante técnicas de análisis espacial. Doktoretza tesia. Univeridad de Oviedo. Oviedo.

Sharma , L.P. Nilanchal Patel. Ghose, M.K. & Debnath, P. (2014): Application of frequency ratio and likelihood ratio model for geo-spatial modelling of landslide hazard vulnerability assessment and zonation: a case study from the Sikkim Himalayas in India. Geocarto International. 29:2, 128 – 146.

Simoni, S. Zanotti, F. Bertoldi, G. eta Rigon, R. (2008): Modelling the probability of occurrence of shallow landslides and channelized debris flows using geotop-fs. Hydrological processes. 22, 532 – 545.

Suzen, M.L. eta Doyuran, V. (2003): Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey. *Engineering Geology* 7, 303 – 321.

Van Westen, C.J. Soeters, R. eta Sijmons, K. (2000): Digital geomorphological landslide hazard mapping of the Alpago area, Italy. International journal of applied earth observation and geoinformation . 2, 51 – 60.

Van Westen, C. J. (1993): Application of geographic information systems to landslide hazard zonation. International institute of aerospace survay and earth sciences (itc), 15.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau Eusko Jaurlaritzak finantziatutako Euskal Herriko Unibertsitateko Lurralde Paisaia eta Ondarea Katedraren kontratu predoktoral baten esparruan gauzatu da.

# Pirinioetako altuera handiko lakuetako sedimentuak, inguruko kutsadura metalikoaren adierazle

A. Rodriguez-Iruretagoiena[1], A. Gredilla[1], S. Fdez-Ortiz de Vallejuelo[1], G. Arana[1], J. M. Madariaga[1], J. C. Auguet[2], A. Gonzalez[3], L. Camarero[4], A. de Diego[1]

[1]*Kimika Analitikoa Saila; Zientzia eta Teknologia Fakultatea; Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU) - 48080 Bilbao, Euskal Herria*

[2]*Ingurugiro eta Mikrobiologia Saila, UMR CNRS-IPREM 5254 (IPREM-EEM) -CNRS : UMR5254 Pau-ko Unibertsitatea, bat IBEAS, 64000 Pau, Frantzia*

[3]*Touluseko Ingurumen Geozientziak (GET) – Erdi Pirinietako behaketa zentrua, Garpenerako ikerkuntza institutua [IRD] : UMR239, Paul Sabatier Unibertsitatea [UPS] - Toulouse III, CNRS : UMR5563, Toulouse III*

[4]*Blaneseko Aurreratutako Ikasketa Zentroa (ceab) - C/ d'accés a la Cala St. Francesc, 14. Blanes. Girona. E-17300 (Espainia)*

*azibar.rodriguez@ehu.es*

***Laburpena***

Pirinioetako altuerako aintzirak oso ekosistema aproposak dira kutsadura kimikoaren ondorioz gerta daitezkeen aldaketak aztertzeko eta kuantifikatzen saiatzeko. Helburu horrekin sedimentuzko zutabeak bildu genituen 2013ko udan Pirinioetako altuerako 18 aintziretan eta 24 metalen kontzentrazioak neurtu ziren zutabe guztietan, geruzetan banatu ondoren. Lortutako emaitzen tratamendu estatistikoa (korrelazio-analisia) eta kimiometrikoa (Osagai Nagusien Analisia) egin genuen. Gainazaleko sedimentuetan aintzirak 5 talde desberdinetan banatzen ziren metal kontzentrazioen antzekotasunak kontutan izanda. Zn-Cd, Pb-Sb eta Ni-Co elementuen arteko korrelazio esanguratsuak (%95eko konfiantza-mailan) adierazi ziren. Estelat eta Romero de Dalt aintziretan lortutako sedimentuzko zutabe sakonak erabili ziren inguru horietako kutsadura historikoa eta ekarpen antropogenikoa aztertzeko.

Hitz gakoak: Pirinioak; sedimentuak; kutsadura metalikoa; altuera handiko aintzirak; naturala; antropogenikoa

***Abstract***

High altitude lakes in the Pyrenees are very sensitive ecosystems to detect and quantify chemical pollution. With this aim, sediment samples were collected in 18 high altitude Pyrenean lakes in summer 2013. The concentration of 24 elements was measured in all the samples. Statistic (correlation analysis) and chemometric (Principal Component Analysis) treatment of the results were carried out. 5 different clusters of lakes were identified according to their metal content in the surface sediments. Significant correlations (at 95% confidence level) were detected for Zn-Cd, Pb-Sb eta Ni-Co. Sediment deep cores of Estelat and Romero de Dalt lakes were investigated to find out the anthropogenic origin and historical record of the metal pollution.

Keywords: Pyrenees; sediments; metal pollution; high altitude lakes; natural; anthropogenic

## 1- Sarrera

Mendikate altuetan dauden ekosistemak ingurumen-baldintzen aldaketarekiko oso sentikorrak dira. Pirinioetan ekosistema-mota hauen oso adibide onak aurki daitezke (Bacardit eta Camarero, 2010), besteak beste, 2000 metrotik gora dauden aintzirak. Pirinioak Matxitxako Lurmuturretik (Euskal Herria) Creus Lurmuturrera (Katalunia) bitartean hedatzen den 3400 m-ko garaiera maximoa duen mendilerroa da. Bere ekosistemen kalitatean eragina izan dezaketen Bilbo, Bordele, Zaragoza, Toulouse eta Bartzelona bezalako hiriguneak daude. Izan ere, giza-jarduerak bistako eragina izaten du

ingurugiroaren gainean maila globalean. Muga administratiboak eta politikoak direla eta, Pirinioetako lurraldea bi herrialdeen artean dago banaturik (Espainia eta Frantzia). Honek esanguratsuki mugatu du zonalde osoko ingurumen-kalitatea bere osotasunean aztertzeko egin izan diren lanen kopurua.

Lan honetan altuerako aintzirak aukeratu dira Pirinioetako kutsadura metalikoaren egoera ikertzeko. Altuerako aintzirek dituzten kokapen pribilegiatuarekin, lehen mailako behatokiak dira kutsaduraren efektua aztertzeko (Camarero, 2003; Williamson et al., 2009). Orain dela gutxi argitaratutako lan batek oso modu argian erakusten du azken hamarkadetan Europako alturazko hainbat aintziretako ur eta sedimentuetan gertatu den metalen kontzentrazioaren igoera (Camarero et al., 2009). Pirinioetako lakuen sedimentuetan dauden metalek eta metaloideek jatorri naturala (bertako arroken konposizio geokimikoa) edo antropogenikoa (meatzaritza, atmosfera bidez distantzia luzetan garraiatuak diren jatorri industrialeko zein hiriguneko isurketak,…) dute (Bacardit eta Camarero, 2009). Adibide modura, Redó aintzirako sedimentu-zutabeetan berunaren kontzentrazio altuak aurkitu dira, beheragoko geruzetan aspaldiko mineralaren erauzketari lotutako jardueren ondorioz eta goiko geruzetan, gehien bat, askoz modernoagoa den erregai fosilen errekuntzaren ondorioz (Camarero et al. 1998). Bai meategien zein industrien jardunek kutsatzaile metalikoen nahastea sortu dezakete eta nahaste horretan As, Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, eta Zn bezalako substantzia bezain toxikoak aurki daitezke (Nriagu, 1996). Kutsatzaileen atmosferan zeharko garraioan eragin zuzena dute haize-norabideak eta indarrak; mota honetako ikerketetan kontutan hartu beharreko aldagaiak (Gioda et al. 2011; Groeneveldet al. 1993; Marques et al. 2004).

## 2-Helburuak

Lan honen helburu nagusia Pirinioetako hainbat aintziretako sedimentuetan dagoen metal eta metaloideen kontzentrazioak aztertzea da, giza-jarduerek ekosistema hauen kalitatea zenbateraino eragiten duten kuantifikatzeko lehen urrats bezala.

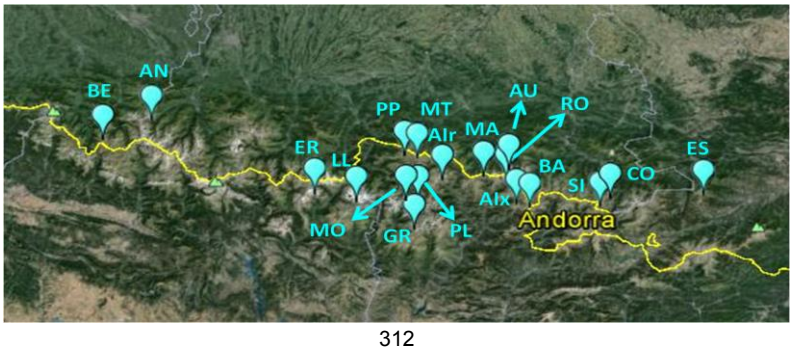
## 3- Atal esperimentala

### 3-1 Laginketa

Sedimentuak Pirinioetako altuera handiko 18 laku desberdinetan hartu ziren: Airoto (AIr), Aixeus (AIx), Anglas (AN), Aube (AU), Baiau Sup (BA), Bersau (BE), Compte (CO), Eriste (ER), Estelat (ES), Gran del Pesso (GR), Llosas (LL), Mariola (MA), Monges (MO), Montoliu (MT), Pica Palomera (PP), Plan (PL), Romero de Dalt (RO) eta Siscar (SI) (1. Irudia) 2013ko abuztua eta iraila artean. Bildutako sedimentuzko zutabeen luzerak desberdinak izan ziren aintziraren arabera, aintzirotako azpien konposizio desberdinak direla eta, grabitatezko lagin-biltzaileak sedimentu kantitate desberdinak hartzen baitzituen. Lortutako sedimentu zutabeen luzerak hurrengoak izan ziren zentimetrotan: (AIr: 5, AIx: 22.5, AN: 12, AU: 19, BA: 26, BE: 12, CO: 22.5, ER: 26, ES: 36.5, GR: 5, LL: 5, MA: 26, MO: 5, MT: 5, PP: 22.5, PL: 30, RO: 36.5 eta SI: 33).

Sedimentu zutabeak plastikozko txalupa puzgarri baten laguntzaz hartu ziren, aintziraren gune sakonenean eta grabitatezko lagin-biltzaile baten laguntzaz. Aintzira bakoitzean sedimentu zutabe bana hartu zen. Zutabe bakoitzetik, gainazaleko sedimentuak (0-1.5 cm) eta 3.5 cm-ko geruzatan banandutako sedimentu laginak hartu ziren. Sedimentuak ziploc poltsa bikoitzetan gorde ziren. Gainazaleko laginak metal eta metaloideen Pirineoetan zeharko azken urteetako azken urteetako distribuzio geografiko orokorra aztertzeko erabili ziren eta sedimentu zutabeak kutsaduraren erregistro historikoa lortzeko. Lagin guztiak mendian behera garraiatu ziren motxila hotzetan eta laborategira eraman ziren.

**1.irudia. Pirinioetako mendikatean zehar lagindutako lakuak: Airoto (AIr), Aixeus (AIx), Anglas (AN), Aube (AU), Baiau Sup (BA), Bersau (BE), Compte (CO), Eriste (ER), Estelat (ES), Gran del Pesso (GR), Llosas (LL), Mariola (MA), Monges (MO), Montoliu (MT), Pica Palomera (PP), Plan (PL), Romero de Dalt (RO) eta Siscar (SI).**



### 3-2 Laginen analisia

Behin laborategian, laginak liofilizazio-baloietan sartu, izoztu eta liofilizatu ziren ($5.4 \cdot 10^{-2}$ mbar, -52$^{o}$C, 72 h). Lagin lehorrak behatu ziren eta 63 µm baino txikiagoko frakzioa ehortzi eta kristalezko bialetan gorde zen 4$^{o}$C-tan eta argitik babestuta analisia burutu arte.

Lagin bakoitzaren 0.5 g ingururen erauzketa azidoa mikrouhinezko labean (Anton Paar Synthos 3000) egin zen erauztatzaile bezala *aqua regia* (HCl:$HNO_3$, 3:1) erabiliz. Lortutako erauzi bakoitzaren diluzio egokia egin ondoren Mg, Al, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, W, Hg, Tl eta Pb elementuen kontzentrazioak neurtu ziren Perkin Elmer NexION 300 ICP-MS instrumentuaren bidez. Kanpo-kalibrazioaren metodoa erabili zen kuantifikazio-urratsean, barne estandarren bidezko zuzenketarekin. Neurketa guztiak 100 motako gela garbi baten barruan egin ziren eta metodoaren zehaztasuna eta errepikakortasuna BCR 701 erreferentziazko material zertifikatuaren analisi errepikatuaren bitartez konprobatu zen. Prozedurazko zurien analisi errepikatua erabili zen metodoaren detekzio-mugak estimatzeko.

### 3-3 Datuen tratamendua

Landutako datu matrizeak 115 lagin desberdin eta 24 metal eta metaloide zituen. Detekzio mugatik behera zeuden kontzentrazioei, metal bakoitzarekiko detekzio mugaren erdiaren balorea eman zitzaien. Datu matrizearen tratamendu estatistikoa eta kimiometrikoa burutu zen. Korrelazio-analisia eta emaitzen errepresentazio grafikoa Microsoft Excel kalkulu-orri batean egin ziren. Osagai Nagusien Analisia (ONA; Principal Component Analysis (PCA), ingeleraz), berriz, The Unscrambler softwarea (v. 9.2 Camo, Oslo, Norbegia) erabiliz burutu zen. Aberaste faktoreen errepresentazio grafikoa erakusteko 3D-Field programa (3D-Field Programa, v. 3.8.8.0, Vladimir Galouchko) erabili zen.

## 4- Emaitzak eta eztabaida

### 4-1 Gainazaleko sedimentuak (0-1.5 cm)

#### 4-1-1 Elementuen kontzentrazioak

Analizaturiko gainazaleko sedimentuetan aurkitutako elementuen kontzentrazio-tarteak (mg/kg) hurrengoak dira: Mg (1500-8300), Al (8200-42000), Ti (64-1100), V (10-77), Cr (11-35), Mn (68-340), Fe (5800-93000), Co (2.1-36), Ni (4.2-69), Cu (7.8-250), Zn (48-4300), As (4.4-1500), Se (<DL-4.8), Sr (3.9-49), Mo (0.072-26), Ag (0.050-26), Cd (0.22-22), Sn (1.3,-9.2), Sb (0.12-10), Ba (14-130), W (<DL-5.0), Hg (<DL-0.62), Tl (0.032-1.2) eta Pb (25-760). Laburpen grafiko bezala, kontzentrazioak kaxa-diagramen bidez adierazi dira 2. Irudian. Kaxa-diagrametan aldagai bakoitzaren parametro estatistikorik garrantzitsuenak (balio maximoa, minimoa, eta %25eko, %50eko eta %75eko pertzentilak) laburbiltzen dira.

Zn, Pb eta As-ren kasuetan, kontzentrazio maximoaren eta %50 pertzentilaren arteko diferentzia oso nabarmena da, laku bakan batzuek erakusten duten kontzentrazio altuen ondorioz. Izan ere, Pb eta Zn ekoizteko meategiak ugariak izan dira Pirinioetako zenbait tokitan eta honek eragin zuzena izan du bertoko sedimentuek duten Pb eta Zn elementuen kontzentrazioaren gainean (Birch et al. 1996; Subias et al. 1999).

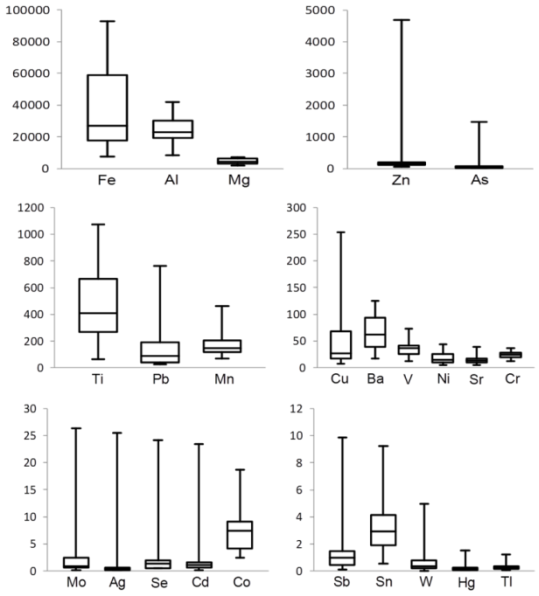
As-ri dagokionez, Pirinioetako arroka metamorfiko eta plutoniko asko arsenopiritan aberatsak dira (Bacardit and Camarero 2010). As-aren presentzia aintziretako sedimentuetan, beraz, jatorri naturalekoa dela esan daiteke eta beste zenbait lanetan ere erreferentziatu da (Camarero 2003; Camarero et al. 2009).

Ti-aren kontzentrazioa, berriz, altu samarra da Pirinioetako aintziretako sedimentuetan, baina bere jatorria litologikoa dela argitaratu da (Lavilla et al. 2006; Della Ventura et al. 2007). Elementu honi dagokion kaxa-diagramari erreparatuz, %25 eta %75 pertzentilen artean daude ikertutako lakurik gehienak. Fe, Al eta Mg-ren kasuetan ere antzeko zerbait beha daiteke. Azken hauen jatorria ere naturala da, alumino silikatoen presentziaren ondorio zuzena.

Kontzentrazioen matrizearen korrelazio-analisia burutu zen, elementuen arteko korrelazio esanguratsurik ote zegoen ikertzeko. Pearson koefizienteak kalkulatu ziren. Aurkitutako korrelazio-koefizienterik altuenak Zn eta Cd (0.98), Pb eta Sb (0.95), Ni eta Co (0.94) elementuen artekoak izan

ziren, denak esanguratsuak %95eko konfiantza-mailan. Cd eta Sb elementuak, hurrenez hurren, Zn eta Pb metalen ezpurutasun giza agertzen dira naturan, baita Pirinioetan ere (Bacardit 2011). Ni eta Co elementuek ere sedimentu eta lurretan askotan erakusten dute korrelazio esanguratsua (Hernandez et al. 2003). Badago, gainera, Pirinioetako litologian Ni kontzentrazio altuak berresten dituen lanik, beste Europako zenbait tokirekin konparatuta (Gonzalez-Miqueo et al. 2010).

**2. irudia. Lagindutako 18 aintziretako gainazaleko sedimentuetan (0-1.5 cm) neurtutako elementuen kontzentrazioak ($mg \cdot Kg^{-1}$-tan) kaxa-diagramen bidez adierazita.**




### 4-1-2 Korrelazio analisia

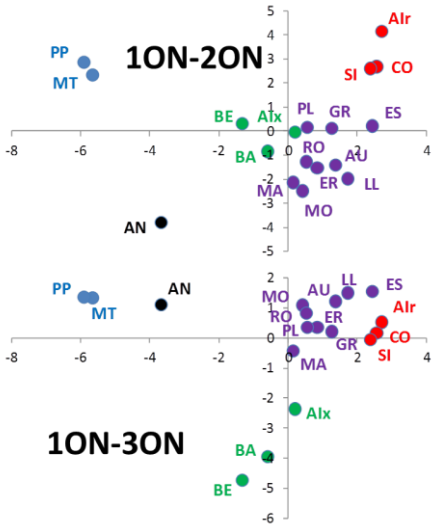
Gainazaleko sedimentuen kontzentrazioen korrelazio-analisia burutu zen, elementuen arteko korrelazio esanguratsurik ote zegoen ikertzeko eta horretarako Pearson koefizienteak kalkulatu ziren. Aurkitutako korrelazio-koefizienterik altuenak Zn eta Cd (0.99), Pb eta Sb (0.94) eta Ni eta Co (0.90) elementuen artekoak izan ziren, denak esanguratsuak %95eko konfiantza-mailan.

Cd eta Sb elementuak, hurrenez hurren, Zn eta Pb metalen ezpurutasun giza agertu ohi dira naturan, baita Pirinioetan ere eta hori dela eta korrelazio zuzena eta esanguratsua adierazi dezaketela esan daiteke (Bacardit 2011). Ni eta Co elementuen aldetik, sedimentu eta lurretan askotan erakusten dute korrelazio esanguratsua, hauen jatorri naturalagatik izan daitekeelarik korrelazioaren arrazoietako bat (Hernandez et al. 2003). Badago, gainera, Pirinioetako litologian Ni kontzentrazio altuak berresten dituen lanik, beste Europako zenbait tokirekin konparatuta (Gonzalez-Miqueo et al. 2010).

### 4-1-3 Osagai Nagusien Analisia

Elementuen kontzentrazioen datu-sortaren Osagai Nagusien Analisia ere burutu zen, ezaugarrien arabera antzeko aintziren multzoak definitzeko (Jolliffe 2002). Analisia egin baino lehen datu-matrizea zentratu eta eskalatu zen. Hiru osagai nagusi dituen eredua aukeratu zen datuen aldakortasuna azaltzeko. Eredua datuen bariantza osoaren %63.0a azaltzeko gai izan zen (1. ON: %31.0; 2. ON: %18.7 eta 3. ON: %13.3). Laginen proiekzioak (*scores* and *loadings* plots delakoak) lehen, bigarren eta hirugarren osagai nagusiek osotutako planoen gainean 3. Irudian ikus daitezke. Irudiri erreparatuz, ikertutako lakuak 5 talde desberdinetan bana daitezke beraien sedimentuetan dauden elementuen kontzentrazioen arabera: i) Pica Palomera eta Montoliu ii) Baiau Superior, Aixeus eta Bersau iii) Siscar, Compte eta Airoto iv) Estelat, Gran del Pesso, Eriste, Llosás, Aube, Romero de Dalt, Mariola, Monges eta Plan v) Anglas.

**3.irudia. Datu-matrizearen Osagai Nagusien Analisiaren ondorioz lortutako laginen (aintzira desberdinetako gainazaleko sedimentuen) proiekzioak 1., 2. eta 3. osagai nagusiek osatzen dituzten planoen gainean.**




Taldekako antzekotasunei begira (3. Irudia), PP eta MT aintziretako sedimentuek Cd, Cu, Fe, Mo, Pb, Sb, V eta Zn kontzentrazio altuenetarikoak dituzte. Beste alde batetik, BA, AIx eta BE aintziretan Al, Co, Cu, Fe,Ni eta Se kontzentrazioak esanguratsuki altuagoak dira gainontzeko aintziretan baino. Oro har, elementuen kontzentraziorik baxuenak SI, CO eta Air lakuetan aurkitu dira. Airotoko sedimentuetan neurtutako As-aren eta W-aren kontzentrazioak dira salbuespena. Zonalde hau arsenopiritetan oso aberatsa da. ES, GR, ER, LL, AU, RO, MA, MO eta PL-ek osatzen duten taldeak, berriz, Ti, Mg, Ba, Mn, Sn eta Tl kontzentrazio altuak erakusten ditu. Azkenik, AN aintzirak Cd, Cr, Hg, Mn, Sr eta Zn elementuen kontzentrazio altuak erakusten ditu.

### 4-1-4 Aberaste faktoreak (AF)

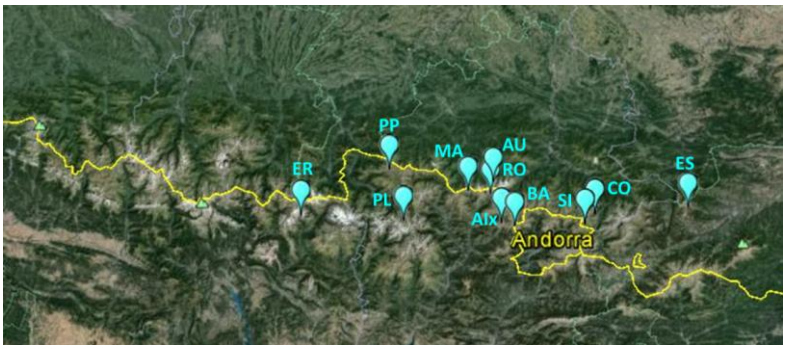
Aberaste faktoreen kalkulurako Ti-arekin normalizaturiko kontzentrazioak erabili ditugu, sedimentuen artean konposiziotan, aldakortasun naturalek eta eguraldiaren eraginek sor ditzaketen diferentziak orekatzeko (Camarero 2003) hurrengo formula erabilita:

$$AF\ (M) = [M]gain\ /\ [Ti]gain\ \ /\ \ [M]azpi\ /\ \ [Ti]azpi$$

Non M, ikertzen den metalari dagokion; gain, gainazaleko sedimentuaren kontzentrazioari; azpi, hartutako sedimentu zutabearen sakoneneko sedimentuaren kontzentrazioari. 2 tik gorako AF-ek metalaren ekarpen ez-naturala adierazten dute, hau da, kutsaduraren adierazle dira.

Beste aintzira batzuetan hartutako zutabeen dataziotik estimatu dugu ES eta RO-ko sedimentu sakonenak K.A. 3676 urtekoak izan zitezkeela. Gainazaleko sedimentuen aberaste faktoreen kalkulurako, 17 cm baino sakonera handiagoko aintziren (4. Irudia) sedimentu sakonenak hartu dira kontutan, ekarpen antropogenikoaren ondoriozko metal eta metaloideak izateko probabilitateak txikiak baitira sakonera horietan (Camarero et al. 1998).

**4.irudia. 17 cm baino luzera handiagoko sedimentu zutabeak lagindutako aintzirak (AIx, AU, BA, CO, ER, ES, MA, PP, PL, RO eta SI).**



AIx aintzirak ez du 2-tik gorako aberaste faktorerik erakusten ikertutako elementuentzako, aintzira honek metal eta metaloideen ekarpen antropogenikorik pairatzen ez duelarik. PL aintziraren kasuan aldiz, 9 elementuren kasuan (As, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb eta Sn) 2 baino gehiagoko aberaste faktorea adierazten da, aintzira honetara heltzen diren elementuen ekarpen antropogenikoa esanguratsua da beraz. Sb-aren kasuan gainera, aintzira guztietako aberaste faktorerik altuena ikusi da 31.39-ko balioarekin.

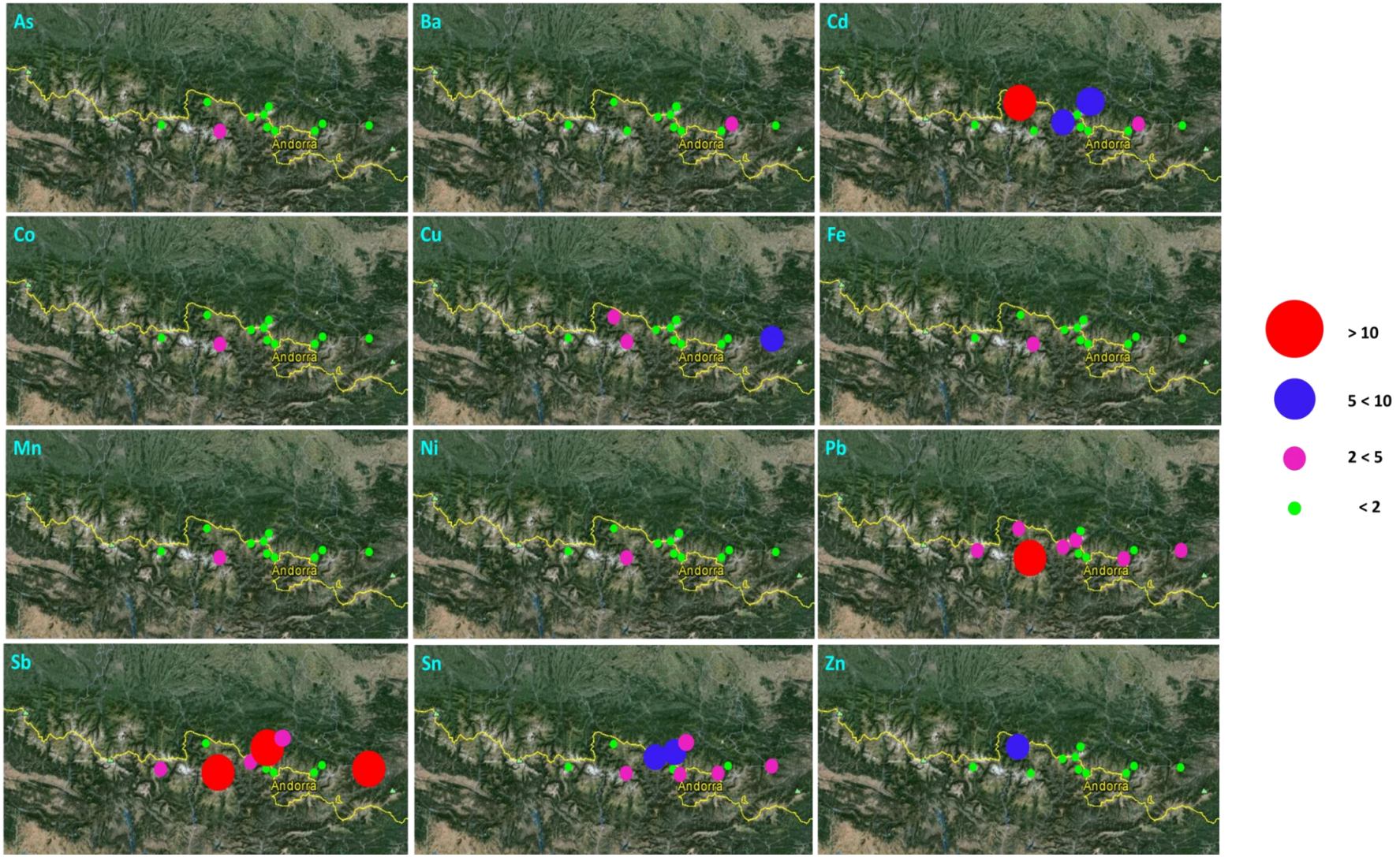
Aberaste faktoreei begira Cd, Cu, Pb, Sb eta Sn-ak adierazten dituzte aberaste faktorerik esanguratsuenak (5. Irudia). Cd-arentzako 4 lakuk (AU, CO, MA eta PP) erakusten dute 2-tik gorako aberaste faktorea, Cu-arentzako 3-k (ES, PL eta PP) baita, Pb-rentzako 7k (ER, ES, MA, PL, PP, RO eta SI), Sb-arentzako 6-ek (AU, ER, ES, MA, PL eta RO) eta azkenik Sn-arentzako 7 aintzirek (AU, BA, ES, MA, PL, RO eta SI). Beraz, metal hauen ekarpen antropogenikoa esanguratsua dela ondoriozta daiteke Pirinioetako altuerazko aintziretan. Aipatu beharreko da, Cd, Cu, Pb, Sb eta Sn elementuen aberaste faktoreei erreparatuta, ES, MA eta PL-k erakusten dituztela aberaste faktorerik esanguratsuenak, bost elementu hauetatik lautan aberaste faktoreak 2-tik gorakoak direlarik.

PP aintziraren kasuan Cd-ren aberaste faktorea 14.56koa da, Pirinioetako aintziretako Cd-ren aberaste faktorerik altuenarekin. Cd-ren kontzentrazio altuenetarikoa gainera, PP aintziran erregistratu da, aintzira honetako Cd-ren ekarpen antropogenikoa esanguratsua delarik. Zn-aren aberaste faktorerik handiena ere, PP-n aurkitu da 8.59-ko balioarekin. Aurretik adierazi bezala Cd eta Zn-ren artean korrelazioa delarik, PP-n aurkitu da Cd eta Zn-aren ekarpen antropogenikorik esanguratsuena, jatorri berbera izan dezaketelarik. Lehen aipatu bezala ere, Cd-a Zn-aren ezpurutasun giza ageri ohi da naturan eta Zn meatzaritza lanen ondorioz, Cd-ren kontzentrazioak gora egin dezake PP aintziran (Bacardit 2011).

Pb-ren aberaste faktoreei erreparatuz, aztertutako 11 lakuetatik zazpik erakusten dute 2 baino aberaste faktore altuagoa, hau da, Pb-ren ekarpen antropogenikoa altueratako Pirinioetako aintziretan argia dela adieraziz. Pb-aren ekarpen antropogenikoa Pirinioetako ezaguna den meatzaritzari egotzi dakioke, eta azken urteotarainoko erregai fosiletako erabilerari ere (Camarero 2013). Ezaguna da, gainera, haizeak kutsadura metalikoa distantzia luzeetan garraiatzeko duen ahamena, hori dela eta azken urteotako trafiko garraioaren igorpenek ere eragina izan dezaketelarik aintzirotako kutsaduran (De Miguel et al. 1997; Wang et al. 2003; European Environment Agency 2004; Hjortenkrans et al. 2006). Korrelazio analisian ondorioztatu den bezala ere, Sb-a da Pb-ren ezpurutasun giza ageri den metala eta Sb-aren aberaste faktoreei erreparatuz, ER, PL, MA, RO eta ES aintziretakoak daude 2-tik gora ekarpen antropogenikodun Sb-a dela adieraziz. Bost aintzira hauetan ere, Pb-ren aberaste faktoreak 2-tik gora daude, aintzirotako Pb eta Sb ekarpena antropogenikoa eta jatorri berdinekoak direla adieraziz.

Cu-ren aldetik, esan beharrekoa da altzairu-industrian erabilera ugaria dela. Euskal Herrian zein Frantziako hego-mendebaldean indar handia duen altzairugintzak metal asko igortzen ditu atmosferara, metal horien artean Cu delarik igortzen den metalik ugariena (Vestergaard et al. 1986; Yuan et al. 2004; Choel et al. 2010). PP-rako Cu-rik gehiena ekarpen antropogenikoaren ondoriozko Cu dela ondoriozta daiteke, Aix eta BA-ren aintziretakoa aldiz, ekarpen naturalekoa delarik, nahiz eta ikertutako aintziren Cu kontzentrazio altuenetarikoak ikusi, hauen aberaste faktoreak 2-tik beheragokoak direlako. Gainera, Aix eta BA aintzirak hurbil daude beraien artean, zonalde horretako litologia Cu-an aberats izan daitekeelarik.

**5.irudia. As, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn eta Zn-ren aberaste faktoreak AIx, BA, CO, ER, ES, MA, PP, PL, RO eta SI aintziretako gainazaleko sedimentuetan.**

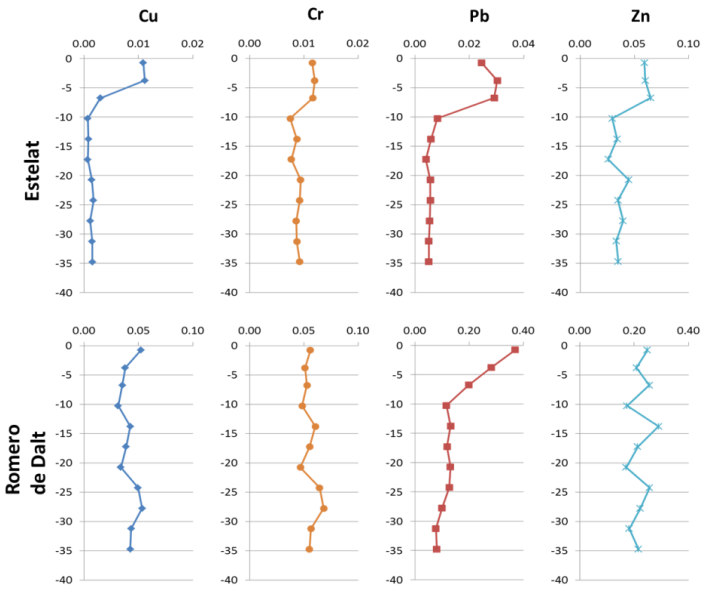


### 4-2 Elementuen profilak sedimentuzko zutabeetan

Estelat eta Romero de Dalt lakuen kasuan, bildu ziren sedimentuzko zutabeak sakonak izan ziren (35 cm-koak). Beste aintzira batzuetan hartutako zutabeen dataziotik estimatu dugu gure zutabeetako sedimenturik sakonenak K.A. 5000 urtekoak izan zitezkeela (Camarero et al. 1998). Zutabe hauek erabili dira inguruko kutsadura metaliko historikoa eta ekarpen antropogenikoa ikertzeko. Horretarako Ti-arekin normalizaturiko kontzentrazioak erabili ditugu, sedimentuen artean konposiziotan edo ehunduratan, adibidez, egon daitezkeen diferentziak orekatzeko (Camarero 2003).

6. Irudiari begira, bi aintzira hauetako inguruan kutsadura metalikoaren eragina azken urteetan izan dela nabarmenki altuagoa esan daiteke. Kontutan hartu behar da sedimentuzko zutabearen zentimetro gutxitan urte askotako informazioa dagoela pilatuta (Camarero et al. 1998). Azken urteotako eragina oso ondo ikus daiteke Cu, Cr, Pb eta Zn-aren kasuetan eta, bereziki, Estelat aintziraren inguruan. Pb eta Zn-ari dagokienez, ekarpen antropogenikoa Pirinioetako ezaguna den meatzaritzari egotzi dakioke, eta Pb-ren kasuan, azken urteotarainoko erregai fosiletako erabilerari ere (Camarero 2013). Cr-ren jatorria ere erregai fosilen erabilerari esleitu zaio hainbat lanetan, batez ere, autoen zirkulazioari. Ezaguna da, gainera, haizeak kutsadura metalikoa distantzia luzeetan garraiatzeko duen ahamena (De Miguel et al. 1997; Wang et al. 2003; European Environment Agency 2004; Hjortenkrans et al. 2006). Kobrearen erabilera altzairu-industrian ugaria da. Euskal Herrian zein Frantziako hego-mendebaldean indar handia duen altzairugintzak metal asko igortzen ditu atmosferara, metal horien artean Cu eta Cr daude, besteak beste (Vestergaard et al. 1986; Yuan et al. 2004; Choel et al. 2010).

**6.irudia. Estelat eta Romero de Dalt aintziretako sedimentuzko zutabeetan neurtutako Cu, Cr, Pb eta Zn metalen kontzentrazioak, Ti-arekin normalizatuta.**




## 5- Ondorioak

Kutsadura metalikoari dagokionez gizakiaren eragina Pirinioetan nabarmena da. Meatzaritza-jarduerak, erregai fosilen errekuntzak eta inguruotako industrialdeak eragin zuzena izan dute aintziretako ekosistemaren gainean.

Aztertutako lakuak 5 talde desberdinetan bana daitezke haien gainazaleko sedimentuen konposizio metalikoaren arabera: i) PP eta MT, Cd, Cu, Fe, Mo, Pb, Sb, V eta Zn kontzentrazio altuekin ii) BA, AIx eta BE, Al, Co, Cu, Fe,Ni eta Se kontzentrazio altuekin iii) SI, CO eta AIr, oro har, metalen kontzentrazio baxuenak dituztelarik, iv) ES, GR, ER, LL, AU, RO, MA, MO eta PL, Ti, Mg, Ba, Mn, Sn eta Tl kontzentrazio altuekin eta, azkenik, v) AN, Cd, Cr, Hg, Mn, Sr eta Zn kontzentrazio altuekin.

Aberaste faktoreek adierazten duten bezala, Cd, Cu, Pb, Sb eta Sn dira ekarpen antropogenikoaren ondorioz Pirinioetako aintziretara heltzen diren metal adierazgarrienak eta batez ere Pb, aztertutako 11 lakuetatik zazpik erakusten baitute ekarpen antropogenikoaren eragina. Arrazoien artean Pirinioetako ezaguna den meatzaritza eta azken urteotarainoko erregai fosiletako erabilera egon daitezke.

## 6- Erreferentziak

Bacardit, M. eta Camarero, L. (2009), Fluxes of Al, Fe, Ti, Mn, Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, and As in monthly bulk deposition over the Pyrenees (SW Europe): The influence of meteorology on the atmospheric component of trace element cycles and its implications for high mountain lakes, *Journal of Geophysical Research*, 114, 1-17.

Bacardit, M. eta Camarero, L. (2010), Major and trace elements in soils in the Central Pyrenees: high altitude soils as a cumulative record of background atmospheric contamination over SW Europe, *Environmental Science and Pollution Research*, 17, 1606-1621.

Bacardit, M. (2011): *Fundamental and Applied Ecology, Trace element biogeochemistry in high mountain lake catchments: identifying anthropogenic versus natural components from the atmospheric contamination legacy in remote natural areas*, Universitat de Girona.

Birch et al. (1996), Heavy metal conservation in Lake Cadagno sediments: historical records of anthropogenic emissions in a meromictic Alpine lake, *Water Res*, 30, 679-687.

Camarero et al. (1998), Historical variations in lead fluxes in the Pyrenees (northeast Spain) from a dated lake sediment core, *Water, Air, and Soil Pollution*, 105, 439-449.

Camarero, L. (2003), Spreading of trace metals and metalloids pollution in lake sediments over the Pyrenees, J. Phys, 1, 249-253.

Camarero, et al. (2009), Trace elements in alpine and arctic lake sediments as a record of diffuse atmospheric contamination across Europe, *Freshwater Biol*., 54, 2518-2532.

Camarero, L. (2013): Lagos alpinos: observatorios del cambio global. Investigación y Ciencia, Investigación y Ciencia.

Choel et al. (2010), Development of Time-Resolved Description of Aerosol Properties at the Particle Scale During an Episode of Industrial Pollution Plume, *Water, Air, and Soil Pollution*, 209, 93-107.

De Miguel et al. (1997), Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust: unleaded petrol and urban lead, *Atmospheric Environment*, 31, 2733-2740.

Della Ventura et al. (2007), FTIR spectroscopy of Ti-rich pargasites from Lherz and the detection of O2- at the anionic O3 site in amphiboles, *Am. Mineral*., 92, 1645-1651.

European Environment Agency, (2004): *EMEP/CORINAIR Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*, European Environmental Agency, Copenhagen.

Gioda et al. (2011), Chemical composition, sources, solubility, and transport of aerosol trace elements in a tropical region, *Journal of Environmental Monitoring*, 13, 2134-2142.

Gonzalez-Miqueo et al. (2010), Heavy Metal and Nitrogen Monitoring Using Moss and Topsoil Samples in a Pyrenean Forest Catchment, *Water, Air, & Soil Pollution*, 210, 335-346.

Groeneveld et al. (1993), PIXE analysis and atmospheric aerosol and hydrometeor particles, *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research*, 79, 397-400.

Hernandez et al. (2003), Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination, *Science of the Total Environment*, 312, 195-219.

Hjortenkrans et al. (2006), New Metal Emission Patterns in Road Traffic Environments, *Environmental Monitoring and Assessment*, 117, 85-98.

Jolliffe, I.T. (2002): *Principal Component Analysis*,Springer, New York.

Lavilla et al. (2006), Depth Profile Of Trace Elements In a Sediment Core Of a High-Altitude Lake Deposit At The Pyrenees, Spain, *Water, Air, and Soil Pollution*, 172, 273-293.

Marques et al. (2004), Lichen-Transplant Biomonitoring in the Assessment of Dispersion of Atmospheric Trace-Element Pollutants: Effects of Orientation Towards the Wind Direction, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 49, 211-222.

Nriagu, J. O. (1996), A history of global metal pollution, *Science*, 272, 223-224.

Subias et al. (1999), The Yenefrito Pb-Zn mine (Spanish Central Pyrenees): an example of superimposed metallogenetic events, *Miner. Deposita*, 34, 220-223.

Vestergaard et al. (1986), Airborne heavy metal pollution in the environment of a Danish steel plant, *Water, Air, and Soil Pollution*, 27, 363-377.

Wang et al. (2003), Emissions of fuel metals content from a diesel vehicle engine, *Atmospheric Environment*, 37, 4637-4643.

Williamson et al. (2009), Climate change. Sentinels of change, *Science*, 323, 887-888.

Yuan et al. (2004), Graphical techniques for interpreting the composition of individual aerosol particles, *Atmospheric Environment*, 38, 6845-6854.

## 7- Eskerrak

CTP-2012-P08 proiektua, Eusko Jaurlaritzaren Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerketa Sailak diruz lagunduta Pirinioetako lan-elkartearen elkarlanerako testuinguruan (2012-2013).

# Errendimendu handiko konputazioa fotosintesia simulatzeko

**Alberdi-Rodriguez, J.**[1,2]

**Muguerza, J.** eta **Arruabarrena, A.**[1]

**Rubio, A.**[2,3]

[1] Konputagailuen Arkitektura eta Teknologia saila, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, M. Lardizabal 1, 20018 Donostia
[2] Nano-Bio Spectroscopy Group eta ETSF, Euskal Herriko Unibertsitatea CFM CSIC-UPV/EHU-MPC & DIPC, Joxe Mari Korta eraik., Tolosa etorb. 72, 20018 Donostia
[3] Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, Hamburg, Germany

**Laburpena**

Artikulu honek informatikako doktore-tesi bat laburbiltzen du, zeina informatikarien, fisikarien eta kimikarien arteko lankidetzan garatu den. DFT eta TDDFT teoriak gauzatzen dituen Octopus software-paketea erabili da landareetan fotosintesia egiten duen molekularen simulazioak egiteko, Europako superkonputagailu bizkorrenetakoak erabiliz. Helburu hori lortzeko, ordea, konputazioko hainbat arazori aurre egin behar izan zaizkio, azelerazio-faktore egokiak eskuratzeko. Arazo horiek gainditzea lortu da, eta, ondorioz, inoizko TDDFT simulaziorik handienak egin ahal izan dira, milaka prozesadore eraginkorki erabiliz.

**Hitz gakoak:** konputagailu bidezko simulazioa, errendimendu handiko konputazioa (HPC), mekanika kuantikoa, dentsitatearen funtzionalaren teoria (DFT), denboraren menpeko dentsitatearen funtzionalaren teoria (TDDFT)

**Abstract**

*This paper is a resume of a computer science PhD thesis, which is a collaboration between computer engineers, physicists and chemists.* Octopus *software package, which implements DFT and TDDFT theories, is used to simulate photosynthesis or the absorption of the light in plants, using the most advanced supercomputers in Europe. However, in order to obtain high speed-ups, we have to previously solve performance problems. Once solved, we have done ever biggest TDDFT calculations, using efficiently thousand of processors.*

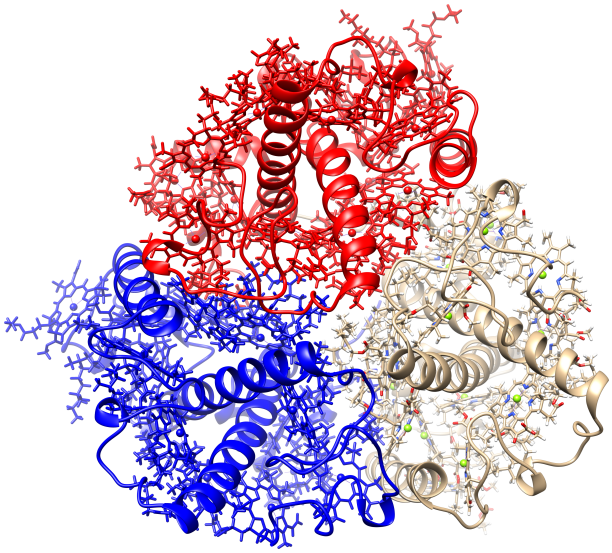
**Keywords:** Computer simulation, high performance computing (HPC), quantum mechanics, density functional theory (DFT), time-dependent density functional theory (TDDFT)

## 1 Sarrera eta motibazioa

Informatikaren aurrerapenak medio, zientzialariak eta ingeniariak gauza dira prozesu fisiko oso konplexuen portaera simulazio-tekniken bidez analizatzeko. Izan ere, konputagailu bidezko simulazioak errealitatea aurreikusteko tresna ezinbestekoak dira gaur egungo industria eta ikerketa-laborategietan, problema berrientzat soluzio berritzaileak sortzeko. Eta horretarako prest ditugu superkonputagailuen konputazio-ahalmen itzela, zeinetan ohikoa baita 100.000 prozesadore baino gehiago erabiltzea aplikazio oso konplexuak ebazteko. Zehazki, artikulu honetan fisika kuantikoko simulazioei buruz arituko gara. Teoria jakin batzuetan oinarrituta (aurrerago azalduko ditugun DFT eta TDDFT), fotosintesiaren prozesua aztertu dugu; izan ere, oraindik ez da erabat ulertzen nola xurgatzen duten argia landareek. Hala, lan honen helburua jakintza horretan pauso bat aurrera egitea da, eta, horretarako, Octopus (Andrade *et al.*, 2012, 2015) software-paketea erabili dugu.

Landareen fotosintesiaren arduraduna *Light Harvesting Complex II* (LHC–II) molekula da (ikus 1 irudia). Konplexu erraldoi horrek hiru aldiz errepikatzen den egitura simetrikoa du eta, orotara, 17.000 atomo baino gehiagoz osatua da. Hiru aldeko simetria horrengatik, trimero deitzen zaio eta bere ataletako bakoitzari, monomero. Monomero bakoitzaren zatirik garrantzitsuenak proteinak, karotenoideak (xantofilak eta klorofilak) eta ur molekulak dira.

*1 irudia: LHC–II molekula. Landareetan fotosintesia egiten duen molekula. Monomero bakoitza kolore batez adierazita dago, eta hiru monomeroek trimero bat osatzen dute. Lan honen helburua molekula erraldoi hau simulatzea izan da, mekanika kuantikoa erabiliz.*



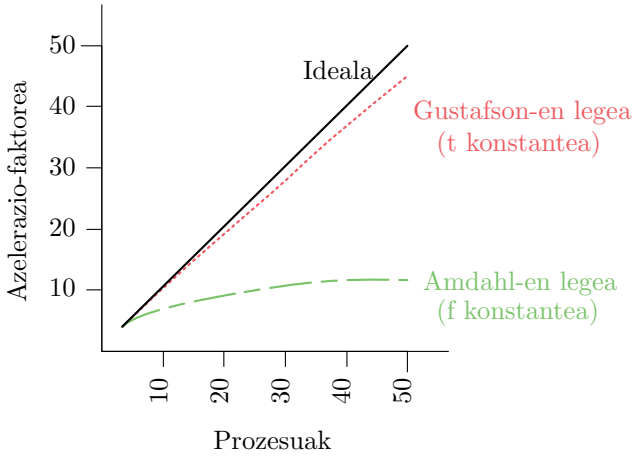
LHC–II bezalako molekula handiak simulatu ahal izateko, bai konputagailu konplexuak eta programa aurreratuak behar dira, eta hori dena biltzen duen terminoa *High Performance Computing* (HPC) da. HPC arloan, azelerazio-faktorea da kontuan izan beharreko neurri garrantzitsuenetariko bat. Oro har, konputazio-baliabideak ugaldu ahala, programen exekuzio-denborak murrizten dira; idealki, prozesadore kopurua bikoiztuta exekuzio-denbora erdira jaitsi beharko litzateke, hau da, programak bi aldiz azkarrago exekutatzea lortu beharko genuke. Programa bat zenbat aldiz azkarrago exekutatzen den zehazten duen neurri horri azelerazio-faktore edo *speed-up* deritzo, eta azelerazio-faktore ideala 2 irudiko marra beltz jarraituan ikus daiteke.

Programa baten exekuzioa hainbat prozesutan banatu daiteke, zeinek programa osoaren zati bana exekutatzen duten. Prozesu horiek aldi berean exekutatzen badira, programa paraleloa dela esaten da. Baina, zoritxarrez, programa guztietan badaude paraleloan exekutatu ezin daitezkeen zatiak, nahitaez seriean (prozesadore bakarrean) exekutatu behar direnak. Serieko zatiek errendimendua mugatzen dute, Amdahl-en legeak adierazten duen moduan (Amdahl, 1967). 2 irudiko beheko marra berdeak adierazten du programa batek lortuko lukeen errendimendua %90 paraleloan eta %10 seriean exekutatuko balitz, benetan urria. Baina, zorionez, Gustafson-en legeak muga hori gaindigarria dela iragartzen du (Gustafson, 1988). Zientzialariak beti daude sistema geroz eta handiagoak simulatzeko gogoz, eta, problemen tamaina hazten dugunean, serieko atala bere horretan mantendu ohi da, paraleloan egin daitekeen lan-karga askoz ere handiagoa izanik. Era horretan, baliabide berriei etekin hobea atera dakieke, 2 irudiko tarteko marra gorriak adierazten duen moduan. Problema errealak bi hurbilpen horien artean egon ohi dira.

Oro har, beraz, prozesadore asko dituzten konputagailuak problema konplexuak eraginkorki ebazteko erabil daitezke; esaterako, 64.000 prozesadoreko makina bat problema jakin bat 64.000 aldiz azkarrago ebazteko (edo gauza bera dena, prozesadore batek zazpi urtetan egingo lituzkeen kalkuluak ordu bakar batean egitea). Lan honetan munduko superkonputagailu azkarrenetako batzuk erabili ditugu; besteak beste: Alemaniako Juqueen konputagailua (458.752 prozesatze-nukleo edo *core*), Italiako Fermi konputagailua (163.840 nukleo), Alemaniako Hydra (65.320 nukleo), Frantziako Curie konputagailua (11.520 nukleo), eta, Espainian, Bartzelonako MareNostrum konputagailua (48.896 nukleo). Juqueen eta Fermi IBMren Blue Gene/Q arkitekturako superkonputagailuak dira, hau da, propio diseinatutako makinak

konputazio-abiadura handienak lortzeko. Hydra, Curie eta MareNostrum, aldiz, cluster motakoak dira, hau da, konputagailu "arrunt" ugari sare bizkor batekin lotutako makinak. Punta-puntako superkonputagailuei buruzko informazio gehigarria E. Strohmaier, J. Dongarra, H. Simon eta M. Meuer-ek urtean bitan argitaratzen duten TOP500[1] zerrendan aurki daiteke, non, LINPACK (Dongarra eta Luszczek, 2011) proba-bankua exekutatzen munduko superkonputagailu azkarrenak ageri baitira.

*2 irudia: Programa paralelo baten aurreikusitako errendimendu teorikoa: Ideala, Amdahl-en legea eta Gustafson-en legea. Zehazki, Amdahl eta Gustafson-en legeen arteko diferentzia ageri da, $f = 0.9$ kasurako (paraleloan exekutatzen den programaren zatia). Argi dago Gustafson-en legearen arabera azelerazio-faktore handiak lor daitezkeela, Amdahl-en aurreikuspen ezkorrarekiko.*




## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Octopus software-paketea simulazioak *ab-initio* egiteko erabili da, hots, beste inolako hurbilpenik erabili gabe, teoria fisikoetan bakarrik oinarrituta. Funtsean, Octopus kodean *Density Functional Theory* (DFT) (Hohenberg eta Kohn, 1964; Kohn eta Sham, 1965) eta *Time-Dependent Density Functional Theory* (TDDFT) (Runge eta Gross, 1984; Fiolhais *et al.*, 2003; Marques *et al.*, 2012) teoriak erabiltzen dira atomo eta molekulen simulazioak egiteko. Teoria horiek mekanika kuantikoaren birformulazio bat dira, eta bai denborarekiko independente (DFT) nahiz menpeko (TDDFT) izan, dentsitate elektronikoan oinarritzen dira, frogatu ahal izan baita sistema atomiko baten propietate guztiak erator daitezkeela bere dentsitate elektronikoa ebatzita.

Kodean, orokorrean, elektroiak mekanika kuantikoari jarraiki simulatzen dira, eta nukleoa klasikoki tratatzen da. Teoria horiek mekanika kuantikoaren konputazioa ahalbideratu dute, bestela zuzenean ebatzi ezin diren ekuazio konplexuegiak sortzen baitira, baita gaur egungo superkonputagailu bizkorrenarentzat ere. DFT eta TDDFT metodoak iteratiboak dira, hau da, sistema iterazioz iterazio ebazten da, konbergentzia lortu arte. Iterazio bakoitzean funtzio berak exekutatzen dira, eta bukaeran erabakitzen da simulazioko beste iterazio bati ekitea ala ez. Exekutatu behar den funtzio horietako bat Poisson ebazlea da, zeinak potentzial elektrostatikoa kalkulatzen duen dentsitate elektronikotik abiatuta.

Milaka atomoko sistemekin maila kuantikoan simulazioak egiteko gaitasuna izan ezkero, fisikako, kimikako eta biologiako fenomeno asko ulertzea posible izango litzateke. Nahiz eta azken urteetan HPC arloan egin diren hobekuntzak handiak izan, TDDFTrekin egin daitezkeen simulazioen tamainak mugatua izaten jarraitzen du, eta erronka handia dira oraindik. Tamalez, hainbat arazo aurkitu dira milaka atomo simulatu ahal izateko, eta arazo horiei nola aurre egin diegun azalduko dugu hurrengo atalean.

[1] `http://www.top500.org`

## 3 Lan-ildoak eta emaitzak

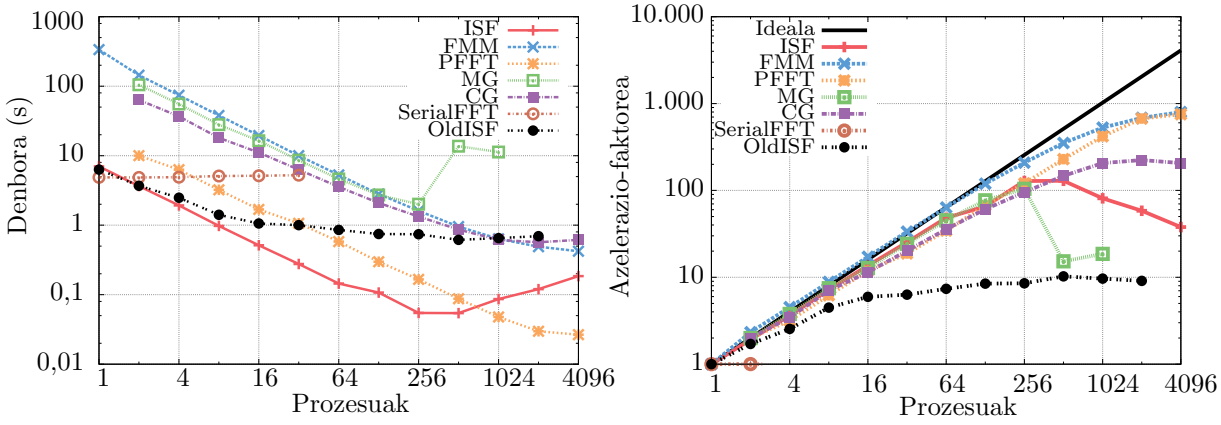
Octopus kodearen errendimendua hobetze aldera, hainbat azterketa egin dira. Hasierako azterketa horien ondorioz, exekuzio paraleloan hainbat hutsune aurkitu ziren simulazioan; aipagarriena, Poisson ebazlearen exekuzio ez optimoa izan zen (Alberdi-Rodriguez, 2010). Funtzio hori ia seriean exekutatzen zen eta, ondorioz, exekuzio-denborak ez ziren murrizten prozesu kopurua handitu ahala. 1 taulan ikus daiteke Poisson funtzioa exekutatzeko behar zen denborak gero eta pisu handiagoa hartzen zuela prozesu kopurua handitzen zenean (3 irudiak portaera bera berresten du; bai ezkerrean zein eskuinean "OldISF" marra horizontal bihurtzen da). Horregatik, Poisson ebazleak galarazten zuen errendimendu optimoa lortzea prozesu asko erabiltzen zirenean.

*1 taula: Poisson funtzioaren exekuzio-denbora, iterazio-denboraren ehuneko gisa, 1365 atomoko sistema baterako, Blue Gene/P makinan exekutatuta.*

| Prozesuak | 512 | 1024 | 2048 | 4096 | 8192 |
|---|---|---|---|---|---|
| Iterazioaren exekuzio-denbora (s) | 44,89 | 34,03 | 19,61 | 11,74 | 8,81 |
| Poisson funtzioaren exekuzio-denbora (s) | 1,14 | 1,27 | 2,72 | 3,21 | 4,25 |
| Poisson funtzioaren ehunekoa (%) | 3 | 4 | 14 | 27 | 48 |

Hori horrela, hainbat aukera aztertu dira Poisson funtzio optimizatuagoa lortzeko, eta, azkenean, Poisson ebazle azkarragoa eta eskalagarriagoa (prozesadore kopuru handietan ongi moldatuko dena) izatea lortu da. Orotara, zazpi metodo aztertu dira, 3 irudian ikus daitekeen bezala. Lau metodo aurrez inplementatuta zeuden: Interpolating Scaling Function zaharra (OldISF), Conjugate Gradients (CG), Multigrid (MG) eta serieko Fast Fourier Transform (serialFFT); eta hiru metodo berri gauzatu dira Poisson ebazle gisa: aurrez lehenetsia zen ISF metodoaren bertsio berria (Genovese *et al.*, 2006), Parallel Fast Fourier Transform (PFFT) (Pippig, 2013) eta Fast Multipole Method (FMM) (Kabadshow eta Dachsel, 2010). Lortutako errendimenduari dagokionez, FMM metodoak, paralelizazio maila ona erakutsi duen arren, exekuzio-denbora altuak behar ditu. PFFT metodoa, aldiz, magnitude-ordena bat azkarragoa da aurrekoa baino, pareko paralelismo maila lortuz. Hots, bi metodo horiek azelerazio-faktore parekoa dute. Bestalde, ISF metodoa aurreko bi metodoak baino azkarragoa da, baina, prozesu asko erabili behar direnean, errendimendua jaitsi egiten da.

*3 irudia: Poisson ebazleen exekuzio-denborak eta azelerazio-faktoreak prozesu kopuruaren arabera; 4.019.679 sareta-puntuko sistema bat Blue Gene/P superkonputagailuan. Prozesu gutxi erabiltzen direnean ISF metodoa da azkarrena. Aldiz, eskalagarritasun hobea dela eta, PFFT azkarrena da prozesu askotan.*



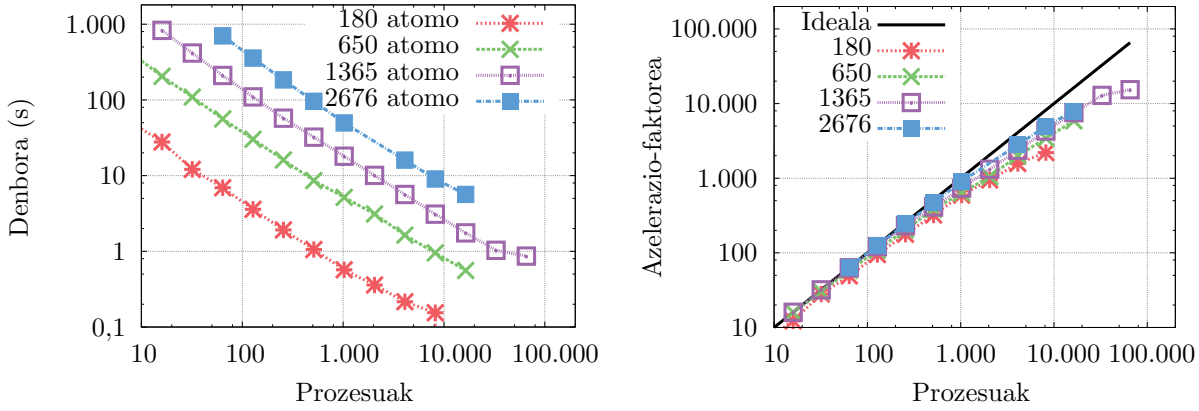

Esfortzu berezia egin da FMM metodoa gure aplikaziora egokitzen. Modu diskretuan lan egiteko pentsatuta dago, eta nolabait jarraitua den dentsitatera egokitu behar izan dugu. Hau da, FMM metodoak sareta bateko puntuetan balio zehatzak jorratzen ditu; aldiz, dentsitate elektronikoa banatuago dago, eta hortik moldaketaren beharra. Alde teknikoari dagokionez, Scafacos (Bolten *et al.*; Arnold *et al.*, 2013) liburutegiari deia egiten zaio eta lortutako emaitzari geuk garatutako zuzenketa aplikatu. Bestalde, ISF eta PFFT metodoak gauzatzerakoan, datu-transferentzia eraginkorrak lortzeko ahalegin berezia egin dugu, sarrerako dentsitate elektronikoa eta irteerako potentzial elektrostatikoa modu desberdinean irudikatuak baitaude liburutegi horietan eta jatorrizko kodean. Bi sareta desberdin horien artean (eta gainera,

puntuak modu desberdinean banatuak prozesuen artean) datu-mugimendua era azkar eta eskalagarrian gauzatu dugu. ISF metodoa, berez, Poisson ebazlea da eta liburutegiari deia egitea nahikoa da emaitza lortzeko (kontuan izanda aipatu berri dugun datu-transferentzia). PFFT aldiz, FFT liburutegi eraginkor bat besterik ez da, eta Poisson ebazle bezala funtziona dezan bi dei egin behar dira eta, tartean, datuak eskalatu behar dira (aurrez kalkulatutako balioekin biderketa bat aplikatuz).

Azterketa horren ondorioa garbia da, ISF metodoa aukeratu behar da prozesu gutxi erabili behar direnean, eta PFFT metodoa, ordea, prozesu askoren kasuan. Gainera, metodo berriek guztiek aurreko errore maila berdindu edo hobetzen dute: hortaz, errendimenduarekin batera, zehaztasuna mantendu edo irabazi da. Beraz, emaitza garrantzitsua lortu dugu, Poisson ebazleak azelerazio-faktore handiak lortzeko oztopoa ez izatea. García-Risueño *et al.* (2014) egileen lanean sakonago azaltzen dira xehetasun guztiak.

Prozesadoreen erabilera eraginkorraz gain, programek erabiltzen duten memoria kopurua ere oso aintzat hartzeko arloa da. Izan ere, gaur egungo superkonputagailuek milaka edota milioika prozesadore dituzten arren, prozesadore bakoitzak eskura duen memoria kopurua urria izan ohi da (1-8 GB inguru besterik ez). Programak behar duen memoria kopurua simulatu behar den sistema atomikoaren araberakoa da eta independentea behar luke erabilitako prozesu kopuruarekin. Errealitatean, ordea, posible da horrela ez izatea, eta memoria-beharrak gero eta handiagoak izatea prozesadore kopurua handitu ahala. Octopus kodea prozesadore kopuru handietan exekutatu ahal izateko, hainbat memoria- eta errendimendu-arazo konpondu behar izan dira. Hobekuntza horietako adibide gisa, geuk garatutako saretako puntuen banaketa berria aipatuko dugu. Octopus-ek espazio errealean egiten ditu simulazioak eta, horretarako, espazioa hainbat puntutan banatzen du, hiru dimentsiotako sareta osatuz. Paraleloan exekutatu nahi denean, sareta-puntuak prozesadoreen artean banatu behar dira. Gure lanaren aurretik, banaketa hori seriean egiten zen eta memoria asko eskatzen zuen. Orain, berriz, banaketa paraleloan egiten da, ParMETIS liburutegia erabiliz (Karypis eta Kumar, 1996). Exekuzioa azkarragoa izateaz gain, memoria gutxiago behar da. Hobekuntza horren eta beste hainbaten informazio zehatza Alberdi-Rodriguez *et al.* (2014) lanean aurkitu daiteke.

*4 irudia: 180, 650, 1365 eta 2676 atomoko sistemak Blue Gene/Q superkonputagailuan exekutatuta (prozesu bat PUZ bakoitzean exekutatuta).* Octopus *kodeak eskalagarritasun handia erakusten du.*




Optimizazio guztien ondoren, frogatu ahal izan dugu errendimendu handia lor dezakegula prozesadore asko erabilita, 4 irudian ikus daitekeen moduan. Hainbat proba egin dira LHC–II molekularen zati desberdinekin, hain zuzen ere, 180, 650, 1365 eta 2676 atomoko molekulekin (452.878, 1.282.324, 2.371.809 eta 4.106.680 sareta-puntu hurrenez hurren). Sistema txikiena kodearen errendimendu handiaren erakusle da; 4 prozesutan banatuta exekutatu daiteke eta 8192 prozesura arte exekutatu daiteke eraginkor. Hau da, azelerazio-faktore edo *speed-up* handia lortzen du prozesu askorekin (2205eko azelerazio-faktorea du 8192 prozesurekin). Era berean, sistema handienak portaera bera erakusten du, nahiz eta, jakina, exekuzio-denbora handiagoak behar dituen, simulatu beharreko espazioa (sareta-puntu gehiago ditu) eta kontuan izan beharreko elektroi kopurua handiagoak baitira. Aipagarria da, halaber, 1365 atomoko sistema 65.536 prozesutan exekutatu ahal izan dugula, errendimendu handia mantenduz. Tarteko 650 atomoko sistemak ere aurrekoen portaera bera du. Erakusten diren emaitzak Blue Gene/Q superkonputagailuan lortu dira; bestelako arkitekturetan ere pareko errendimenduak lortu ditugu.

Octopus kodea optimizatu eta errendimendu handia frogatu ondoren, proiektuaren amaieran fisikaren ikuspuntutik interesgarriak diren simulazioak egin ahal izan ditugu, lehen aldiz. Nahiz eta LHC–II molekula osorik exekutatzea erronka bat izaten jarraitzen duen, monomero osatua, eta, dimero eta trimero sinplifikatuak (proteinarik gabekoak) simulatzea lortu dugu. Guk dakigula, sistema horiek dituzten 5759, 4050 eta 6075 atomo kopururekin sekula egin diren simulaziorik handienak dira. Simulazioetan frogatu ahal izan dugu teoria bat datorrela errealitatearekin; hots, simulazioan eta errealitatean molekula hauen xurgapen-espektroak baliokideak direla.

## 4 Ondorioak

Proiektu honetan kode zientifiko baten optimizazioan lan egin dugu. Nagusiki alderdi informatiko batetik landu den arren, proiektua jakintza-arlo desberdinen arteko lankidetzaren emaitza da: informatikarien, fisikarien eta kimikarien artekoa hain zuzen ere. Octopus software-paketea sistema atomikoen portaera simulatzeko tresna aurreratua da eta mekanika kuantikoko teoriak (DFT eta TDDFT) erabiltzen ditu. Zoritxarrez, tamaina errealeko sistemak simulatzeko, exekuzio-denbora oso handiak behar dira. Beraz, irtenbide bakarra superkonputagailuak erabiltzea da. Makina horiek dituzten ehunka milako prozesadoreetan errendimendu handia lortzea prozesu konplexua da, eta hori izan da proiektu honen helburua. Hori horrela, hainbat arlotan jorratu da optimizazioa. Batetik, Poisson ebazlearen errendimendu mugatu gainditu dugu, aukera berri eta eraginkorrak gauzatuz. Bestetik, memoria erabilera, datu-banaketak eta beste hainbat atal ere optimizatu eta birmoldatu ditugu.

Hobekuntza horien guztien ondorioz, inoiz egin diren DFT eta TDDFT simulazio handienak egitea lortu dugu, tamaina errealeko simulazioak ahalbideratuz. Simulazio horiek aukera emango digute, lehen aldiz, fotosintesian gertatzen diren lehenengo femtosegundoetako erreakzioak ulertzeko.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

LHC–II molekularen simulazioa egiteko gai garela ikusita, simulazioen emaitzak, fisikako/kimikako alderditik aztertu behar dira orain. Oinarrizko egoera bakar batetik abiatuta, kitzikapen desberdinak aplikatuko dizkiogu sistemari, eta bere portaera ulertzen saiatuko gara. Lan honek guztiak denbora beharko du simulatu eta aztertu ahal izateko. Izan ere, simulazio horiek aurrera atera ahal izateko milaka prozesadore erabili behar dira, hainbat egunez gainera. Gerora, fisika berri bat aztertzen ari garela kontuan izanda, lan nekeza da zer aurkituko dugun aurreikusten eta aukera berrietara irekita egon beharko dugu.

Era berean, aplikazioan egin diren hobekuntzek atea ireki dute tamaina horretako beste hainbat sistema simulatu ahal izateko. Software librea izaki, fisikarien eskura dago kodea, eta ziur gaude beste hainbat fenomeno ulertzeko baliagarria izango dela.

## Erreferentziak

Alberdi-Rodriguez, Joseba. 2010. *Analysis of performance and scaling of the scientific code Octopus.* LAP LAMBERT Academic Publishing.

Alberdi-Rodriguez, Joseba, Micael J.T. Oliveira, Pablo García-Risueño, Fernando Nogueira, Javier Nogueira, Javier Muguerza, Agustin Arruabarrena, eta Angel Rubio. 2014. Recent memory and performance improvements in Octopus code. In *Computational Science and Its Applications ICC- SA 2014* , ed. by Beniamino Murgante, Sanjay Misra, Ana Maria A.C. Rocha, Carmelo Torre, Jor- ge Gustavo Rocha, Maria Irene Falco, David Taniar, Bernady O. Apduhan, eta Osvaldo Gervasi, volume 8582 of *Lecture Notes in Computer Science*, 607–622. Springer International Publishing.

Amdahl, Gene M. 1967. Validity of the single processor approach to achieving large scale computing capabilities. In *AFIPS sping joint computer conference*, volume 30, 483–485. AFIPS Press.

Andrade, X., J. Alberdi-Rodriguez, D.A. Strubbe, M.J.T. Oliveira, F. Nogueira, A. Castro, J. Muguerza, A. Arruabarrena, S.G. Louie, A. Aspuru-Guzik, eta others. 2012. Time-dependent density-functional theory in massively parallel computer architectures: the octopus project. *Journal of Physics: Condensed Matter* 24.233202.

Andrade, Xavier, David Strubbe, Umberto De Giovannini, Aak Hjorth Larsen, Micael J. T. Oliveira, Joseba Alberdi-Rodriguez, Alejandro Varas, Iris Theophilou, Nicole Helbig, Matthie J . Vestraete , Lorenzo Stella,

Fernando Nogueira, Alan Aaspuru-Guzik, Alberto Castro, Miguel A. L. Marques, eta Angel Rubio. 2015. Real-space grids and the octopus code as tools for the development of new simulation approaches for electronic systems. *Phys. Chem. Chem. Phys.* –.

Arnold, Axel, Florian Fahrenberger, Chistian Holm, Olaf Lenz, Matthias Bolten, Holger Dachsel, Rene Halver, Ivo Kabadshow, Franz Gähler, Frederik Heber, Julian Iseringhausen, Michael Hofmann, Michael Pippig, Daniel Potts, eta Godehard Sutmann. 2013. Comparison of scalable fast methods for longrange interactions. *Phys. Rev. E* 88.063308.

Bolten, M., F. Fahrenberger, R. Halver, F. Heber, M. Hofmann, I. Kabadshow, O. Lenz, M. Pippig, eta G. Sutmann. ScaFaCoS, C subroutine library. `http://scafacos.github.com/`.

Dongarra, Jack, eta Piotr Luszek. 2011. Linpack benchmark. In *Encyclopedia of Parallel Computing,* ed. by David Padua, 1033–1036. Springer US.

Fiolhais, C., F. Nogueira, eta M. A. L. Marques (eds.) 2003. *A Primer in Density Functional Theory.* Springer, Series: Lecture Notes in Physics, Vol. 620, 1st edition.

García-Risueno, P., J. Alberdi-Rodriguez, M. J. T. Oliveira, X. Andrade, M. Pippig, J. Muguerza, A. Arruabarrena, eta A. Rubio. 2014. A survey of the performance of classical potential solvers for charge distributions. *Journal of Computational Chemistry* 35.427–444.

Genovese, L., T. Deutsch, A. Neelov, S. Goedecker, eta G. Beylkin. 2006. Efficient solution of Poissons's equation with free boundary conditions. *J. Chem. Phys.* 125.074105. Genovese, L. and Deutsch, T. and Neelov, A. and Goedecker, S. and Beylkin, G.

Gustafson, John L. 1988. Reevaluating Amdahl's law. *Communications of the ACM* 31.532–533.

Hohenberg, P., eta W. Kohn. 1964. Inhomogeneous Electron Gas. *Phys. Rev.* 136.B864–B871.

Kabadshow, I., eta H. Dachsel. 2010. The Error-Controlled Fast Multipole Method for Open and Periodic Boundary Conditions. In *Fast Methods for Long-Range Interactions in Complex Systems*, IAS Series, Volume 6, Forschungszentrum J¨ulich, Germany. CECAM.

Karypis, George, eta Vipin Kumar. 1996. Parallel multilevel k-way partitioning scheme for irregular graphs. In *Proceedings of the 1996 ACM/IEEE conference on Supercomputing (CDROM)*, Supercomputing '96, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.

Kohn, W., eta L. J. Sham. 1965. Self-Consistent Equations Including Exchange and Correlation effects. *Phys. Rev.* 140.A1133–A1138.

Marques, Miguel A.L., Neepa T. Maitra, eta Fernando M.S. Nogueira. 2012. *Fundamentals of Time-Dependent Density Functional Theory*, volume 837. Springer Berlin Heidelberg.

Pippig, Michael. 2013. PFFT - An extension of FFTW to massively parallel architectures. *SIAM J. Sci. Comput.* 35.C213 – C236.

Runge, Erich, eta E. K. U. Gross. 1984. Density-functional theory for time-dependent systems. *Phys. Rev. Lett.* 52.997–1000.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Proiektu hau gauzatzeko nahitaezkoa izan da M.J.T. Oliveira, J. Jornet-Somoza, B. Milne, P. García-Risueño, F. Nogueira eta X. Andrade-ren ekarpena eta laguntza. Lan hau Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerkuntza sailak (IT-395-10 eta IT578-13 proiektuak), European Research Council Advanced Grant DYNamo (ERC-2010-AdG-267374), European Community FP7 project CRONOS (grant number 280879-2), COST Actions CM1204 (XLIC), MP1306 (EUSpec) eta Spanish Grant (FIS2013-46159-C3-1-P) proiektuek finantzatu dute. JAR-ek Euskal Herriko Unibertsitatearen beka jaso du bere doktore-tesia egin ahal izateko. Simulazioak aurrera atera ahal izateko, Red Espaola de Supercomputación (RES), Rechenzentrum Garching (RZG) eta Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE) erakundeen konputazio-orduak erabili ditugu.

# Opioide-hartzaileen deskribapena eta kokapena saguen hozi-zelula maskulinoetan

Estomba H, Muñoa I, Urizar I, Gianzo M, Casis L, Irazusta J, Subiran N.
*Medikuntza eta Odontologia Fakultatea. Fisiologia Saila.*
*Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)*
*haizea.estomba@ehu.es*

## *Laburpena*

Hainbat ikerketen arabera barne-peptido opioideak (BPO) arren zelula mota ezberdinetan aurkitzen dira. Aurretik egindako ikerketek, hiru opioide-hartzaileak (mu, delta eta kappa) soilik arratoien testikuluetako Sertoli zeluletan eta giza espermatozoideetan deskribatu dituzte. Espermatozoideak transkribapen eta itzulpen mailan jarduerarik gabeko zelulak izanda, pentsa liteke espermatogenesian zehar, lehenagoko urratsetan, adierazi direla. Emaitza hauek opioide-hartzaileek espermatogenesian duten jarduera erakusteaz gain, sistema opioideak ugalkortasunean, ama zeluletan, epigenetikan, minbizian eta zahartzea bezalako prozesuetan duten ekarpena ulertzen lagun dezake.

Hitz gakoak: sistema opioidea, espermatogenesia, meiosia, ugalkortasuna, ugalketa.

## *Abstract*

*Numerous studies have demonstrated the presence of endogen opioid peptides (EOPs) in different male cell types. Previous studies have described the three opioid receptors (mu, delta and kappa) in testicular rat Sertoli cells and in human spermatozoa. Because of spermatozoa are not active cells in transcription and in translation phase it could be thought that those opioid receptors have been expressed during the spermatogenesis. These results contribute to resolve several long-standing issues concerning the role of opioid receptors in spermatogenesis and provide new insight into the function of the opioid system in fertility, stem cells, epigenetics, cancer and ageing.*

*Keywords: opioid system, spermatogenesis, meiosis, fertility, reproduction.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

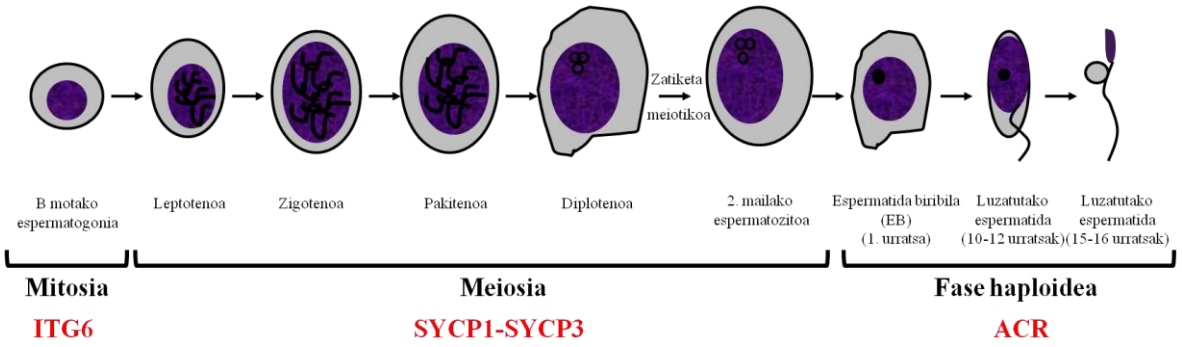
Sistema opioidea zelula arteko komunikazio sistemaren baitan dago eta bere jarduera biologikoa barne-peptido opioideen (BPO) bitartez burutzen du. BPO-etan ezagutzen den efektu fisiologiko nagusiena analgesia edo minaren murriztapena da. Azken urteotan, aldiz, BPO-ak bestelako funtzio fisiologiko batzuetan ere parte hartzen dutela ikusi izan da (Feng et al., 2012). Zehazki, sistema ugalkor maskulinoko hainbat ehun eta organoetan topatu izan dira. Honek, BPO-ek funtzio ugalkor maskulinoaren erregulazioan duten presentzia azaltzen du (Subiran et al., 2011). Esan bezala, BPO-ak komunikazio zelularrean parte hartzen duten sustantziak dira eta euren seinalea G proteinei lotutako opioide-hartzaileen bidez askatzen dute. Nagusiki, hiru opioide-hartzaile ezagutzen dira: mu opioide-hartzailea (MOR), delta opioide-hartzailea (DOR) eta kappa opioide-hartzailea (KOR) (Gaveriáux-Ruff C. eta Kieffer BL, 1999).

Zenbait ikerketek hiru opioide-hartzaileak arratoien testikuluetan topatu arren, hauen kokapena soilik Sertoli zelula somatikoetan adierazten dela ondorioztatu zuten (Fabbri et al., 1985). Dirudienez, BPO-ak *de novo* sintetizatzen dira testikuluetako Leydig eta Sertoli zelula somatikoetan. Honetaz gain, peptido opioide hauek, azken zelula hauen jarduera inhibitzeko gaitasuna dute. Hala ere, peptido opioide hauen ekintza zuzena ez da guztiz ulertzen, izan ere, peptido opioideen hartzaileek hozi-zeluletan duten adierazpen-maila, oraindik ere, ezezaguna da. Azken urteotan opioide-hartzaileak (MOR, DOR eta KOR) eta sistema opioideko bestelako osagaiak giza espermatozoideetan deskribatu izan dira. Aurretik egindako lan hauetan, opioide-hatzaile hauek, giza espermatozoideen mugikortasunean eragiten dutela ondorioztatu zen (Fernandez et al., 2002; Agirregoitia et al., 2006; Subiran et al., 2008; 2012). Bestalde, hartzaile hauen presentzia hozi-zelula maskulinoetan deskribatu ez denez, euren eginkizuna espermatogenesian zehar, oraindik ere, ezezaguna da.

Espermatogenesia zelula espermatikoen garapen prozesuari deritzo. Hozi-zelula maskulinoen heltze prozesu honetan hiru fase zelular bereizten dira: mitosia, meiosia eta fase haploide bereizgarria. Espermatogenesiko zelulen heltze prozesua epitelio seminiferoko kanpoko aldetik barruranzko noranzkoan gertatzen da. Honela, heltze prozesuaren azken fasean dauden zelula haploideak lumenera askatzen dira. Espermatogenesia A1 motako espermatogoniak deritzen zelulen zatiketa mitotikoekin hasten da. Zatiketa hauen ondorioz bestelako espermatogonia mota ezberdinak sortzen dira eta, azkenik, B motako espermatogoniak sortzen dira. Azken espermatogonia hauekin mitosi fasea amaitzen da, izan ere, B motako espermatogonia bakoitza bitan zatitu eta lehen mailako espermatozitoak deritzen bi zeluletan bihurtzen da (de Rooij DG, 2001). Lehen mailako espermatozito hauek meiosi fasean sartzen dira. Fase honetan bi zatiketa meiotiko ematen dira; lehen zatiketa meiotikoa, lehen mailako espermatozitoen DNA kopurua bikoiztu eta materiala genetikoa konbinatu ondoren amaitzen da. Lehen mailako espermatozito bakoitzetik, bigarren mailako espermatozitoak deritzen beste bi zelula sortzen dira. Zelula hauetan bigarren zatiketa meiotikoa gertatzen da. Prozesu hau lehen zatiketa meiotikoarena baino azkarragoa da, izan ere, ez da DNA bikoizketarik ezta materiala genetikoaren konbinaketarik gertatzen. Bigarren mailako espermatozito bakoitzetik haploideak diren lau zelula sortzen dira. Beraz, zelula haploideek jatorrizko DNAren kopuru erdia izango dute (Roeder GS, 1997) (1. irudia).

Aurretik aipatutako guztia kontuan hartuta, ikerketa-lan honen helburu nagusia opioide-hartzaileak espermatogenesian zehar deskribatzea eta kokatzea izan zen.

**1. irudia: Espermatogenesian zeharreko zelula espermatikoen garapen prozesua. Fase bakoitzeko adierazle diren markatzaile espezifikoak ere aurkezten dira.**




## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Orain arte egindako arloko ikerketek hiru opioide-hartzaile klasikoak (MOR, DOR eta KOR) giza espermatozoideetan deskribatu izan dituzte. Honetaz gain, hartzaile hauek espermatozoideen mugikortasunean eragindako seinale opioide ezberdinak ere ezarri dituzte. Aldiz, hartzaile hauen presentzia hozi-zelula maskulinoetan deskribatu ez denez, euren eginkizuna espermatogenesian zehar, oraindik ere, ezezaguna da. Izan ere, hiru opioide-hartzaileak arratoien testikuluetan topatu arren, hauen kokapena soilik Sertoli zelula somatikoetan adierazten dela ondorioztatu zen (Fabbri et al., 1985). Kontuan izanik espermatozoide helduak transkribapen eta itzulpen mailan jarduerarik gabeko zelulak direla opioide-hartzaile hauek espermatogenesian zehar adierazten direla pentsa liteke.

Hau dela eta, ikerketa-lan honetan bi helburu nagusi hauek jorratu dira;

- Saguen espermatogenesian zeharreko MOR, DOR eta KOR-en adierazpena zehaztea
- Saguen zelula espermatogenikoetan opioide-hartzaileak kokatzea

## 3. Ikerketaren muina

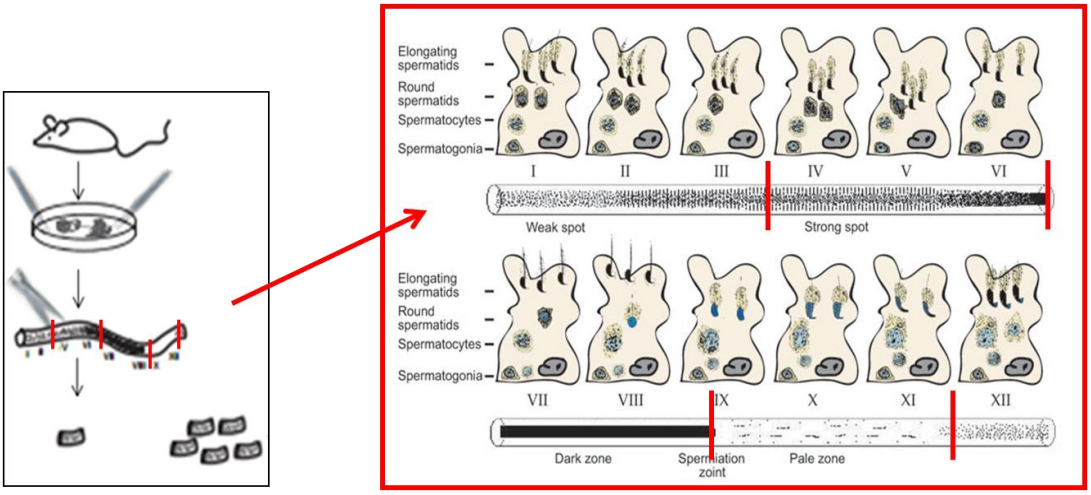
Hozi-zelula maskulinoetako MOR, DOR eta KOR-en deskribapena eta kokapena ezagutzeko metodologia ugari erabili zen. Opioide-hartzaileen gene zein proteinen adierazpenak deskribatzeko erabilitako teknikak, hurrenez hurren, qRT-PCR-a eta western blot-a izan ziren. Bestalde, aipatutako opioide-hartzaileek zelula espermatogenikoetan zuten kokapena ezagutzeko, erabilitako teknika immunotindaketa bidezkoa izan zen.

### 3.1 Opioide-hartzaileen geneen adierazpena

Opioide-hartzaileen geneen adierazpena ikertzeko erabilitako metodoa, aipatu bezala, qRT-PCR-a izan zen. Analisi honen laguntzaz DNA zati baten kopia kopurua handitzea eta, aldi berean, kuantifikatzea lortzen da.

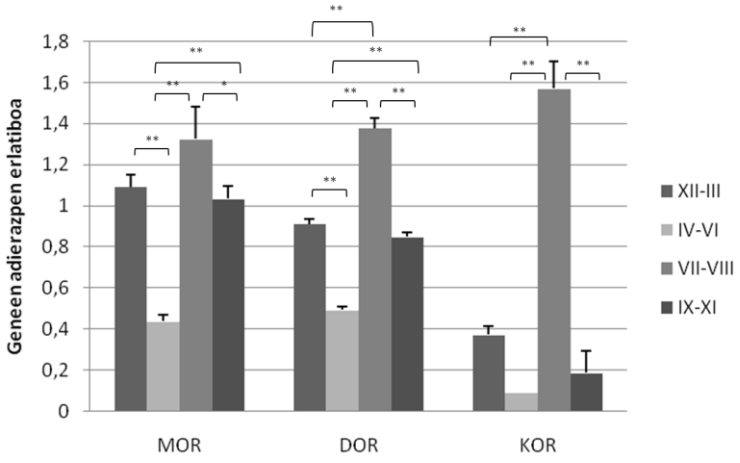
Kasu honetan, aztertutako geneen adierazpena tubulu seminiferoetako MOR, DOR eta KOR-ena izan zen. Honetarako, estadioetan oinarritutako tubulu seminiferoen sailkapena egin zen. Izan ere, saguen ziklo espermatogenikoa, elkarren jarraian dauden hamabi estadioetan bereizten da (Russell et al., 1990) (2. irudia). Estadio bakoitzak argi-xurgapen patroi bereizgarria izan arren, estadio guztiek oso antzekoak diren patroiak izan ditzakete. Hau dela eta, opioide-hartzaileen geneen adierazpena lau taldetan banatuz aztertu zen, non; lehen taldea XII-III bitartean zeuden estadioei zegokion, bigarren taldea IV-VI arteko estadioei, hirugarren taldea VII-VIII estadioei eta laugarren taldea IX-XI artean zeuden estadioei.

**2. irudia: Tubulu seminiferoen taldekako sailkapenaren eskema.**




Lortutako emaitzen arabera *MOR*, *DOR* eta *KOR* geneen adierazpena baieztatu zen saguen tubulu seminiferoetako estadio guztietan (3. irudia). Hiru opioide-hartzaileen geneen adierazpenean bi joera nagusi ikusi ziren. Alde batetik, espermatogenesiko zikloan zehar, opioide-hartzaileen adierazpena aldatzen zela antzeman zen. Bestetik, hiru opioide-hartzaileen adierazpen-patroia, zikloan zehar, errepikatzen zela behatu zen. Izan ere, opioide-hartzaile bakoitzeko geneen adierazpena XII-III estadioetan IV-VI estadioetako adierazpenarekin konparatuz, ikusten zen handiagoa zela. VII-VIII estadioetako gene-adierazpena bere aurreko estadioekin erkatzerakoan, hauen adierazpena ere, handitzen zen. Azkenik, IX-XI estadioetako gene-adierazpena VII-VIII estadioetako adierazpenarekin jaisten zen arren, IV-VI estadioetako gene-adierazpena baino balio altuagoak mantentzen ziren. Aipatutako aldaketa hauek guztiak, estatistikoki oso modu adierazgarrian gertatu ziren ($^{**}P<0,01$).

**3. irudia: *MOR, DOR* eta *KOR* geneen adierazpena tubulu seminiferoetako estadioetan.**



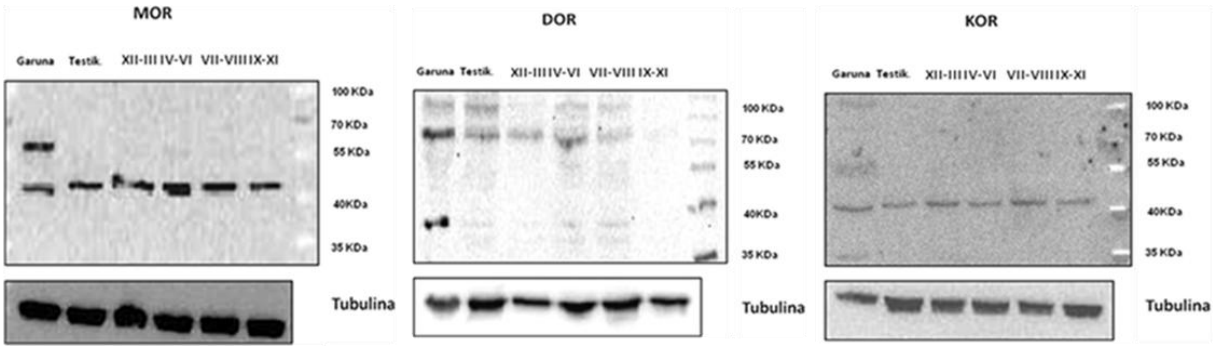

## 3.2 Opioide-hartzaileen proteinen adierazpena

Saguen tubulu seminiferoetako ziklo espermatogenikoan zehar dauden opioide-hartzaileen proteinak hautemateko western blot teknika erabili zen. Proteinak tamaina eta kargaren arabera banatzen dira poliakrilamidazko gel batetan. Ondoren, gel horretan dauden proteinak mintz batetara transferitzen dira. Azkenik, mintzera transferitutako proteinak antigorputz espezifikoekin inkubatzen dira proteina-bandak agertuz.

Kasu guztietan, behatutako banden barne-kontrol gisa, tubulina erabili zen. Tubulinak 50 kDa ditu eta egitura zelular guztietan berdin mantentzen da. Bestalde, kontrol positibo gisa garuna eta testikuluak erabili ziren. Hauetan lehenagotik opioide-hartzaileen proteinak topatu izan direnez, kontrol modura erabiltzea erabaki zen.

Hiru opioide-hartzaileen proteinen presentzia baieztatu zen tubulu seminiferoetako ziklo espermatogenikoan zehar (4. irudia). Zehazki, MOR-en aurkako antigorputz poliklonala erabiliz, estadioetan sailkatutako tubulu seminiferoetan eta testikuluetan 45 kDa-eko banda bakarra antzeman zen. DOR-ari dagokionez, honen aurkako antigorputz poliklonalak 72 eta 100 kDa-eko bandak agerrarazi zituen testikuluetako proteina-erauzkinean eta, baita, tubulu seminiferoetako IV-VI eta VII-VIII estadioetan. XII-III estadioetako proteina-erauzkinean 72 kDa-eko banda bakarra agertzen zen, aldiz, IX-XI estadioen kasuan ez zen banda nabarmenik bereizten. Azkenik, KOR-ren proteina-erauzkinetan, estadioetan sailkatutako tubulu seminiferoetan eta testikuluetan 48 kDa inguruko bandak hauteman ziren. Garunean, ere, 48 kDa-eko immunoerreaktibotasuna zuen banda igarri zen.

**4. irudia: MOR, DOR eta KOR proteinen western blot analisia.**



### 3.3 Opioide-hartzaileen proteinak kokatzea

Aurretik aipatu bezala espermatogenesia deritzon hozi-zelula maskulinoen heltze prozesu honetan hiru fase zelular bereizten dira: mitosia, meiosia eta fase haploide bereizgarria. Aldi berean, fase zelular bakoitzak zelula mota ezberdinak biltzen ditu. Honela, mitosiko zelulak espermatogoniak, meiosi fasean daudenak espermatozitoak eta, azkenik, fase haploideko zelulak espermatidak biltzen dituzte.

Fase zelular bakoitzean adierazten diren opioide-hartzaileen proteinak kokatzeko erabilitako teknika immunofluoreszentzia bikoitza izan zen. Bikoitza da, izan ere, fase zelular bakoitzerako eta opioide-hartzaileetarako espezifikoak diren markatzaileak erabiltzen dira. Honela, espermatogonien markatzaile espezifikoa Alfa-6 integrina (ITG6), espermatozitoena Konplexu sinaptonemalaren proteina-1 eta -3 (SYCP1 eta SYCP3) eta espermatidena, berriz, akrosina (ACR) dira (1. irudia).

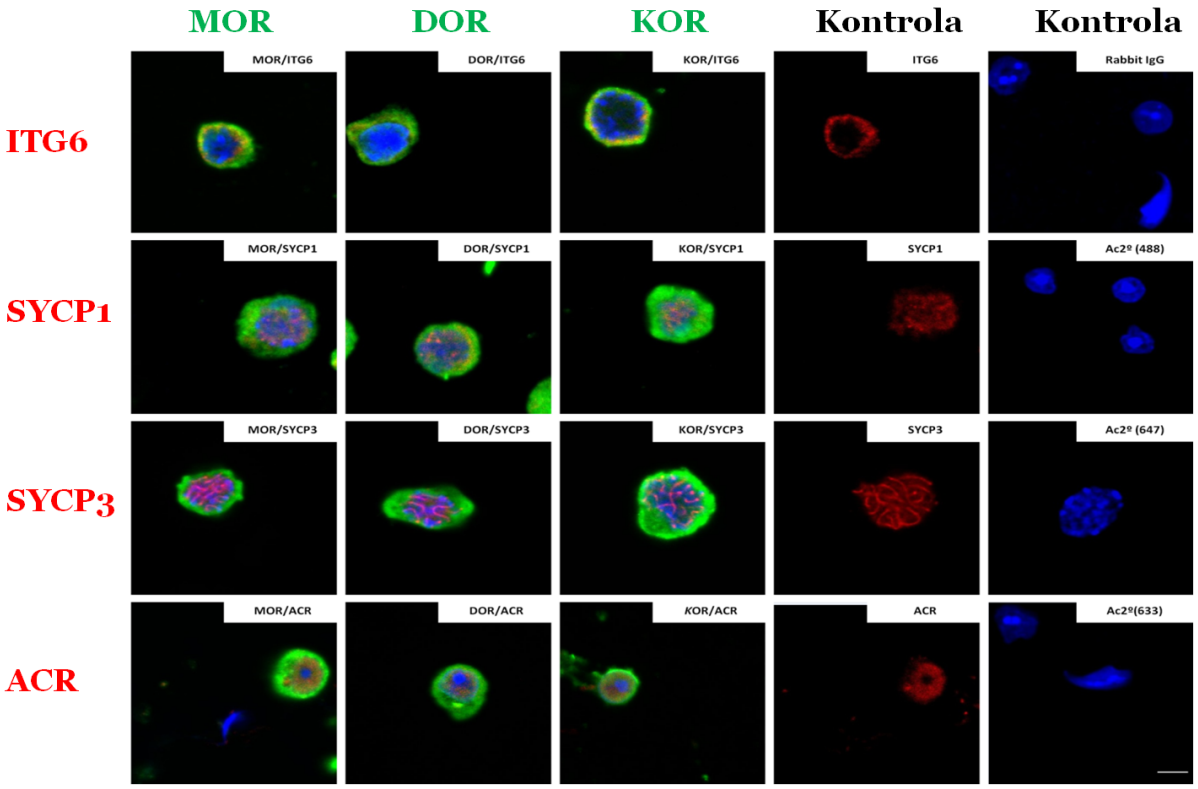
Azterketa immunozitokimikoen bidez MOR, DOR eta KOR-en presentzia espermatogonia, espermatozito eta espermatidetan baieztatu zen. Analisi honi esker opioide-hartzaile bakoitza zelulen alde periferikoan ikusi ahal izan zen. Honek, opioide-hartzaileak mintzean kokatzen direla adierazten zuen (5. irudia).

Opioide-hartzaileen proteinak, kasu honetan, fluorokromo berdez aurkeztu ziren. Bestalde, espermatogenesiko markatzaile espezifikoak fluorokromo gorriz ikus zitezkeen. Kasu guztietan behatu zen markatzaile espezifikoak opioide-hartzaileen tindaketekin batera azaltzen zirela. Zehazki, espermatogonien markatzaile espezifikoa den ITG6-arentzat positiboak ziren zeluletan, zegokien antigorputz primario eta sekundarioarekin inkubatzean MOR, DOR eta KOR-en immunofluoreszentzia, gehiengo batean, zelulen alde periferikoan ikusten zen. Espermatozitoen markatzaile espezifiko diren SYCP1 eta SYCP3-rentzat positiboak ziren zelulak ere opioide-hartzaileekin positiboki markatuta topatu ziren alde periferikoan. ACR-rekin markatutako espermatidetan, ere, MOR, DOR eta KOR-en presentzia baieztatu zen zelulen alderik kanpokoenean.

Markatzaile espezifiko bakoitzak zelula espermatogenikoetan duen kokapena ere aztertu zen. Honela, ITG6 markatzailea mintzean kokatu zen. SYCP1 eta SYCP3 markatzaileak, hurrenez hurren, leptoteno eta pakiteno fase meiotikoan dauden nukleoan lekutu ziren. Azkenik, ACR markatzailea espermatida biribilen nukleoan kokatu zen.

Antigorputzek izan zitzaketen seinale ez-espezifikoak aztertu ziren. Behatutakoaren arabera, soilik antigorputz primario eta sekundarioekin inkubatutako zelulek ez zuten inolako seinalerik ematen. Beraz, esan liteke behatutako immunotindaketen seinalea egokia izan zela.

**5. irudia: Saguen zelula espermatogenikoetako opioide-hartzaileen azterketa immunozitokimikoa.**




## 4. Ondorioak

Hainbat ikerketa lanek, testikuluetako zelula mota ezberdinetan, BPO-ak deskribatu izan dituzte (Tsong et al., 1982; Fabbri et al., 1988; Soverchia et al., 2006). Honek, testikuluetako funtzio erregulatzaile gisa, sistema opioideak, eginkizun garrantzitsua duela adierazten du. Orain arteko arloko ikerketek hiru opiode-hartzaileak (MOR, DOR eta KOR) soilik giza espermatozoideetan (Agirregoitia et al., 2006) eta testikuluetako Sertoli zelula somatikoetan (Fabbri et al., 1985) deskribatu izan dituzte. Aldiz, ikerketa-lan honek, lehen aldiz, mu, delta eta kappa opioide-hartzaileen adierazpena zehaztu du batetik, eta espermatogenesiko zeluletan kokatu ditu, bestetik.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunean, opioide-hartzaileek ugalkortasunean eta, batez ere, espermatogenesian duten garrantzia aztertzen jarraituko da.

Alde batetik, opioide-hartzaileek euren funtzioa gauzatzeko zeluletan erabiltzen dituzten barne-bideak argitzen ahaleginduko gara seinaleztapen sare bat eraikiz. Honela, morfina, heroina edota metadona bezalako droga opioideek, besteak beste, giza ugalkortasunean sor ditzaketen efektuak ezagutu ahal izango dira.

Emaitza hauek guztiak ikerketa klinikoetara egokituko dira. Honela, sistema opioideak laguntza bidezko ugalketan duen garrantzia aztertuko da teknika hauek hobetzeko asmoz. Hau dela eta, ugalkortasun eza dagoeneko kasuetan zelula espermatiko akasdunak detektatu ahal izango dira teknikaren arrakasta handitzea ahalbidetuz.

## 6. Erreferentziak

Agirregoitia E., Valdivia A., Carracedo A., Casis L., Gil J., Subiran N., Ochoa C., Irazusta J. (2006) "Expression and localization of delta-, kappa-, and mu-opioid receptors in human spermatozoa and implications for sperm motility*". J Clin Endocrinol Metab* 91: 4969-75.

de Rooij D.G. (2001). "Proliferation and differentiation of spermatogonial stem cells*". Reproduction* 121:347–354.

Fabbri A., Tsai-Morris C.H., Luna S., Fraioli F., Dufau M.L. (1985). "Opiate receptors are present in the rat testis. Identification and localization in Sertoli cells". *Endocrinology* 117(6):2544-6

_____, Knox G., Buczko E., Dufau M.L. (1988). "Beta-endorphin production by the fetal Leydig cell: regulation and implications for paracrine control of Sertoli cell function*". Endocrinology* 122(2):749-55

Feng Y., He X., Yang Y., Chao D., Lazarus L.H., Xia Y. (2012). "Current research on opioid receptor function*". Curr Drug Targets* Feb;13(2):230-46.

Fernandez D., Valdivia A., Irazusta J., Ochoa C., Casis L. (2002). "Peptidase activities in human semen". *Peptides* 23: 461-8.

Gaveriáux-Ruff C., and Kieffer B.L. (1999). "Opioid receptors: gene structure and function". *Opioids in Pain Control: Basic and Clinical Aspects*. Cambridge University Press.

Roeder G.S. (1997). "Meiotic chromosomes: It takes two to tango". *Genes Dev* 11:2600–2621.

Soverchia L., Mosconi G., Ruggeri B., Ballarini P., Catone G., Degl'Innocenti S., Nabissi M., Polzonetti-Magni A.M. (2006). "Proopiomelanocortin gene expression and beta-endorphin localization in the pituitary, testis, and epididymis of stallion". *Mol Reprod Dev* 73(1):1-8

Subiran N., Agirregoitia E., Valdivia A., Ochoa C., Casis L., Irazusta J. (2008). "Expression of enkephalin-degrading enzymes in human semen and implications for sperm motility". *Fertil Steril* 89: 1571-7.

_____, Casis L., Irazusta J. (2011). "Regulation of Male Fertility by the Opioid System". *Mol Med* 17(7-8):846-53.

_____, Candenas L., Pinto F.M., Cejudo-Roman A., Agirregoitia E., Irazusta J. (2012). "Autocrine regulation of human sperm motility by the met-enkephalin opioid peptide". *Fertil Steril* 98(3):617-625.

Tsong S.D., Phillips D., Halmi N., Liotta A.S., Margioris A., Bardin C.W., Krieger D.T. (1982). "ACTH and beta-endorphin-related peptides are present in multiple sites in the reproductive tract of the male rat". *Endocrinology* 110(6):2204-6

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau Eusko Jaurlaritzak eta UPV/EHU-k emandako diru-laguntzekin burutu ahal izan zen. Eusko Jaurlaritzak Iraia Muñoa eta Marta Gianzo doktoretza-aurreko diru-laguntzekin finantzatu zituen. Itziar Urizar UPV/EHU-k emandako doktoretza-aurreko diru-laguntzarekin finantzatu zen. Gangoiti-Barrera fundazioak Haizea Estomba finantzatu zuen.

# Ugalketako disrupzio endokrinoa Gernika eta Galindoko araztegien inguruko korrokoietan (*Chelon labrosus*)

Valencia, A., Rojo-Bartolomé, I., Bizarro, C., Cancio, I., Ortiz-Zarragoitia, M.

*ZBIT ikerketa taldea, Plentziako Itsas estazioa (PIE-UPV/EHU) eta Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Leioa, Euskal Herria*

*ainara.valencia@ehu.eus*

## *Laburpena*

Disruptore endokrinoak (EDC), ingurugiro-kutsatzaile kezkagarrienetarikoak dira animalien garapen eta ugalketarengan eragin kaltegarria dutelako. EDCetako batzuk eragin xenoestrogenikoa dute, ugal-hormona femenino garrantzitsuena den eta garapen zein ugalketaren arduradun den estrogeno naturala imitatzeko gai direlako. Ur araztegiek xenoestrogenoak isurtzen dituzte ibaietara, arrain arren feminizazioa sortuz. Azken urteetan Gernikako araztegiak isuritako konposatu kimikoen ondorioak ikertu ditugu bertako *Chelon labrosus* korrokoien populazioan; non barrabiletan obozitoak dituzten arrak (intersex) aurkitu ditugu. Gure azken ikerketetan Gernikako korrokoi populazioaren efektu xenoestrogenikoen balioztatzearekin jarraitzeko asmoz eta, aldi berean Galindoko araztegiaren, Bilbo hiritik ur-behera, eragin posiblea ikertzeko asmoz, *C. Labrosus* indibiduoak hartu ziren 2013ko ekainean eta 2014ko otsailean. Gonaden ikerketa histologikoak eta xenoestrogenoen aurrean erantzuten duten bitelogenina (*vtg*) eta *cyp19a1a* aromatasa geneen transkripzio-mailen analisiak burutu ziren. Beste markatzaile molekular berri batzuk, 5S rRNA eta *tfiiia*, obozitoen presentziaren adierazgarri direnak ere aztertuak izan ziren. Testikuluetan obozitoak zituzten intersex arrak behatu ziren, bai Gernikan eta bai Galindon. Intersex korrokoiek arrek baino 5S/18S rRNA indizea eta *tfiiia* transkripzio maila altuak azaldu zituzten, emeen antzekoak. Bi markatzaile molekular hauek korrelazio positiboa adierazi zuten intersex larritasun indizearekin. Ar eta intersexen *vtg*-ren transkripzio mailak ez zuten desberdintasunik azaldu. Laburbilduz, emaitzek Galindo eta Gernikako korrokoiak kimikari xenoestrogenikoei esposatuta daudela iradokitzen dute.

Hitz gakoak: xenoestrogenoak, araztegiak, *Chelon labrosus*, intersex egoera, biomarkatzaile molekularrak

## *Abstract*

*Endocrine disrupting chemicals (EDCs) are among the most concerning environmental pollutants due to their effect on animal developmental and reproduction processes. Some EDCs are considered xenoestrogens because they are able to mimic natural estrogen; the most important reproductive hormone in female vertebrates.Waste water treatment plants (WWTP) discharge xenoestrogen to receiving water masses causing fish feminization. In the last years, the effects of the WWTP effluent from Gernika on the local population of thicklip grey mullets,* Chelon labrosus*, has been studied and males with oocytes in their testis (intersex) have been identified. With the aim to continue with the assessment of xenoestrogenic effects in the mullet population from Gernika and extend the study to another potential pollution hot-spot, such as the Galindo WWTP (downstream the city of Bilbao) mullets were captured in June 2013 and February 2014. Histological studies of gonads and gene transcription analysis of xenoestrogen responding genes such as vitellogenin (vtg) and cyp19a1a aromatase were performed. Novel biomarkers of presence of oocytes such as 5S rRNA and tfiiia were also assessed transcriptionally. Intersex males which contained oocytes within the testis were observed in Gernika and Galindo. Intersex mullets showed higher 5S/18S rRNA index and tfiiia transcription levels in gonads than males, and similar to females. These two molecular markers showed a positive correlation with the scored intersex severity index. Transcription levels of vtg did not show differences between males and intersex. In summary, results suggest that mullet populations from Galindo and Gernika are exposed to xenoestrogenic chemicals.*

*Keywords: xenoestrogens, waste water treatment plant, Chelon labrosus, intersex condition, molecular biomarkers*

# 1. Sarrera eta motibazioa

## 1.1 Disruptore Endokrinoak (EDC)

Disruptore endokrinoak diren gai kimikoak (EDCak) ingurugiroko kutsatzaile kezkagarrienetarikoak dira, animalien garapen eta ugalketan dituzten ondorioak direla eta. Substantzia hauek sistema endokrinoaren funtzionamendu egokia kaltetzen dute, hormonen bidezidorretan eragina dutelarik (Crews et al., 2000). Bestalde, epe luzerako ondorioak izan ditzakete EDCek, esposatutako organismoen ondorengoei eraginez eta populazioen dinamikan kaltegarriak izanik (WHO/UNEP, 2013).

Azken urteetan substantzia kimiko sorta zabal/handi bat EDC modura sailkatuak izan dira. Horien artean, alkilfenolak, ftalatoak, substantzia poliklorinatuak, hidrokarburo aromatiko poliziklikoak, fungizidak eta pestizidak esaterako. Gai kimiko industrialak ingurune urtarretara iristen dira nekazal isurketen, araztegi eta isuri industrialen ondorioz. Autore desberdinek ingurunean agertzen diren EDCen jatorri nagusia giza jarduerak direla dokumentatu dute (Langston et al., 2005; Campbell et al., 2006).

EDCen artean xenoestrogenoak dira kezka gehien sortarazten ari direnak (WHO/UNEP, 2013), ornodun emeetan ugalketarako garrantzitsuena den hormona, estrogenoa, imitatzeko gai direlako. Erraz biometatzeko gaitasun handia edukitzeak, lipofilikoak eta iraunkortasun handikoak direnez (Langston et al., 2005; Porte et al., 2006), arazoak sortarazten dituzte animalien desberdintzapen sexualean eta gametogenesian. Ingurugiroko estrogenoen artean hormona natural zein sintetikoak aurki ditzakegu. Naturalen artean, animalietatik datozen estrogenoak (17β-estradiola, progesterona…), onddoetatik datozen mikoestrogenoak eta landareetatik datozen fitoestrogenoak (WHO/UNEP, 2013). Xenoestrogeno ez-naturalen artean hormona sintetikoak aurki ditzakegu, hala nola ezagunena den 17α-ethinilestradiola, pilula antisorgailuetan erabiltzen dena. Gorago aipatutako hainbat konposatu kimikoak ere xenoestrogenikoak dira. Guztiak ingurunean aurki daitezke eta bertan dauden organismoekin elkarreragiteko gai dira, kontzentrazio baxuetan bada ere. Xenoestrogenoak estrogeno hartzaileei lotzen zaizkie eta ondorioz, efektu kaltegarriak eragiten dituzte beraien eraginpean egon diren bizidunetan. Estrogenoak oso garrantzitsuak dira animalien funtzio desberdinak modu egokian aurrera eraman ahal izateko; beharrezkoak dira garapen, ugalketa, hazkuntza eta ernalketa modu egokian eman daitezen (CSTEE, 1999). Xenoestrogenoen eraginpean egoteak funtzio guzti horien aldaketa ekar dezake eta ondorioz, ugalkortasunaren murrizpena sor dezakete (Jobling et al., 1996).

## 1.2 Ugalketako disrupzio endokrinorako biomarkatzaileak

Biomarkatzaileak tresna baliagarriak bilakatu dira, kutsatzaile jakin batek organismo batean izan ditzakeen eragin biologikoak ebaluatzeko erabilgarriak baitira, eta horri esker, datu kimikoak erabili ordez, osasun datuetan oinarrituriko ingurugiroko kalitate-azterketak egitea posible bihurtu da (Cajaraville et al., 2000; Bizarro et al., 2014). Biomarkatzaileek organismo bat kutsatzaile baten eraginpean egon ote den eta, horrela izanik, horren aurrean erantzuten ari ote denari buruzko informazioa ematen digute. Normalean aztertzen diren erantzun biologikoak molekula, zelula edota ehun mailakoak dira. Maila baxuko antolaketa biologikoko erantzunek, gerora maila altuagoko antolaketa biologikoetan (fisiologian, organismoan, populazioan) gerta daitezkeen efektuei buruzko abisu goiztiarrak ematen dituzte. Horrela izanik, biomarkatzaileak, epe luzera osasunean eman daitezkeen eraginen epe goiztiarreko adierazleak dira (Cajaraville et al., 2000).

Xenoestrogenoen eragina jasaten duten arrainetan alterazio desberdinak deskribatu dira azken urteetan. Esaterako, bitelogenina (vtg) proteinaren indukzioa, xenoestrogenoen eraginpean dauden ar eta heldugabeetan ematen da. Izan ere, proteina hau obozitoen metaketa-proteinaren aitzindaria da, eta estrogenoaren menpe ekoizten da. Estrogeno exogenoek vtg geneen transkripzioa areagotzen dutenez, konposatu estrogenikoen esposizioaren adierazle (biomarkatzaile) modura erabiltzen da, bai laborategi zein zelaiko ikerketetan. Horretaz gain, xenoestrogenoek sexu-determinazio eta desberdintzapena moldarazten dute. Horren ondorioz aldaketak ematen dira ugalketa zikloan; heldutasuna atzeratzen da, intersex motako gonadak

eratzen dira eta kasurik larrienetan erabateko sexu-aldaketa gertatzen da (Devlin eta Nagahama, 2002). Horrelako aldaketa bakoitza xenoestrogenoen eraginen biomarkatzaile gisa balia dezakegu. Hala ere, estrogeno esposizioak eragiten dituen ondorioak, indibiduoaren garapen eta ugalketa fasearen araberakoak dira, sexu desberdintzapen goiztiarra izanik indibiduoak sentikortasun handiena duen garaia (Piferrer, 2001).

Intersex egoera, espezie gonokoristikoetan (ar eta emeak desberdintzen diren espezieak) barrabilen barruan obozitoak agertzea da (Bahamonde et al., 2013; Bizarro et al., 2014). Xenoestrogenoen eraginaren ondorioz ematen den arrainen gonadetako alteraziorik ezagunena eta deigarriena da.

*Cyp19* aromatasak hormona esteroideoen sintesian jarduten dira, androgenoak estrogeno bihurtzen duten entzimak dira. Ornodunen estrogeno maila erregulatzen dute aromatasek, ondorioz, arrainen sexu-determinazio eta -desberdintzapenean oso garrantzitsuak dira (Devlin eta Nagahama, 2002). Arrainetan bi aromatasa isoforma deskribatu dira, *cyp19a1a* eta *cyp19a1b*. Beraien desberdintasun nagusia agertzen duten ehun transkripzio diferentea da; *cyp19a1a* obarioan adierazten da batez ere eta *cyp19a1b* burmuinean. Gene hauek EDCen itu geneak dira eta horrek alterazioak sor ditzake estrogenoaren menpe dauden prozesuetan. Ondorioz, aromatasa genearen transkripzio mailen desorekak EDC aurreko biomarkatzaile indartsuak dira (Diotel et al., 2010; Bizarro et al., 2014).

Azken urteetan gure ikerketa taldeak zenbait biomarkatzaile molekular berri aurkitu ditu, obozitoen presentziaz modu errazean ohartarazi dezaketenak. 5S rRNA, erribosomen azpiunitate handiena eratzeko beharrezkoa den RNA erribosomikoa da. Ikusi denez, garatzen ari diren arrain-obozitoetan transkripzio oso altua ematen da (Diaz de Cerio et al., 2012; Ortiz-Zarragoitia et al., 2014). Berdina gertatzen da bere transkripzioaren erregulazioan eta zitosoleko metaketan parte hartzen duen *tfiiia*, transkripzio faktore IIIA-rekin. 5S rRNA-ren pilaketa, ernalketa arrakastatsu baten ondoren enbrioiaren hasierako garapena sostengatzeko beharrezkoa dela hipotetizatu da (Diaz de Cerio et al., 2012; Ortiz-Zarragoitia et al., 2014), horrela enbrioiak proteinen sintesirako beharko dituen erribosomak eskuragarri izango dituelarik. Obozitoetan ematen den 5S rRNA eta TFIIIA transkripzio altuak, hauek sexu-biomarkatzaile bezala, eta arretan eragin xenoestrogenikoen adierazle gisa erabiltzea ahalbidetzen du (Diaz de Cerio et al., 2012).

### 1.3. Araztegien efektu xenoestrogenikoak

90. hamarkadaz geroztik araztegietako isurpenek, Erresuma Batu eta Estatu Batuetako ur gezetako arrainengan eragin estrogenikoak izan dutela igarri da (Jobling, 1998). Araztegiek beraien isurietan mota askotako EDCak askatzen dituzte. Substantzia guztiak nahasketa kimiko konplexuetan agertzen dira, eragin gehigarri edo sinergistikoak sortarazi daitezkeelarik bertako biotaren gainean. Zelai ikerketa desberdinetan substantzia hauen presentziaren eta bertako arrain populazioetan ematen diren eragin estrogenikoen arteko korrelazioa badagoela ikusi da (Sumpter and Jobling 1995; Jobling et al., 1998; Puy-Azurmendi et al., 2013).

Euskal Herrian antzemandako lehenengo efektu xenoestrogenikoak, Gernikako araztegiaren inguruetan bizi den *Chelon labrosus* korrokoi populazioan deskribatu ziren. Bertan intersex arrak aurkitu ziren 2007. urtez geroztik (Puy-Azurmendi et al., 2013). Intersex egoeraz gain, bertako arrek *vtg* maila altuak zituzten. Arrain horien behazunean alkilfenolen kontzentrazio altuak aurkitu ziren ere (Puy-Azurmendi et al., 2013). Alkilfenolak detergenteetan erabiltzen dira eta lortutako emaitzak adierazten dutenez jatorria Gernikako araztegiaren funtzionamendu desegokia litzateke.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Euskal kostaldeko beste hainbat guneetan ere EDCen presentzia detektatu da ur-analisien bitartez (Bizarro et al., 2014); Pasaia, Deba, Ondarroa eta Santurtzi esaterako. Kutsatzaileen eragin biologikoei dagokienez, intersex arrak aurkitu izan dira eta horrekin batera *vtg* eta *cyp19a1b* aromatasaren transkripzio maila altuak ikusi izan dira bertako korrokoi populazioetan (Bizarro et al., 2014). Pasaiako portuan bestetik, arrantzatutako ar intersexetan 5S rRNA eta

*tfiiia* transkripzio mailak arrenak baino altuagoak zirela ikusi da, ar eta emeen tarteko baloreak erakutsiz (Diaz de Cerio et al., 2012).

Gernikako egoera denboran zehar aztertzea interesgarria litzatekeenez (araztegia ixteko eta Bermeora eramateko plangintzaren baitan), bi garai desberdinetan bertako korrokoi-populazioa aztertzea erabaki zen. Horretaz gain, araztegi handiago baten egoera aztertzea ere garrantzitsua litzatekeela kontutan harturik, Galindoko (Barakaldo) araztegi inguruko *Chelon labrosus* populazioa ere ikertu zen. Arrainen ikerketarako aurretik aipaturiko biomarkatzaileak erabiltzea erabaki zen, kutsatzaile xeonoestrogenikoen eraginaren adierazle onak direlako (*vtg, cyp19a1a, tfiiia*, 5S rRNA) eta horiekin batera arrainen gonadak histologikoki aztertzea, intersex indibiduoak bereizi ahal izateko. Beraz, ikerketaren helburuak hauek izan ziren:

1) Korrokoien gonadetan alterazio histopatologikoen presentzia ikertzea, batez ere intersex egoeraren maiztasunaren analisian arreta jarriz.
2) Gonadetako 5S rRNAren transkripzioaren kuantifikazioa egitea eta 5S rRNA/18S rRNA indizea kalkulatzea.
3) Obozitoen garapenarekin erlazionaturiko geneen (*tfiiia*, *cyp19a1a* gonadatan eta *vtg* gibelean) transkripzio maila neurtzea.

## 3. Ikerketaren muina

*Chelon labrosus* espezieko korrokoiak arrantzatu ziren Gernikan eta Galindon, 2013ko ekainean eta 2014ko otsailean, ugalketa zikloaren bi fase desberdinetako indibiduoak aztertu ahal izateko.

### 3.1 Histologia eta histopatologia

Analisi histologikoen bitartez, indibiduo bakoitzaren sexua eta ugalketa zikloaren fasea zehaztu zen. Horrela, honakoa ikusi zen: korrokoi eme guztiak (Gernika zein Galindokoa eta azterturiko bi garaietan) fase aurre-bitelogenikoan zeuden (1a irudia), hau da, ugalketa zikloaren fase goiztiarretan agertzen ziren. Galindoko arrak gametogenesiaren fase goiztiarretan zeuden ere ekainean, aldiz otsailean ale batzuk espermatogenesiaren fase aurreratuagoetan zeuden. Gernikako korrokoien kasuan, Galindoko joera berdina agertu zuten baina otsaileko laginetan espermatogenesi fase aurreratuagoetan zeuden indibiduo kopurua altuagoa zen (1b irudia).

Gonadaren azterketa histopatologikoari dagokionez, Galindon aurkitutako intersex indibiduoen maiztasuna baxua izan zen, laginketa bakoitzean indibiduo intersex bakarra aurkitu zelarik, beti ere testikuluan agertzen ziren obozitoak aurre-bitelogenikoak zirelarik. Ar horien intersex indizea 3 izan zen, testikuluan zehar aurkitutako obozito kopurua altua izan baitzen. Gernikan, ekainean intersexen maiztasuna %36-koa izan zen eta intersex indizea 1 (1c irudia) eta 3 bitartean. Otsailean aldiz, maiztasuna askoz ere altuagoa izan zen, %90-koa hain zuzen ere. Kasu horretan ere hiru intersex balio desberdindu ahal izan ziren, indibiduo baten kasuan, obozito bakarra aurkitu zen testikuluan, baina fase aurreratu batean zegoena (obozito bitelogenikoa).

### 3.2 Biomarkatzaile molekularrak: 5S/18S rRNA, tfiiia, cyp19a1 eta vtg

5S/18S rRNA indizeak eme eta arrak desberdintzea ahalbidetzen du (1d irudia). Emeen indizeak 1 baino altuagoak izaten dira, obozitoetan dagoen 5S rRNA pilaketaren ondorioz. Arrak aldiz, zero baino baxuagoak diren indizeak aurkezten dituzte, beraien 5S kantitatea 18S rRNA baino erlatiboki baxuagoa delako. Intersex indibiduoen kasuan, beraien gonadetan agertzen diren obozitoen eraginez, arren eta emeen arteko indizeak erakusten dituzte; betiere, zenbait intersex indibiduok arren indize berak eta beste zenbaitek emeen indize berdinak dituztelarik. Izan ere, intersex egoeraren larritasunaren eta 5S/18S rRNA indizearen arteko erlazioa dago, intersex indize larrienen kasuan balioa ere altua izanik, gonadan agertzen den obozito kantitate altuaren eraginez.

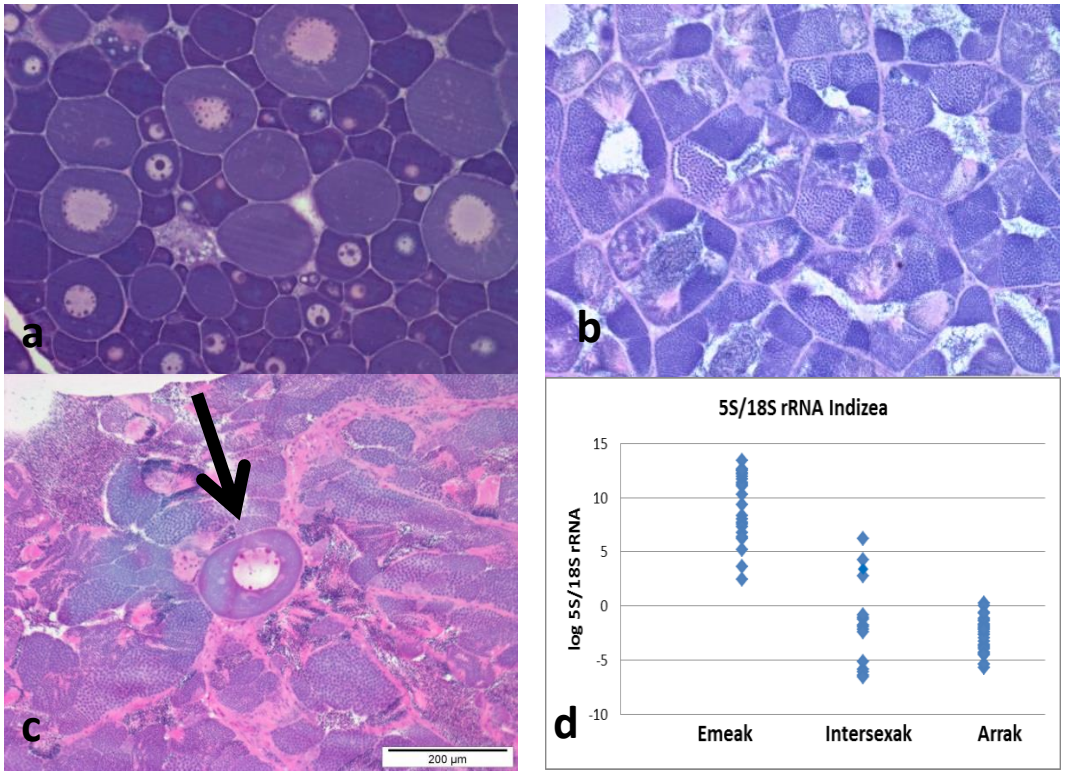
TFIIIA-ri dagokionez, bere transkripzio maila ar eta emeetan 5S/18S rRNA indizearekin guztiz bat zetorren. Gernikako intersex arrek, beste ar eta emeen arteko TFIIIA transkripzio

mailak zeuzkaten. Galindoko intersexei dagokienez, nahiz eta obozito asko eduki barrabilean, obozitoak gonadaren zati batean lokalizaturik egoteak TFIIIA transkripzio-mailak Gernikako larritasun bereko indibiduoenena baino baxuagoa izatea ekarri zuen.

Galindoko korrokoien *cyp19a1a* transkripzio maila altuena emeetan eman zen eta baxuena arretan, intersexak erdibideko transkripzioa zutelarik. Gernikan aldiz, ez zen sexuen arteko desberdintasunik antzeman. Gernikako emeen *cyp19a1a* transkripzio baxua bertako kutsatzaile kontzentrazioaren ondorioa izan daiteke, izan ere, zenbait EDCek obozitoen hazkuntzaren erregulazio estrogenikoa inhibitu dezakete. Horrela izanik, Gernikako populazioak EDCen eragin konplexuagoak dutela esan daiteke.

Ar normaletan *vtg*-ren transkripziorik ez aurkitzea espero da. Ikerketa honetan, bi guneetako ar eta intersex arretan *vtg* transkripzioa antzeman zen. Hala ere, Gernikako arren transkripzio mailak altuagoak zirela ikusi zen, bertako xenoestrogenoekiko esposizioa altuagoa izan zitekeela adieraziz.

**1.irudia. (a) Korrokoi eme baten gonadaren ebakia non obozito aurre-bitelogenikoak ikusi daitezkeen. (b) Korrokoi ar baten gonada garatuaren ebakia. Hodi espermatogenikoetan garapen fase desberdinetan dauden zelula espermatogenikoak ikusi daitezke. (c) Korrokoi intersex (1 indizea) baten gonadaren ebakia, non obozito bat ikusi daiteke barrabilean txertaturik (geziaz markaturik). (d) Eme, ar eta intersex indibiduoen gonadako 5S/18S rRNA indizea. Puntu bakoitza indibiduo bati dagokio.**



## 4. Ondorioak

Gonaden histopatologia eta gonada zein gibeleko xenoestrogenoen esposizioaren adierazle diren geneen transkripzio mailak aztertu ondoren, ondorengo ondorioetara iritsi ginen:

1) *Chelon labrosus* korrokoi intersexen presentzia deskribatu zen Gernika eta Galindoko araztegien inguruetan. Intersex indibiduoek obozito kantitate desberdinei dagokien intersex indizeak erakusten zituzten.
2) Korrokoi eme, ar eta intersexak 5S/18S rRNA indizearen eta *tfiiia*-ren transkripzio mailaren arabera bereiztea posible izan zen.
3) Intersex larritasun indizearen eta bai 5S/18S rRNA indizea zein *tfiiia* transkripzio mailarekin korrelazio positiboa aurkitu zen.
4) Gernikako sexu desberdineko indibiduoen arteko *cyp19a1a* transkripzio desberdintasun ezak EDCekiko esposizioa iradokitzen zuen.
5) Gernika zein Galindoko *vtg* transkripzio mailak, bi populazioak konposatu xenoestrogenikoen eraginpean zeudela adierazi zuen.
6) Gernikako intersex arren mazitasun altuagoak eta xenoestrogenizitatearen adierazle diren biomarkatzaileen erantzun nabarmenagoak, Gernikako populazioa Galindokoa baino xenoestrogenoen eragin handiagoa jasaten ari zelaren adierazle dira.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Intersex egoeraren eragileak zein diren ez dago argi. Ezin da jakin ikerketa honetan aurkitutako intersex arrainak noiztik diren intersex, noiztik hasi diren obozitoak garatzen beraien gonadetan; ezta ere zein izan den horren eragilea. Prozesu guztia maila zelularrean ondo ulertu ahal izateko eman beharreko lehenengo urratsa, gonada ar eta emeen garapenean eragina duten geneak zeintsu diren ulertu, eta horien transkripzio maila gonadaren bilakaeran zehar kuantifikatzea izango litzateke. Horrekin batera, intersex indibiduoetan ematen den itu geneen transkripzio maila aztertzea eta teknika desberdinak erabiliz, gonadetako zelula desberdinen (eta ez soilik gametoak) bilakaera aztertzea beharrezkoa da. Lortzen diren datuekin, intersex arrainentzako biomarkatzaile goiztiarren diseinua posible izango da; xenoestrogenoen presentziaren arriskuak hobeto kudeatze-aldera.

## 6. Erreferentziak

Bahamonde, P.A., Munkittrick, K.R., Martyniuk, C.J., (2013): Intersex in teleost fish: are we distinguishing endocrine disruption from natural phenomena? *Gen. Comp. Endocrinol*. 192, 25-35

Bizarro, C., Ros, O., Vallejo, A., Prieto. A., Etxebarria, N., Cajaraville, M.P.. Ortiz-Zarragoitia, M. (2014): Intersex condition and molecular markers of endocrine disruption in relation with burdens of emerging pollutants in thicklip grey mullets (Chelon labrosus) from Basque estuaries (South-East Bay of Biscay). *Mar. Environ. Res*. 96, 19-28

Cajaraville, M.P., Bebianno, M.J., Blasco, J., Porte, C., Sarasquete, C., Viarengo, A. (2000): The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. *Sci. Total. Environ*. 247, 295-311.

Campbell, C.G., Borglin, S.E., Green, F.B., Grayson, A., Wozei, E., Stringfellow, W.T. (2006): Biologically directed environmental monitoring, fate, and transport of estrogenic endocrine disrupting compounds in water: a review. *Chemosphere* 65, 1256-80.

Crews, D., Wilinghan, E., Skipper, J.K. (2000): Endocrine disruptors: present issues, future directions. *Quarterly Rev. Biol* 75, 243-269.

CSTEE. (1999): Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment, Opinion on Human and Wildlife Health Effects of Endocrine Disrupting Chemicals, with Emphasis on Wildlife and on Ecotoxicology test methods. DG XXIV, European Commission.

Devlin, R.H., Nagahama, Y. (2002): Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*. 208, 191-364.

Diaz de Cerio, O., Rojo-Bartolomé, I., Bizarro, C., Ortiz-Zarragoitia, M., Cancio, I., (2012): 5S rRNA and accompanying proteins in gonads: powerful markers to identify sex and reproductive endocrine disruption in fish. Environ. *Sci. Technol.* 46, 7763-7771.

Diotel, N., Le Page, Y., Mouriec, K., Tong, S., Pellegrini, P., Vaillant, C., Anglade, I., Brion, F., Pakdel, F., Chung, B.,, Kah, O. (2010): Aromatase in the brain of teleost fish: Expression, regulation and putative functions. *Neuroendocrinol.* 31, 172-192

Jobling, S., Sheahan, D.A., Osborne, J.A., Matthiessen, P., Sumpter, J.P. (1996): Inhibition of testicular growth in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) exposed to estrogenic alkylphenolic chemicals. *Environ. Toxicol. Chem*. 15, 194-202.

Jobling, S., Nolan, M., Tyler, C.R., Brighty, G., Sumpter, J.P. (1998): Widespread sexual disruption in wild fish. *Environ. Sci.Technol*. 32, 2498-2506.

Langston, W.J., Burt, G.R., Chesman, B.S.,Vane,C.H. (2005): Partioning, bioavailability and effects of oestrogens and xeno-oestrogens in the aquatic environment. *J. Mar. Biol. Ass.* UK 85, 1-31.

McDonough, C.J., Roumillat, W.A., Wenner, C.A. (2005): Sexual differentiation and gonad development in striped mullet (*Mugil cephalus* L.) from South Carolina estuaries. *Fish. Bull*. 103, 601-619.

Ortiz-Zarragoitia, M., Bizarro, C., Rojo-Bartolomé, I., Diaz de Cerio, O., Cajaraville, M.P., Cancio, I. (2014): Mugilid Fish are Sentinels of Exposure to Endocrine Disrupting Compounds in Coastal and Estuarine Environments. *Mar. Drugs.* 12, 4756-4782

Piferrer, F. (2001): Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. *Aquaculture*. 197, 229-281.

Porte, C., Janer, G., Lorusso, L.C., Ortiz-Zarragoitia, M., Cajaraville, M.P., Fossi, M.C., Canesi, L. (2006): Endocrine disruptors in marine organisms: Approaches and perspectives. *Comp. Biochem. Physiol. C* 143, 303.315.

Puy-Azurmendi, E., Ortiz-Zarragoitia, M., Villagrasa, M., Kuster, M., Aragón, P., Atienza, J., Puchades, R., Maquieira, A., Domínguez, C., López de Alda, M., Fernandes, D., Porte, C., Bayona, J.M., Barceló, D., Cajaraville, M.P. (2013): Exposure and effects of endocrine disruptors in thicklip grey mullet (*Chelon labrosus*) from the Urdaibai Biosphere Reserve (Bay of Biscay). *Sci. Total. Environ*. 443, 233-244.

Sumpter, J.P., Jobling, S. (1995): Vitellogenesis as a biomarker for oestrogenic contamination of the aquatic environment. *Environ. Health. Perspect*. 103 (Suppl.7), 173-8

Valencia, A. (2014): Reproductive endocrine disruption in thicklip grey mullets (*Chelon labrosus*) captured downstream of the WWTPs of Gernika and Galindo. Master Thesis Project. University of the Basque Country

WHO/UNEP. (2013): State of the science of endocrine disrupting chemicals. Bergman, A., Heindel, J.J., Jobling, S., Kidd, K.A., R. Thomas Zoeller, R.T. (arg) World Health Organization

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Ikerketa hau, Espainiar MINECO (SEXOVUM AGL2012-33477), Eusko Jaurlaritza (SAIOTEK OVUM-II S-PE12UN086; SAIOTEK FROMOVUM S-PE13UN101, SAIOTEK TOXADEN S-PE13UN131 eta Ikerketa Talde Finkatuak IT-810-13) eta UPV/EHU (UFI 11/37) ikerketa proiektuen bitartez finantzatua izan zen.
- Lan hau Ingurugiro Kutsadura eta Toxikologia masterreko, “Reproductive endocrine disruption in thicklip grey mullets (*Chelon labrosus*) captured downstream of the WWTPs of Gernika and Galindo”, master amaierako lanetik eratorritakoa da.

# Transkripzio faktoreen bidezko punta-nukleo komunikazioa zelula polarretan: garapenaren kontrola harizpi-formako onddoetan.

Perez de Nanclares Arregi E.[1], Herrero-García E.[2], Cortese MS.[1], Marquina-Iñarrairaegui A.[1], Espeso EA.[2], Ugalde UO.[1], Etxebeste O[1].

*[1]Biokimika II laborategia, Kimika Aplikatua departamentua, Kimikako fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea, Manuel de Lardizabal pasealekua 3, 20018 Donostia, Euskal Herria, [2]Dept. Of Cellular and Molecular Biology, Centro de Investigaciones Biológicas (C.S.I.C.), Ramiro de Maeztu 9, 28010 Madril, Espainia.*

*Kontakturako e-posta: elixabet.perezdenanclares@ehu.es*

***Laburpena***

Zelula polarizatuetan hazkundea zelularen puntu batetik ematen da. Era honetako hazkundea dute, esaterako, neuronek, polen hodiek edo hainbat onddo patogenok. Polarizazioak hazkuntza leku eta nukleoaren arteko distantzia handitzen duenez, zelula hauek mekanismo ugari garatu behar izan dituzte ingurugiroko seinaleak polarizazio gunetik nukleora garraiatzeko. Mekanismo horietako batzuetan, transkripzio faktoreek (TF) hartzen dute parte, ADN-aren transkripzioa erregulatzen duten proteinak, alegia. Lan hau harizpi itxurako onddoen zelula polarretan ematen den TF bidezko punta-nukleo komunikazioaren azterketan oinarritu da, zeinak garapenaren kontrolean ezinbesteko funtzioa betetzen duen.

Hitz gakoak: harizpi-formako onddoak, hazkunde polarizatua, ugalketa asexuala, FlbB, Dendra2, mutagenesia.

***Abstract***

*Growth in polarized cells occurs in a specific part of the cell. Neurons, pollen tubes or several fungal pathogens show this growth mechanism. Since polarization increases the distance between the growth site and the nucleus, polarized cells have developed mechanisms to convey environmental signals to nuclei. Transcription factors (TF), which regulate the transcription of DNA, play a crucial role in such processes. This work has analyzed the role of TF-s in the tip-to-nucleus communication of polarized fungal cells. This mechanism plays a key role in the control of fungal development.*

*Keywords: Filamentous fungi, polar growth, asexual reproduction, FlbB, Dendra2 tagging, mutagenesis.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Onddoak eta zehazki *Aspergillus* generoko harizpi-formako onddoak oso garrantzitsuak dira elikadura arloan, industrian eta baita hainbat antibiotikoen identifikazio eta isolatze prozesuetan ere. *Aspergillus nidulans* eredu gisa erabili ohi da ekonomikoki garrantzi handikoak diren beste organismoentzat, hala nola, *A. oryzae* edota *A. niger* industrian eta *A. fumigatus* medikuntzan. Gaur egun, biologia molekularreko teknika berritzaileak prozedura estandarren bidez aplika daitezke onddo honetan: gene ezberdinen etiketatzeak edota ordezkatzeak, proteinen lokalizazio analisiak edota genomika, transkriptomika edo proteomika analisiak.

Polarizazioa (zelula puntu batetik bakarrik hazten denean) zelula mota askotan eman ohi da. Zelula mota batzuk beraien bizi zikloko une batzuetan soilik polarizatzen diren bitartean (adibidez, legamien zelulak), beste batzuk, etengabe daude polarizatuak, hala nola, neuronak, polen hodiak edota harizpi-formako onddoen hifa begetatiboak. *A. nidulans*-en zelula ez-espezializatu eta multinukleatu hauen kasuan, pareta-zelularra eta mintz plasmatikoa sortzeko beharrezkoak diren materialak puntara garraiatzen dira (Riquelme, 2013). Hazkunde polarizatu hau mantendu egiten da, zelulak estimulu zehatz batzuk jaso eta esporen produkzioa induzitu arte. Zelula ez-espezializatutik zelula espezializatuak sortzen direneko trantsizioa prozesu konplexua da eta bere baitan hartzen ditu hainbat zelula-mota espezializatuen eraketa.

Garapen asexualean, konidia izeneko espora mitotikoak sortzen dira. Konidiak dira onddoen dispertsio mekanismo nagusia. Bi bide genetikok kontrolatzen dute garapen prozesu hau. **Bide genetiko zentralak** (*Central Developmental Pathway, (CDP)*) esporen sintesirako beharrezkoak diren zelula moten produkzioa erregulatzen du. ***UDA* deritzen faktoreek** (*Upstream Developmental Activators)*, ordea, ingurugiroko baldintzak seinalizatu eta CDP bide genetikoaren erregulatzaile nagusiaren, *brlA*-ren, aktibazioa erabakitzen dute (Yu *et al.*, 2006).

UDA geneak zelula ez-espezializatuen hazkundea kontrolatzen duen makinariarekin harreman funtzional estua dute. FlbB, bZIP motako TF-a esaterako, zelula ez-espezializatuen puntan pilatzen da. Bertan, konplexua sortzen du bigarren UDA proteina batekin, FlbE-rekin (Garzia *et al.*, 2009; Garzia *et al.*, 2010). FlbB nukleoetan ere pilatzen da; gehienbat puntatik gertuen dagoen nukleoan eta metaketa hau gutxitzen doa puntatik urrunago dauden nukleoetan (Etxebeste *et al.*, 2008). Beraz, FlbB puntatik abiatzen den kontzentrazio gradiente baten arabera lokalizatzen da zelula hauetan.

Lan honetan, FlbB-ren puntatik nukleorako garraioa aztertu da zelula eukarioto polarizatuetan, hazkunde puntuaren eta nukleoaren arteko komunikazioaren adibide gisa. Zehazki, komunikazio horretan parte hartzen duten FlbB-ren eremu ezberdinak aztertu dira. *brlA*-ren espresioa nukleoan induzitzeko FlbB puntatik pasatzea derrigorrezkoa dela ikusi da. FlbB-ren eremuen artean, NLS-ak (*Nuclear Localization Signal*) FlbB nukleora joatearen ardura duen bitartean, puntako lokalizazioa hainbat eremuk kontrolatzen dute. bZIP eremuak FlbB-ren bi interakzio mota kontrolatzen ditu, homodimerizazioa eta FlbE-rekiko interakzioa. Bestetik, ortologoetan erabat kontserbatzen den C-terminal ertzeko zisteina batek ere ezinbesteko funtzioa jokatzen du FlbB puntan kokatzen, baina ez da beharrezkoa FlbB-k FlbE-rekin interakziona dezan. Oro har, aztertutako kasuak hifen puntaren seinalizazio lana agerian uzten du, hifaren puntatik nukleoranzko komunikazioak garapen prozesuen kontrolean jokatzen duen ezinbesteko funtzioa azpimarratuz.

## 2. Arloko egoera eta helburuak

Aurreko atalean esan bezala, onddoek garrantzi handia dute bai industrian eta baita medikuntzan ere, entzimak, antibiotikoak edota immunosupresoreen iturri garrantzitsua baitira. Harizpi-formako onddoek, honetaz gain, patogeno talde garrantzitsua ere osatzen dute. Adibidez, *Aspergillus* espezieko onddo batzuk (*Aspergillus fumigatus*, esate baterako) immunoeskasia duten pertsonen biriketan infekzio larriak sor ditzakete. *Aspergillus* generoko espezieak historian zehar heriotza kausa nagusienetakoak izan dira (Hohl eta Feldmesser, 2007). Harizpi-formako onddoek mundu guztiko uztan ere eragin izugarria dute. Esate baterako, *Magnaporthe oryzae* onddoak arrozaren uztaren %10-35 bitarteko galera sortzen du urtero (Fischer *et al.*, 2012). *Fusarium graminearum*, *Botrytis cinerea* eta *Ustilago maydis* beste hiru adibide dira, garia, garagarra eta artoa infektatzen dituztenak, hurrenez hurren.

Harizpi-formako onddoen bitarteko nagusiak infekzio prozesu hauetan, hazkunde azkarra eta era askotariko substratuak kolonizatzeko gaitasuna dira. Honetaz gain, ingurugiroko estimuluei erantzuteko mekanismo eraginkorrak dituzte. Hauen artean, esporen produkzioak txoko ekologiko berrietara zabaltzeko aukera ematen die. Esporak ur kopuru txikia, mikotoxinak eta metabolismo moteldua duten ugalgorputzak dira. Espora bat erortzen denean landarearen gainazalean, ernamuindu egiten da zelularen puntu batetik, hazkuntza polarizatuari eta hifa begetatibo izeneko zelula ez-espezializatu eta multinukleatuari bide emanez. Polarizazio hau hazkuntzarako materialak puntu horretara garraiatzearen ondorioa da. Ernetze hau da landarearen infekzioaren lehen pausua. Zelula ez-espezializatuak hazten, adarkatzen eta fusionatzen doaz, komunikatuta dagoen sare moduko bat osatu arte. Sare honi, mizelioa deritzo.

Ingurugiroko hainbat seinalek (adibidez, airea, argia, elikadura gabeziak edota beste estres egoera batzuk) hazkundearen inhibizioa eragiten du eta zelula espezializatu asexualen sorrera. Prozesu honetan zehar hainbat zelula mota sortzen dira eta egitura horien multzoari konidioforoa deritzo. Konidioforoak ditu aipaturiko konidia edo espora asexualak ere. Esporek ahalbidetzen dute onddoen hedapena, baita ingurugiroko egoera kaxkarretan biziraupena ere, ezinbesteko mekanismoa bihurtuz onddo hauek eragindako infekzio prozesuetan.

Hau guztia kontuan hartuta, gure laborategian *A. nidulans*-en zelula ez-espezializatuetatik, espezializatuetarako trantsizioa ikertzen da, berau induzitzen duten UDA geneetan zentratuz, nagusiki

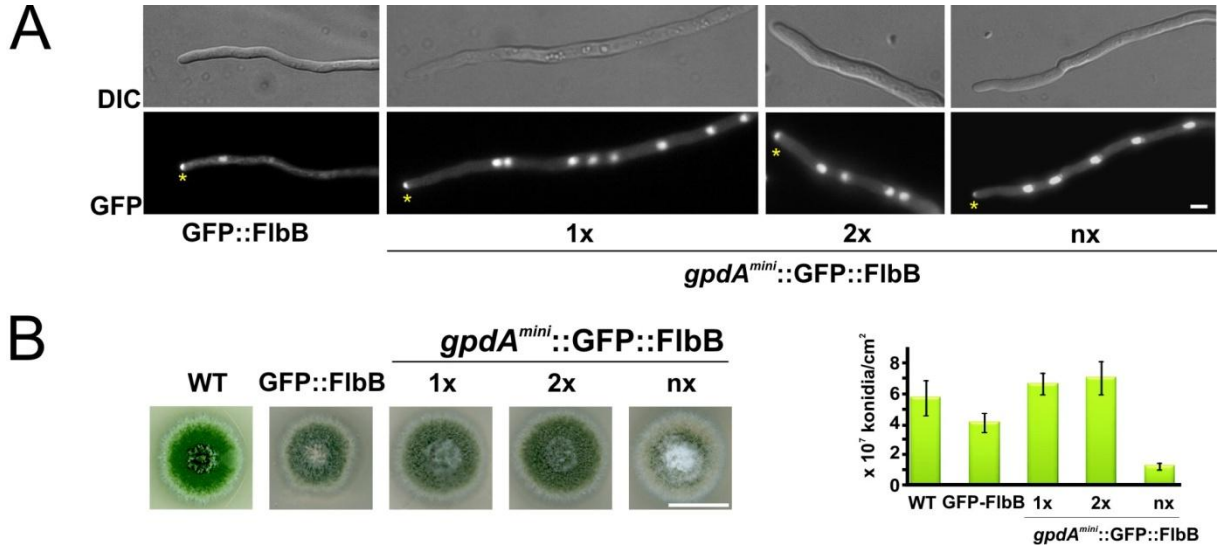
*flbB*-n. FlbB harizpi-itxurako onddoen zelula ez-espezializatuen puntan aurkitu den lehen TF-a da eta bere nukleorako garraioaren azterketak ezagutza garrantzitsuak utziko ditu onddoek sortutako infekzioen hedapenaren ezagutza eta kontrol mekanismoen garapenean.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Puntatik nukleoetarako FlbB-ren kontzentrazio gradientea, puntatik datorren proteina kantitateak definitzen du.

FlbB-ren kontzentrazio gradientea zergatik sortzen den jakiteko, genearen espresioa handitu zen. Horretarako, *gpdA*$^{mini}$ (Pantazopoulou eta Peñalva, 2009) promotorea erabili zen jatorrizkoaren ordez, GFP::FlbB (*Green Fluorescent Protein*) kimera espresatzeko. Fluoreszentzia mikroskopia bidez frogatu zen gain espresio horrek gradientea hautsi eta FlbB nukleo guztietan intentsitate antzekoarekin ikustea eragiten duela. 1.A irudian ikus daitekeen bezala, jatorrizko promotorearekin GFP::FlbB puntan eta batez ere lehen nukleoan ikus daiteke (1.A irudia, 1. zutabea) (Etxebeste *et al*., 2008). Aldiz, gain-espresioa sortzen duen promotorea erabiltzean, nukleo guztiek FlbB kopuru bera dute (1.A irudia, 2, 3 eta 4. zutabeak). Konkretuki, lehen eta bigarren nukleoen arteko fluoreszentzia ratioa 1:1 den bitartean, lehen nukleoko fluoreszentzia puntan aurki daitekeena baino handiagoa da.

**1. irudia. FlbB gradiente bidez banatzen da nukleoetan berezko promotorepean. A) GFP::FlbB eta *gpdA*$^{mini}$::GFP::FlbB-ren lokalizazioa zelulan plasmido bat, bi edota n sartuta. Eskala = 5µm. B) Ezkerrean, *gpdA*$^{mini}$::GFP::FlbB kimera espresatzen duten anduien fenotipoa 72 orduz 37ºC-tan hazten egon ondoren. Eskala = 2cm. Eskuinean, kimera bakoitzak sortzen duen espora kantitatea irudikatu da.**

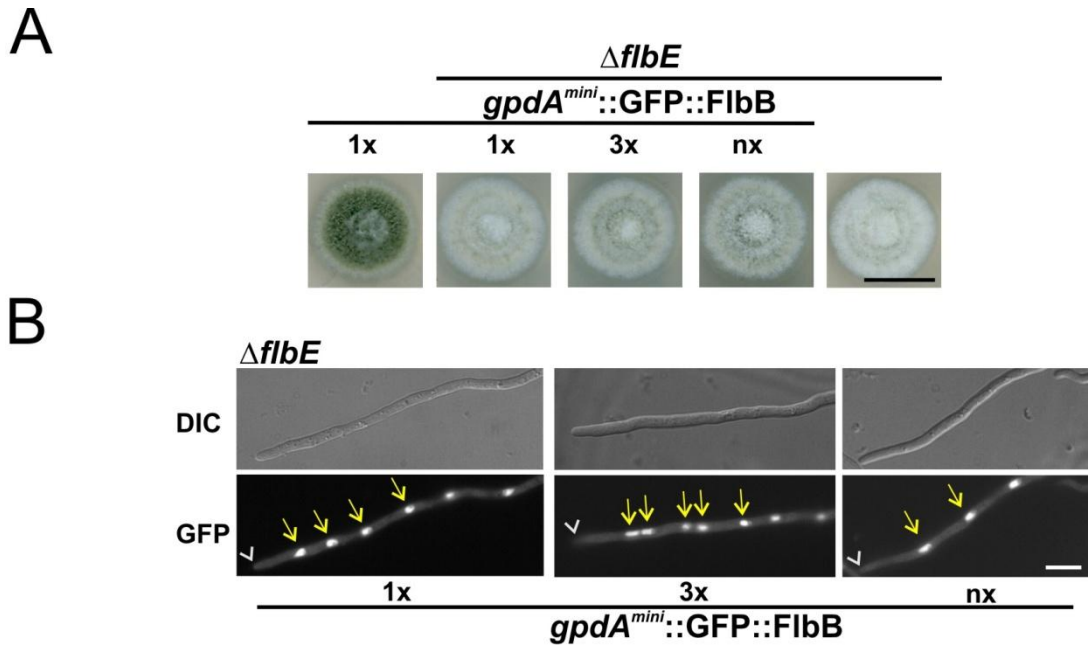



Sortutako andui hauen fenotipoa aztertu zen (1.B irudia, ezkerra). 1.B irudian ezkerrean ikus daitekeen bezala andui guztiek fenotipo konidiantea erakutsi zuten. Gainera, $cm^2$-ko espora kopuruan (1.B irudia, eskuina) aldaketa signifikatiborik ez dagoela baieztatu zen. Beraz, FlbB-ren populazio nuklearraren igoerak ez du konidia gehiago sortzea eragiten.

### 3.2 Zelula espezializatuak sortzeko, FlbB-k zelula ez-espezializatuen puntatik pasa behar du.

Ondoren, FlbB-ren puntako lokalizazioaren garrantzia aztertu zen. Horretarako, GFP::FlbB-ren kopia kopuru ezberdina gain espresatzen duten anduiak sortu ziren FlbE-rik gabeko (Δ*flbE*) egoera batean. FlbE-k FlbB-rekin puntan interakzionatzen du (Garzia *et al*., 2009). Sortutako andui guztiek fenotipo akonidiala dute (2.A irudia), *brlA*-ren espresioa induzitzeko ezintasunak eragiten duena. Bestetik, nukleoetan detektatu arren, FlbB-k ezin du puntan metatu FlbE ez badago. Emaitza hauek erakusten dute FlbB nukleoetan egotea ez dela nahikoa konidia produkzioa aktibatzeko. Aurretik, FlbE-ren laguntzaz, puntatik pasatu behar du (2.B irudia).

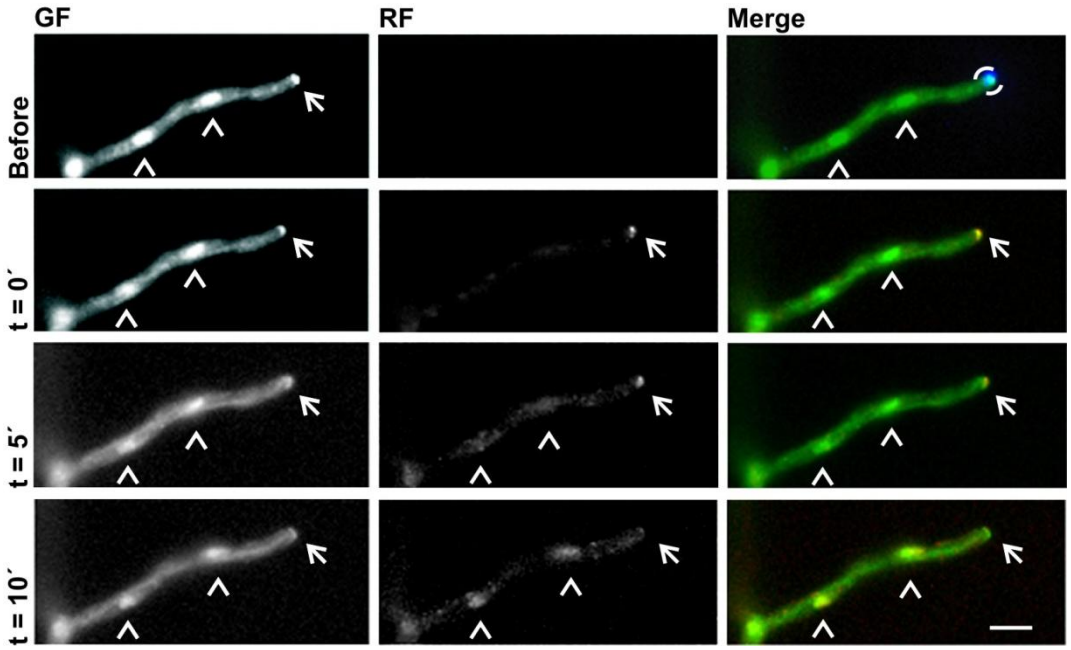
**2. irudia. FlbB-ren fenotipoa eta lokalizazioa zelulan *flbE* ez dagoenean. A) FlbB-ren fenotipoa *fluffy*-a da *flbE*-ren delezioa egiten denean. Eskala = 2cm. B) FlbB ez da gai zelula ez-espezializatuen puntan pilatzeko, nahiz eta nukleoetan metatu. Eskala = 5µm.**




### 3.3 FlbB-k puntatik nukleora migratzen du.

Nukleoetan transkripzioa aktibatu eta konidien sorrera eragiteko, FlbB-k puntatik pasatu behar badu lehenik, puntatik nukleorako garraio norantza batean pentsa daiteke. Horri garraio retrogradoa deritzo, puntaranzkoari anterogradoa deritzon bitartean. FlbB-ren garraio retrogadoaren existentzia baieztatzeko, Dendra2 (Chudakov *et al*., 2007; Perez-de-Nanclares-Arregi eta Etxebeste, 2014) proteina itsatsi zitzaion FlbB-ri. Dendra2 epitopoa fluoreszentzia berde izatetik gorri izatera pasatzen da uhin luzera espezifikoko erradiazio baten ondorioz (Perez-de-Nanclares-Arregi eta Etxebeste, 2014). Hau guztia kontutan izanda, fluoreszentzia gorri eta berdearekin irudiak atera ziren bai hifa begetatiboen erradiazio aurretik eta baita erradiazio ondoren ere. Erradiazioa zelula ez-espezializatuaren puntan soilik eragin genuen, mikroskopioaren diafragma tamaina egokira itxiz (ikus 3. irudiko puntu urdina, EHU-ko Mikroskopia zerbitzuko Ricardo Andraderekin kolaborazioa). Erradiazio aurretik ikusten den fluoreszentzia bakarra berdea da (GF, *Green Fluorescence*), puntan eta nukleoan metatzen dena nagusiki. Erradiazioaren ondoren diafragma guztiz irekitzen da eta fluoreszentzia gorri (RF, *Red Fluorescence*) eta berdeak aztertzen dira. Fluoreszentzia gorria puntan bakarrik detektatzen da baina, denbora aurrera joan ahala, nukleoetako fluoreszentzia gorriaren intentsitatea handitzen doa, FlbB proteina puntatik nukleorantz garraiatzen denaren seinale.

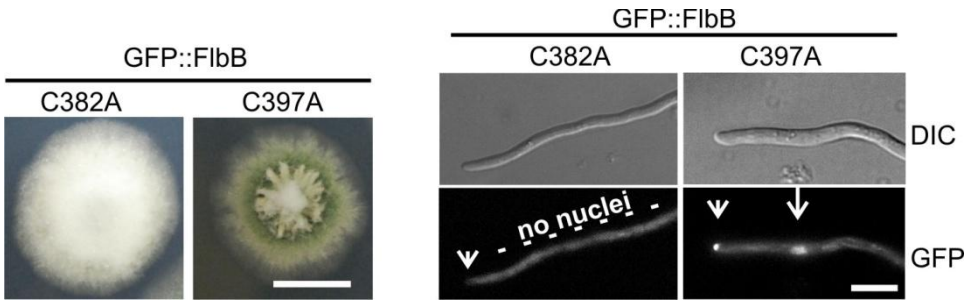
**3. irudia. FlbB::Dendra2-ren garraio retrogadoa zelula ez-espezializatuen puntatik nukleorantz. Foto-konbertsioa eragiteko UV argiaren intentsitatea %80koa izan zen eta 2500 ms-ko esposizioak egin ziren (Perez-de-Nanclares-Arregi eta Etxebeste, 2014). Eskala = 5µm.**




### 3.5 FlbB-ren karboxilo terminala beharrezkoa da hifen puntan pilatu dadin.

FlbB-ri puntara iritsi eta bertan metatzeko gaitasuna proteinaren eremu espezifikoek ematen diotela pentsa liteke. Eremu hauek identifikatu eta euren funtzioa zehazteko, FlbB-ren karboxilo terminala aztertu zen, lehenik.

**5. irudia. FlbB-ren karboxilo terminalaren karakterizazioa. Ezkerrean, FlbB-ren C-terminalean eragindako bi mutazioek sortutako fenotipoa, inokulatu eta 48 ordutara. Eskala = 1cm. Eskuinean kimera horien lokalizazioa zelulan. Gezien puntek zelula ez-espezializatuen punta adierazten dute eta geziek nukleoak. Eskala = 5µm.**



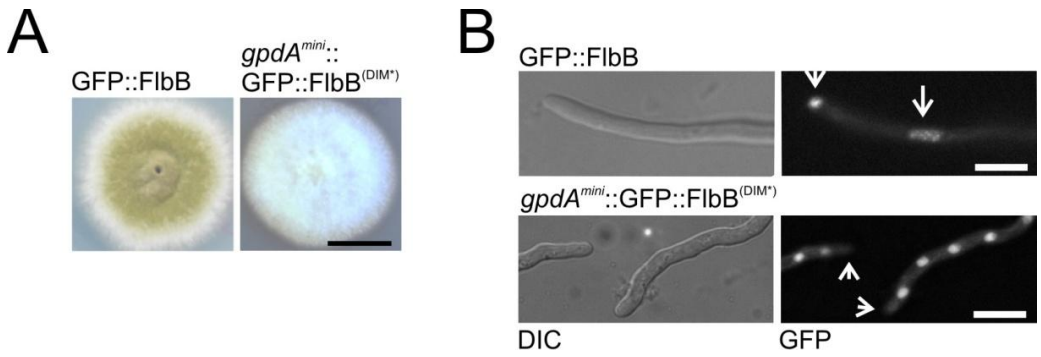

FlbB-ren karboxilo terminalak bere ortologoetan oso kontserbatuak dauden bi zisteina (C) ditu: C397 eta C382. Bi zisteina hauek FlbB-ren puntako lokalizazioan eragina duten aztertu zen, horietako bakoitza, edo biak batera, alaninarengatik ordezkatuz. Fenotipoa eta FlbB-ren lokalizazioa aztertu ziren. C397A mutazioa zuen anduiak garapenean kalterik ez zuen bitartean, C382A edo C397A;C382A (azken hau ez da erakusten 5. irudia sinplifikatzearren) mutazioa zutenek ez zuten konidiarik sortu. Lokalizazioari dagokionean, GFP::FlbB$^{(C397A)}$-ren kasuan aldaketarik ez zegoen bitartean, GFP::FlbB$^{(C382A)}$-k puntan egoteari uzten zion. Emaitza hauek adierazten dute Cys382 aminoazidoak eragina duela FlbB-ren puntako pilaketan.

### 3.6 Dimerizazio eremua puntako lokalizaziorako ezinbestekoa da, homodimerizazioa eta FlbE-rekin interakzioan parte hartzen duelako.

TF-ek, orokorrean, DNA-n sekuentzia espezifikoak ezagutu eta geneen transkripzioa kontrolatzen dute. FlbB-k bZIP eremua du eta era honetako domeinuen barnean dimerizazio (DIM) eremuak proteina-proteina interakzioak bideratzen ditu. Interakzio horiek proteina berdin batekin (homodimerizazioa) edo desberdin batekin (heterodimerizazioa) izan litezke (Vinson *et al.*, 2015). FlbB-ren DIM eremuaren azterketa bioinformatiko sakona egin ostean, bi aminoazido aukeratu ziren

mutagenesirako. Azterketa fenotipiko (6. irudia, ezkerra) eta mikroskopia analisiek (6. irudia, eskuina) baieztatu zuten mutazio horiek konidien sintesia eta FlbB-ren puntako lokalizazioari kalte egiten ziotela (6. irudia, eskuina).

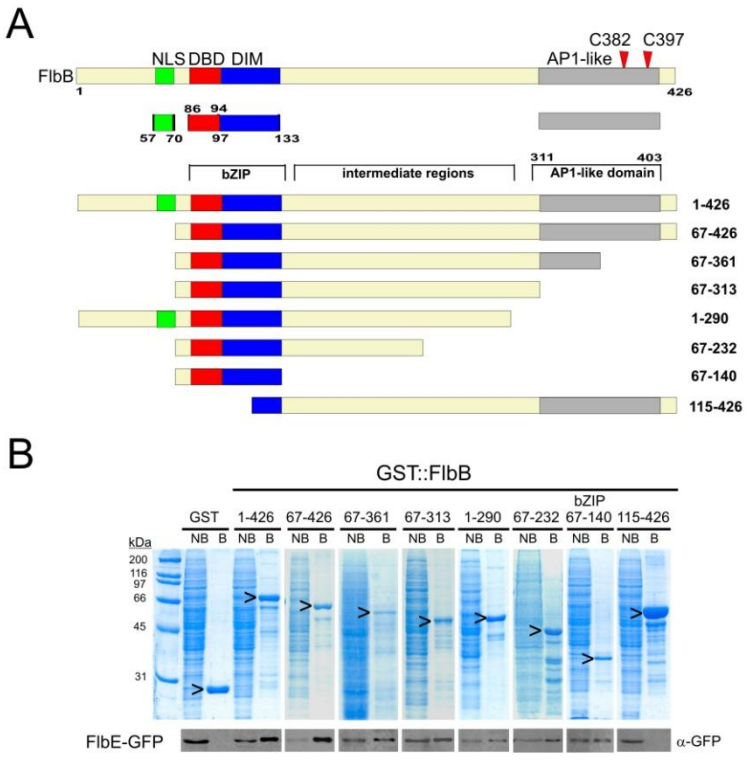
**6. irudia. FlbB-ren dimerizazio domeinua beharrezkoa da puntan lokalizatzeko. A) DIM eremuaren barnean mutazioak egiten direnean konidiatzeko gaitasuna galdu eta koloniak *fluffy* itxura du. Eskala = 1cm. B) FlbB-ren dimerizazio eremuan mutazioak daudenean ez da puntan aurkitzen. Gezien puntak hifaren puntak adierazten dute eta geziak nukleoak, hain zuzen ere. Eskala = 5µm.**



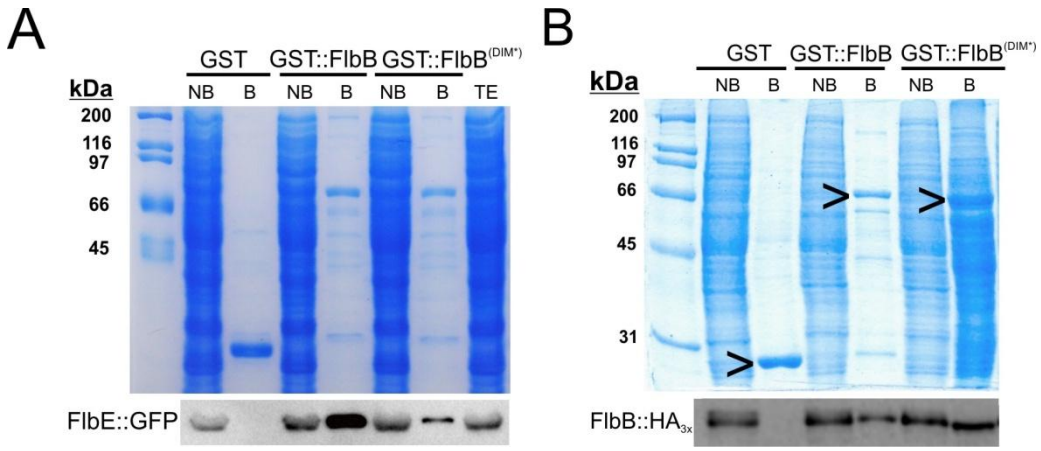

### 3.7 FlbB-ren dimerizazio eremua nahikoa eta beharrezkoa da FlbB/FlbE konplexua sortzeko.

Baina, FlbB-k ezartzen dituen interakzioetan ere ikusi zen eraginik DIM mutanteetan. Batetik, aurreko esperimentu batek demostratu zuen *pull-down* teknikaren bidez, FlbE-rekin interakzioa ezartzeko FlbB-ren bZIP eremua bakarrik nahikoa zela (7. irudia). Bestetik, DIM eremuko bi aminoazidoetan ezarritako mutazio puntualek ere, FlbE-rekin interakzioa inhibitu zuten (7.B irudia). Efektu berdina ikusi zen homodimerizazioaren kasuan ere, alegia, FlbB-ren bi katek elkarrekin interakzioa osatzeko duten gaitasuna galdu egiten zen (8. irudia). Bi interakzio horiek kaltetzea izan liteke FlbB-ren DIM forma mutantea puntan ez metatzearen arrazoia.

**7. irudia. FlbB-ren bZIP domeinua beharrezkoa eta nahikoa da FlbE-rekin interakzioa sortzeko. A) FlbB-ren eremuen eta egindako trunkamendu ezberdinen irudikapena. B) *Pull-down* esperimentua egin zen alde batetik amu bezala FlbB-ren trunkazio ezberdinak eta bestetik FlbE::GFP erabiliz. Gela *Coomassie blue*-rekin tindatu zen. NB: erretxinera lotu gabeko frakzioa. B: erretxinera lotutako frakzioa.**



**8. irudia. FlbB-ren dimerizazio eremuak konplexua sortzen du bai bere buruarekin eta baita FlbE-rekin ere. *Pull-down* esperimentua egin zen. Alde batetik, FlbB-ren mutante ezberdinak erabili ziren eta bestetik FlbE::GFP (A) edota FlbB::$HA_{3x}$ (B).**




## 4. Ondorioak

Harizpi-formako onddoek gaixotasun infekziosoak sortzen dituzte sarraskiak sortuz uztetan, toki askotan malnutrizioak sortuz eta biodibertsitatea eta gure osasuna baldintzatuz (Bebber *et al.*, 2013; Fischer *et al.*, 2012). Arazo hau geroz eta larriagoa da patogenoek ingurugiro berrietara zabaldu eta egokitzeko duten gaitasun azkarrari esker. Ondorioz, azken urteotan onddoen infekzioen berri ematen diren txosten kopurua asko igo da (Fischer *et al.*, 2012; Bebber eta Gurr, 2015). Harizpi-itxurako onddoek hedatzeko duten gaitasunaz ohartzeko, beharrezkoa da hifa begetatiboen puntei arreta jartzea. Hifa polarizatuek funtzio garrantzitsua betetzen dute ingurugiroko estimuluak sentitu eta informazio hau nukleoari helarazten (Bayram *et al.*, 2012; Bielska *et al.*, 2014). Lehen aldiz, TF-ak (FlbB, esaterako) garraio honetan garrantzitsuak direla ikusi da.

Baliteke puntarako mugimendu horretan, FlbB eta FlbE-k mintza edo pareta zelularra sortzeko materialek erabiltzen duten garraio-bideren bat erabiltzea. Hori horrela balitz, FlbE FlbB-k bide hori egiteko behar duen egokigailua izan liteke. Ikerketa honetan aurkitu den FlbB/FlbE-ren arteko erlazioa dela eta, etorkizuneko azterketek FlbE-ren eremu ezberdinek FlbB-ren garraioan duten eragina ikertzea izango dute helburu. Bi UDA hauen arteko interakzioa bZIP domeinuaren bidez gertatzen da; hau, beharrezkoa eta nahikoa izanik interakzioa gertatzeko.

Dimerizazio eremua bai interakzioa gertatzeko eta baita FlbB-ren homodimerizaziorako garrantzitsua dela ikusi zen. Honek esan nahi du bZIP domeinuak hainbat funtzio bete ditzakeela, hala nola, homodimerizazioa, FlbE-rekin interakzioa, puntako metaketa eta nukleoetako transkripzioaren erregulazioa. Funtzio hauek sakonago aztertzeke daude.

## 5. Etorkizuna

Lehen aldiz, gure laborategietan eginiko lanei esker, transkripzio faktoreek onddoen zelula polarizatuen punta eta nukleoen arteko komunikazioan parte hartzen dutela frogatu da. FlbB zelula ez-espezializatuetako puntetan kokatzen da eta hor mantentzen da hazkundea gertatzen den bitartean (Perez-de-Nanclares-Arregi eta Etxebeste, 2014). FlbB eta FlbE-ren arteko interakzioa derrigorrezkoa da, FlbB-k puntatik seinalea jaso eta zelula espezializatuen sorrera induzitzeko.

Lan honetan azaldu diren FlbB/FlbE proteinen erlazio funtzionalak direla eta, etorkizunean garraio honetan parte hartzen duten beste interaktoreen identifikazioa egingo da. Bestalde, FlbB-k nukleora ingurugiroko zein seinaleri buruzko informazioa garraiatzen duen aztertuko da, honek FlbB-rengan eragiten duen aldaketa identifikatuko delarik.

## 6. Erreferentziak

Bayram,O., Bayram,O.S., Ahmed,Y.L., Maruyama,J., Valerius,O., Rizzoli,S.O. *et al.* (2012): The Aspergillus nidulans MAPK module AnSte11-Ste50-Ste7-Fus3 controls development and secondary metabolism. *PLoS Genet* **8**: e1002816.

Bebber,D.P., and Gurr,S.J. (2015): Crop-destroying fungal and oomycete pathogens challenge food security. *Fungal Genet Biol* **74**: 62-64.

Bebber,D.P., Ramotowski,M.A.T., and Gurr,S.J. (2013): Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature Clim Change* **3**: 985-988.

Bielska,E., Higuchi,Y., Schuster,M., Steinberg,N., Kilaru,S., Talbot,N.J., and Steinberg,G. (2014): Long-distance endosome trafficking drives fungal effector production during plant infection. *Nat Commun* **5**: 5097.

Chudakov, D.M., Lukyanov, S., eta Lukyanov, K.A. (2007): Using photoactivatable fluorescent protein Dendra2 to track protein movement. *Biotechniques* **42**: 553, 555, 557.

Cortese, M.S., Etxebeste, O., Garzia, A., Espeso, E.A., eta Ugalde, U. (2011): Elucidation of functional markers from Aspergillus nidulans developmental regulator FlbB and their phylogenetic distribution. *PLoS One* **6**: e17505.

Etxebeste, O., Ni, M., Garzia, A., Kwon, N.J., Fischer, R., Yu, J.H. Espeso E.A. eta Ugalde U. (2008): Basic-zipper-type transcription factor FlbB controls asexual development in *Aspergillus nidulans*. *Eukaryot Cell* **7**: 38-48.

Fischer M.C., Henk D.A., Briggs C.J., Brownstein J.S., Madoff L.C., McCraw S.L. eta Gur S.J. (2012): Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* **484**: 186-194.

Garzia, A., Etxebeste, O., Herrero-Garcia, E., Fischer, R., Espeso, E.A., eta Ugalde,U. (2009): *Aspergillus nidulans* FlbE is an upstream developmental activator of conidiation functionally associated with the putative transcription factor FlbB. *Mol Microbiol* **71**: 172-184.

Garzia, A., Etxebeste, O., Herrero-Garcia, E., Ugalde, U., eta Espeso, E.A. (2010): The concerted action of bZip and cMyb transcription factors FlbB and FlbD induces *brlA* expression and asexual development in *Aspergillus nidulans*. *Mol Microbiol* **75**: 1314-1324.

Hohl T.M. eta Feldmesser M. (2007): Aspergillus fumigatus: principles of pathogenesis and host defense. Eukaryot. Cell **6**: 1953-63.

Kwon, N.J., Garzia, A., Espeso, E.A., Ugalde, U., eta Yu, J.H. (2010): FlbC is a putative nuclear C2H2 transcription factor regulating development in *Aspergillus nidulans*. *Mol Microbiol* **77**: 1203-1219.

Pantazopoulou, A., eta Peñalva, M.A. (2009): Organization and dynamics of the *Aspergillus nidulans* Golgi during apical extension and mitosis. *Mol Biol Cell* **20**: 4335-4347.

Perez-de-Nanclares-Arregi, E., eta Etxebeste, O. (2014): Photo-convertible tagging for localization and dynamic analyses of low-expression proteins in filamentous fungi. *Fungal Genet Biol* **70**: 33-41.

Riquelme, M. (2013): Tip growth in filamentous fungi: a road trip to the apex. *Annu Rev Microbiol* **67**: 587-609.

Yu, J.H., Mah, J.H., eta Seo, J.A. (2006): Growth and developmental control in the model and pathogenic *Aspergilli*. *Eukaryotic Cell* **5**: 1577-1584.

Vinson C.R., Hai T eta Boyd S.M. (2015): Dimerization specificity of the leucine zipper-containing bZIP motif on DNA binding prediction and rational design. *Genes & Development* **7**: 1047-1058.

## 7. Eskerrak

Lehenik eta behin, eskerrak eman nahi genizkioke Eusko Jaurlaritzari, Unai Ugalde ikertzaile nagusiak jasotako IT599-13 laguntzarekin egin baita lan hau. Honez gain, Espainiar estatuko Ekonomia eta Lehiakortasun ministerioaren bitartez (egun Zientzia eta Berrikuntza Ministerioa) Unai Ugaldek (BFU2010-17528) jasotako diru laguntza ezinbestekoa izan baita ikerketa honetan. Ikerketa hau burutu zenean Erika Herrero Garcíak Eusko Jaurlaritzaren beka predoktorala zuen eta Elixabet Perez de Nanclares Arregik Euskal Herriko Unibertsitatearena. Oier Etxebeste doktorea, aldiz, kontratudun ikertzailea zen (BFU2010-17528 beka) eta egun Euskal Herriko Unibertsitateko irakasle atxikia da. Ane Markina postdoktore ikertzailea da (IT599-13 beka). Azkenik, eskerrik asko Ricardo Andrade Euskal Herriko Unibertsitateko SGIker mikroskopia zerbitzuko doktoreari eta Carl Zeiss-eko Ivan Gonzálezi, Dendra2-ren erabilpenean emandako argibideengatik.

# BAK proteinaren mekanismo proapoptotikoa aztertzen

**Landeta O[1], Landajuela A[1], Flores-Romero H[1], Bustillo-Zabalbeitia I[1],García-Porras M[1], Valero JG[1], Terrones O[1], García-Sáez AJ[2,3], Basañez G.[1]**

*[1] Biofisikako Unitatea (Centro Mixto Consejo Superior de Investigaciones Cientificas–Universidad del Pais Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, [2] German Cancer Research Center, BioQuant, [3] Max-Planck Institute for Intelligent Systems, Heisenbergstr. 3, 70569 Stuttgart, Germany.*
*Kontakturako e-posta: gorka_basanez@ehu.eus*

### *Laburpena*

Apoptosian, proapoptotikoa den BCL2 familiako BAK proteinak mitokondrioko kanpo mintzean (MKM) c-zitokromoaren eta apoptosi-eragileak diren faktoreen (adib. Smac/DIABLO, AIF…) askapenaren erantzule diren poroak eratzen dituela jakina da. Hala ere, BAKen poro apoptotikoaren ezaugarriak eta izaera zeintzuk diren aztertzeke daude. Lan honetan, BAKek c-zitokromoa askatzeaz gain, alofikozianina (104kDa) ere askatzeko adineko poro handiak eratzen dituela ikusi dugu. Gainera, guztiz proteikoak diren kanaletan gertatzen ez den bezala, BAKen poroak tamaina egonkorra eta egitura finkorik ez duela aztertu genuen. Hortaz, BAKek eratzen duen proteinekiko iragazkorra den poroaren tamaina dinamikoa da, izaera proteolipidikoarekin bat eginez.

Hitz gakoak: Apoptosia, BCL2 familiako proteinak, lamela bakarreko besikula erraldoiak, mikroskopia konfokala

### *Abstract*

*Current models in apoptosis consider that BCL2 proapoptotic protein BAK forms pores at the mitochondrial outer membrane (MOM) responsible for the release of cytochrome c and other larger apoptotic factors (i.e. Smac/DIABLO, AIF…). However, the properties and nature of BAK apoptotic pore remains enigmatic. Here, we directly visualized that BAK can form membrane pores large enough to release not only cytochrome c, but also allophycocianine (104 kDa). We found that the size of BAK pores is not constant and without any fixed structure, as typically observed in purely proteinaceous channels, demonstrating that BAK forms a protein-permeable pore of dynamic size, in agreement with its proteolipidic nature.*

*Keywords: Apoptosis, BCL2 family proteins, giant unilamellar vesicles, confocal microscopy*

## 1. Sarrera eta motibazioa.

Apoptosia zelulen garapen fisiologiko arrunta eta homeostasi prozesu desberdinak aurrera eramateko berebiziko jardunbidea izateaz gain, defentsa estrategia bezala ere erabiliko da kaltetutako, infektatutako eta mutatutako zelulak ezabatzeko (Miura 2011). Ondorioz, akastun prozesu apoptotikoak giza gaixotasun anitzekin erlazionatuta daude, esaterako: gutxieneko apoptosiak minbizia eta gaixotasun immunologikoekin dauka zerikusia; gehiegizko apoptosiak, ordea, kalte neurologiko edota endekapenezko gaixotasun neurologikoak ekar ditzake (Adams and Cory 2007, Strasser et al. 2011). Guzti honek azken hamarkadetako apoptosiaren etengabeko ikerkuntza guztiz ulergarria bilakatzea ekartzen du.

Apoptosiaren "bidezidor intrintsekoa" edota mitokondrioaren bidezidorrean segidako zelula-barneko gertakari ezberdinek mitokondrioaren kanpo-mintzaren (MKM) iragazkortasuna (MKMI) eragiten dute. MKMI prozesua itzulezina izanik, erregulazio maila oso altu baten pean ematen da, honen arduradun nagusienak BCL2 familiako proteinak direlarik. BCL2 familiako proteinek betetzen duten funtzioaren eta BCL2 homologia (BH) domeinu kopuruaren arabera, hiru taldeetan sailka daitezke: (1) "Domeinu anitzeko proteina antiapoptotiko edo BCL2-moduko proteinak" aurkitzen ditugu, lau BH domeinuak aurkezten dituzte eta MKMI inhibitzeko gaitasuna daukate (adib. BCL2, BCLxL, MCL1…); (2) "Domeinu anitzeko proteina proapoptotikoak edo BAX-moduko proteinak" MKMI-eragile zuzenak izango dira (adib. BAX eta BAK); eta azkenik, "BH3-domeinu bakarreko proteinak" aurkitzen ditugu. Hauek BH3 domeinu bakarra aurkezten dute eta BAX-moduko proteinak aktiba ditzakete MKMI eraginez (adib. BID, BIM, PUMA…).

BAX eta BAK proteinak mitokondrioaren kanpo-mintzaren iragazkortasuna sustatu eta ondorioz, apoptosi-eragileak diren faktoreen (c-zitokromo, Smac/Diablo, AIF…) askapena eragiteko erabakiorrak dira. MKMI prozesua BCL2 familiako azpitalde ezberdinen arteko batuketa patroi desberdinen elkarrekintzen bidez estuki erregulatuta dago. Prozesu hau ematen duten BCL2 familiako proteinen ekintza-mekanismoaren inguruko hainbat aspektu sakonki definituak izan dira, nahiz eta oraindik beste hainbat prozesuk eztabaidagarriak izaten jarraitzen duten gaur egun. Aurretik aipatu den bezala, BCLxL eta MCL1 kide antiapoptotikoek BAX/BAKen iragazkortze funtzioa inhibitzeko gaitasuna daukate; BH3-domeinu bakarreko proteinek, ordea, permeabilizazioa aktibatzen dute BAX/BAK proteinei zuzenki batuz edo proteina antiapopotikoak inhibituz. BCL2 familiako proteinen arteko interakzioak, gainera, zitosolean edo mintzaren giroan gerta daitezke, azkenengoan, lipidoek ere eginkizun garrantzitsua bete ahalko dutelarik. Behin BAX/BAK aktibatuta, proteina hauen egiturek aldaketa konformazional nabarmenak jasaten dituzte. Honez gain, mintzaren permeabilizazio prozesua burutu ahal izateko oligomero handiak era ditzaketela pentsatzen da. Azkenik aipatu beharrekoa da BAX/BAKek era dezaketen poroaren izaera azaltzeko hainbat modelo izan direla proposatuak.

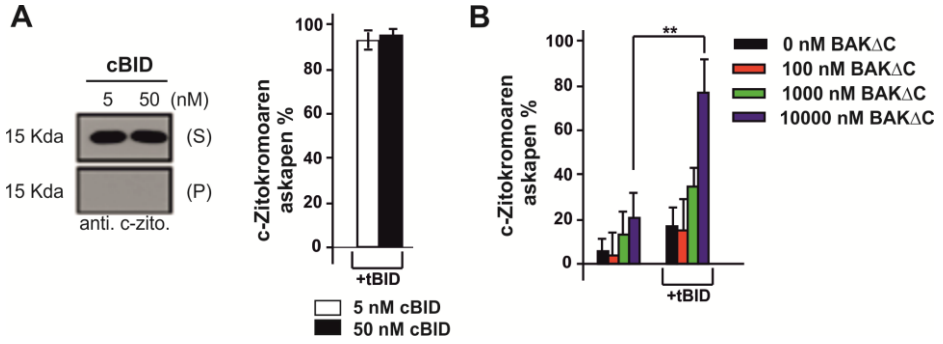
## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak.

Gaur egun, BAX eta BAK MKMI-eragileak direla ongi finkatuta dagoen arren, hauek mintzean eratuko dituzten zuloen izaerak oso eztabaidatua den gai bat izaten jarraitzen du. BAX-moduko proteinek zuzenean MKM-aren iragazkortasuna eragiteko ahalmena dutela proposatu zen (Basanez et al. 1999, Basanez et al. 2002, Bleicken et al. 2010, Kuwana et al. 2002, Martinez-Caballero et al. 2009, Roucou et al. 2002, Saito et al. 2000, Terrones et al. 2004). BAX eta BAKek eragiten duten MKMI-aren mekanismo zehatza eta poroaren izaerak polemikoa izaten jarraitzen du. BAX/BAK poroa azaltzeko euren artean kontrajarriak dauden bi eredu proposatu dira: (1) “Upa-ohol” egitura aurkezten duten kanal proteikoak, eta (2) poro proteolipidikoa. Azkenengo urteetan, beste talde batzuek, gureak barne, BAXek proteina-lipidodun izaerako poro toroidal bat eratzen dutelaren ebidentzia ugari bildu dituzte (Basanez et al. 1999, Basanez et al. 2002, Epand et al. 2003, Garcia-Saez et al. 2005, Garcia-Saez et al. 2006, Qian et al. 2008, Terrones et al. 2004). Guzti hau jakinda ere, BAX-moduko proteina hauen ekintza-mekanismo molekularrean berebiziko garrantzia duten hainbat aspektu ezberdin argitzeke geratzen dira, adibidez, BAX/BAKen poroa erregulatzen duten parametroak zeintzuk diren eta BAX/BAKen poroaren izaera zein den. Lan honen helburu nagusia berreraikitako sistema minimalisten erabilpenean oinarrituz, BAK proteinaren aktibazio funtzionalaren eta honek sortzen duen poro eraketaren azpian datzan mekanismo molekularra azaltzea da.

## 3. Ikerketaren muina

BAKen iragazkortze funtzioa aztertzeko, lehendabizi mitokondrioetatik c-zitokromoaren askapena aztertu zen. Helburu honekin, alde batetik, sagu embrioietako fibroblastoetatik (1.irudia A) mitokondrioak bakartu ziren, eta bestetik, arratoien gibeletakoak (1. irudia B). Bi mitokondrio hauen arteko desberdintasun nabarmena BAK kantitatea da, arratoien gibeletik bakartutako mitokondrioek ez baitute BAK proteinarik. Ezaugarri hau kontuan hartuz, jatorrizko tipoko BAK proteina eta lan honetan erabiliko dugun C-muturreko 21 aminoazidorik gabeko BAK aldaeraren aktibitatea paraleloan saiatu genituen. BAKΔC eta cBIDen kontzentrazio ezberdinak 30 minutuz 30°C-tara inkubatu ziren bi motatako mitokondrioekin. Ondoren, gainjalkina (askatutako c-zitokromoa) eta jalkina (mitokondrioak) zentrifugazio bidez banatu ziren. Azkenik, c-zitokromoaren askapen portzentajea c-zitokromoaren aurkako antigorputza erabiliz, western plapaketa (sagu enbrioien fibroblastoetako mitokondrioen saioa) eta ELISA (arratoiaren gibeleko mitokondrioen saioa) bidezko prozedurak jarraituz kalkulatu zen. Bi kasuetan, cBIDek jatorrizko tipoko BAK eta BAKΔC aldaeraren iragazkortze funtzioa aktibatu ditzakeela ikusten da (Landeta et al. 2011).

**1. irudia. cBIDek aktibatzen duen BAKek c-zitokromoaren askapena eragiten du bakartutako mitokondrioetan.**




Zelula mailan, BCL2 proteinen ekintza-mekanismoaren inguruko informazioa lortzeak dituen zailtasunak kontuan hartuta, lan honetan konposaketa definitu eta sinplifikatu bateko berreraikitako *in vitro* mintz-ereduen sistemak erabili genituen, lamela bakarreko besikula handiak (LUV, ingelesetik *Large Unilamellar Vesicles*) eta erraldoiak (GUV, ingelesetik *Gigant Unilamellar Vesicles*) alegia. Sistema hauen osagaiak lipido puruz eratutako mintz-ereduak edo liposomak dira. Hortaz, mintzaren ezaugarriak eta lipido konposaketan aldaketak era kontrolatu batean egitea ahalbideratzen digu.

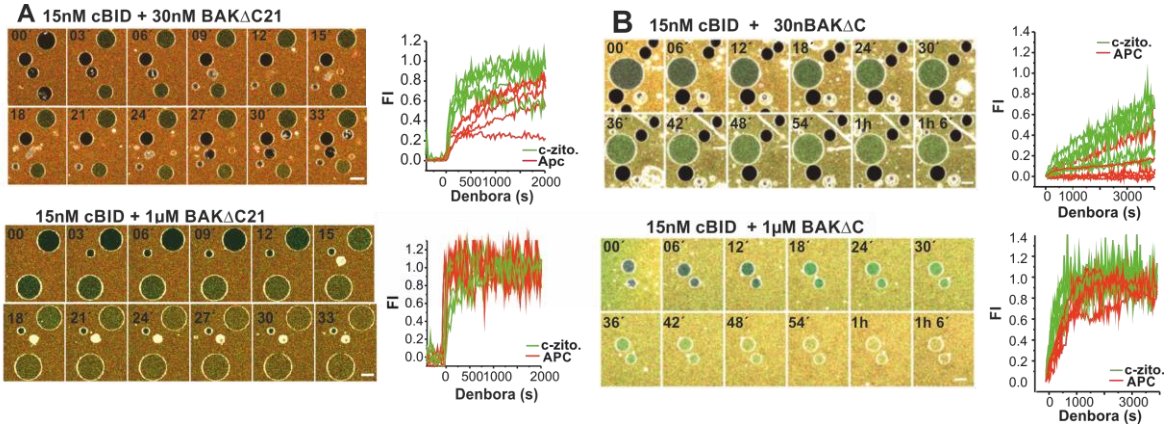
cBIDek aktibatutako BAKek eratzen dituen poroen tamaina zehatza sakonago aztertzeko ondorengo GUVen iragazkortze saioaren metodologia aukeratu zen. Metodo hau bakarkako GUVetan fluoreszenteak diren zunda desberdinen barneraketa zinetiken azterketan datza, mikroskopia konfokala erabiliz. Lan honetan, tamaina ezberdineko bi zunda erabili ziren: 12kDa-etako Alexa 488-rekin markatutako c-zitokromoa (c-zito.) eta 104kDa-takoa eta intrintsekoki fluoereszentea den alofikozianina (APC) proteina. Horrez gain, mintz eredu gisa, rodamina zunda fluoreszentearekin markatutako %80 fosfatidilkolina eta %20 kardiolipina duten lipido konposaketako GUVak erabili ziren.

Aurretik deskribatutako lanetan oinarrituz, GUVen iragazkortze saioak bi hurbiltze metodo erabiliz gauzatu ziren (Bleicken et al. 2013a, Bleicken et al. 2013b, Fuertes et al. 2010). Alde batetik, "Oreka aurreko poroak edo hasierako poroak aztertzeko zinetikak", hauetan, BAK/cBID eta aipatutako bi zunda fluoreszenteak batera inkubatu ziren GUVekin, jarrraian irudiak erregistratzeko. Honela, modu honetara aztertzen diren zinetikak eratu berri diren poroen eraketa deskribatuko dute. Bestalde, "Orekako poroak aztertzeko zinetikak", metodologia honetan, Alexa-555 askea eta BCL-2 familiako proteinak GUVekin bi orduz inkubatu ziren, ondoren, c-zito. eta APC gehitu eta irudiak erregistratzeko.

Oreka aurreko zinetikak behatuz (2. irudia A), bi zunden barneraketaren patroia BAKen kontzentrazioaren araberakoa dela ikusten da. BAK proteinaren kontzentrazioa handitzerakoan zinetika azkarragoak eta barneraketa portzentaje handiagoak jazotzen dira, desberdintasun nabarmenenak APC zundaren barneraketan gertatzen direlarik. Ondoren, oreka egoerako zinetikak aztertu ziren (2. irudia B). Kasu honetan, c-zito. eta APC zunden barneraketan ezberdintasun handiak daudela ikusi daiteke. BAK kontzentrazio baxuetan GUVetara batez ere c-zitokromoa sartzen den bitartean, BAK kontzentrazio altuenetan, bi zundak osoki barneratzen dira. Datu hauetatik cBIDek aktibatutako BAKek azken honen kontzentrazioarekiko menpekoak diren tamaina aldakorreko poroak eratzen dituela ondorioztatu dezakegu (Bleicken et al. 2013a).

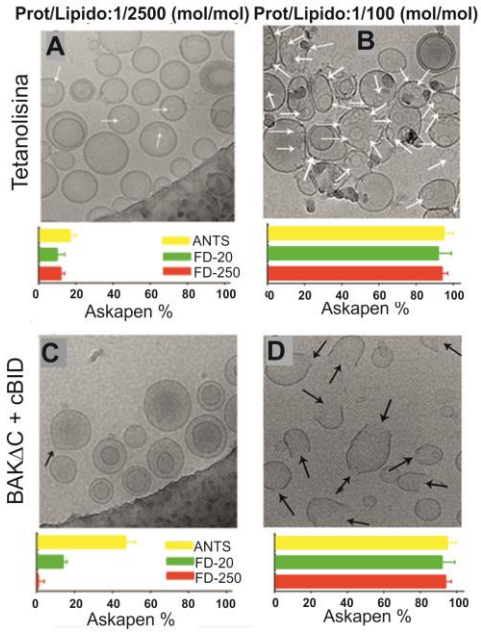
Bukatzeko, LUVetan tamaina ezberdineko solutuak (ANTS, 0.4kDa; FD-20, 20kDa; FD-250, 250kDa) enkapsulatuz, kolesterolaren menpeko kanale proteiko baten eragilea den tetanolisina eta BAK/cBID proteinen iragazkortze funtzioak alderatu ziren proteina/lipido ratio ezberdinetara.

**2. irudia. Aktibatutako BAKen kontzentrazioak berak eratutako poroaren tamaina eta egonkortasuna erregulatzen ditu.**




Tetanolisinaren kasuan (3. irudia A, B) solutuen askapen totala handituz doa proteina/lipido ratioa handitzen doan heinean, tamaina desberdineko solutuen askatzean desberdintasunik jazo gabe. Beraz tetanolisinak eratzen dituen kanaleen kopurua handituz doala pentsa daiteke. BAK/cBIDen kasuan (3. irudia C, D), berriz, lipido/proteina ratio txikien kasuan soilik zunda txikiena askatzen da: liposoma hauetan kurbadura handiko egiturak ikusi daitezkeen arren, ez da pororik behatzen. Proteina/lipido ratioa handitzen denean tamaina handiagoko zundak askatzen doaz, tamaina handiagoko poro ikusgarrien azaltzea dela eta. Azkenik, tetanolisinak eraztun itxurako kanale bat eratzen duela argi ikusten da, BAK/cBIDen kasuan poroen ertzetan inolako egitura definiturik ikusten ez den bitartean. Hortaz, orain arteko datu guzti hauek kontuan hartuz, BAKek egituralki dinamikoak diren poro proteolipidikoak eratzen dituela ondorioztatu daiteke (Landeta et al. 2011).

**3. irudia. Tetanolisinak sortzen duen upa-ohol egituraren eta aktibatutako BAKek eratzen duen poro proteolipidikoaren arteko desberdintasunak.**




## 4. Ondorioak

BCL2 familiako proteinak apoptosiaren erregulatzaile nagusiak dira, mitokondrioaren kanpo mintzaren (MKM) iragazkortasuna erregula baitezakete poro apoptotiko baten eraketa edo inhibizioa eraginez, modu honetan, apoptosi-eragileak diren hainbat faktoreen mitokondriotik zitosoloserako askapena erregulatu ahalko dute. Azkeneko hamarkadetan, BCL-2 familiako proteinen ekintza-mekanismoaren eta egituraren ezagueran berebiziko aurrerakuntzak eman dira.

Lan honetan, BAK proteinaren apoptosian zeharreko oinarrizko ezaugarri fisiologikoak aztertu ziren proteina birkonbinatuetan eta konposaketa zehatzeko mintz-ereduetan oinarritzen den berreraikitako *in vitro* sistemak erabiliz. Sistema minimalista hauek eta bakartutako mitokondrioak direla medio, BH3-domeinu bakarreko cBID proteinak BAK proteina proapoptotikoa zuzenean eta potentzia handiz aktibatu dezakeela ikusi da. Aurkikuntza honek berriki cBID BAKen zuzenezko aktibatzaile bezala deskribatzen duten beste talde batzuen ikerketekin egiten du bat. Beraz, propaoptotikoa den BAK proteinaren oinarrizko ezaugarri fisiologikoak arrakastaz berreraiki ziren mintz-eredu sistema minimalistak erabiliz.

BAKen poro apoptotikoaren izaeraren ezagutzan sakondu da fluoreszentziazko mikroskopio aurreratua eta banakako GUVen azterketako metodologiak konbinatuz. Zinetiken analisia burutuz, BAKek proteinekiko iragazkorrak diren poroak eratzen dituela ikusi da: kanal proteikoekin alderatuz, BAKen poroek ez dute tamaina finkorik, denborarekiko eta proteina kontzentrazioarekiko menpekoa den bilakaera bat jasanez. Emaitza sorta honek, metodologia berdintsuarekin aztertutako BAX α5 peptidoak eratzen duen poro dinamikoaren ebidentzia sostengatzen du (Fuertes et al. 2010). Honez gain, BAKekin tratatutako mintz-ereduak Crio-EM mikroskopia bidez aztertuz lortu diren behaketa gehigarriek BAKek eratzen duen poroaren izaera proteolipidikoa dela bermatzen dute. Ondorioz, cBIDek aktibatutako BAKek proteinekiko iragazkorrak diren poro proteolipidikoak eratzen ditu; hauek mintzaren kurbadurarekiko menpekoak dira, eta BAKen kontzentrazioaren funtziopeko tamaina aldakorrak izango dituzte.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunerako eta ikerketa lan honekin jarraitzeko asmoz, BAK proteinak poro eraketan duen topologia aztertzea interesgarria izango litzateke, honetan apoptosiarekin erlazionaturiko lipido ezberdinek izan dezaketen eraginean sakonduz. Proteina honen topologia zehatza eta poro eraketa erregulatzen duten faktoreak ezagutzeak diana terapeutiko berriak proposatu ahal izateko aukera irekiko luke.

## 6. Erreferentziak

Adams, J. M. and Cory, S. (2007), The Bcl-2 apoptotic switch in cancer development and therapy, Oncogene, 26(9): 1324-1337.

Basanez, G., Nechushtan, A., Drozhinin, O., Chanturiya, A., Choe, E., Tutt, S., Wood, K. A., Hsu, Y., Zimmerberg, J. and Youle, R. J. (1999), Bax, but not Bcl-xL, decreases the lifetime of planar phospholipid bilayer membranes at subnanomolar concentrations, Proc Natl Acad Sci U S A, 96(10): 5492-5497.

Basanez, G., Sharpe, J. C., Galanis, J., Brandt, T. B., Hardwick, J. M. and Zimmerberg, J. (2002), Bax-type apoptotic proteins porate pure lipid bilayers through a mechanism sensitive to intrinsic monolayer curvature, J Biol Chem, 277(51): 49360-49365.

Bleicken, S., Classen, M., Padmavathi, P. V., Ishikawa, T., Zeth, K., Steinhoff, H. J. and Bordignon, E. (2010), Molecular details of Bax activation, oligomerization, and membrane insertion, J Biol Chem, 285(9): 6636-6647.

Bleicken, S., Landeta, O., Landajuela, A., Basanez, G. and Garcia-Saez, A. J. (2013a), Proapoptotic Bax and Bak proteins form stable protein-permeable pores of tunable size, J Biol Chem, 288(46): 33241-33252.

Bleicken, S., Wagner, C. and García-Sáez, Ana J. (2013b), Mechanistic Differences in the Membrane Activity of Bax and Bcl-xL Correlate with Their Opposing Roles in Apoptosis, Biophysical Journal, 104(2): 421-431.

Epand, R. F., Martinou, J. C., Montessuit, S. and Epand, R. M. (2003), Transbilayer lipid diffusion promoted by Bax: implications for apoptosis, Biochemistry, 42(49): 14576-14582.

Fuertes, G., Garcia-Saez, A. J., Esteban-Martin, S., Gimenez, D., Sanchez-Munoz, O. L., Schwille, P. and Salgado, J. (2010), Pores formed by Baxalpha5 relax to a smaller size and keep at equilibrium, Biophys J, 99(9): 2917-2925.

Garcia-Saez, A. J., Coraiola, M., Dalla Serra, M., Mingarro, I., Menestrina, G. and Salgado, J. (2005), Peptides derived from apoptotic Bax and Bid reproduce the poration activity of the parent full-length proteins, Biophys J, 88(6): 3976-3990.

Garcia-Saez, A. J., Coraiola, M., Serra, M. D., Mingarro, I., Muller, P. and Salgado, J. (2006), Peptides corresponding to helices 5 and 6 of Bax can independently form large lipid pores, FEBS J, 273(5): 971-981.

Kuwana, T., Mackey, M. R., Perkins, G., Ellisman, M. H., Latterich, M., Schneiter, R., Green, D. R. and Newmeyer, D. D. (2002), Bid, Bax, and lipids cooperate to form supramolecular openings in the outer mitochondrial membrane, Cell, 111(3): 331-342.

Landeta, O., Landajuela, A., Gil, D., Taneva, S., Di Primo, C., Sot, B., Valle, M., Frolov, V. A. and Basanez, G. (2011), Reconstitution of proapoptotic BAK function in liposomes reveals a dual role for mitochondrial lipids in the BAK-driven membrane permeabilization process, J Biol Chem, 286(10): 8213-8230.

Martinez-Caballero, S., Dejean, L. M., Kinnally, M. S., Oh, K. J., Mannella, C. A. and Kinnally, K. W. (2009), Assembly of the mitochondrial apoptosis-induced channel, MAC, J Biol Chem, 284(18): 12235-12245.

Miura, M. (2011), Active participation of cell death in development and organismal homeostasis, Dev Growth Differ, 53(2): 125-136.

Qian, S., Wang, W., Yang, L. and Huang, H. W. (2008), Structure of transmembrane pore induced by Bax-derived peptide: evidence for lipidic pores, Proc Natl Acad Sci U S A, 105(45): 17379-17383.

Roucou, X., Rostovtseva, T., Montessuit, S., Martinou, J. C. and Antonsson, B. (2002), Bid induces cytochrome c-impermeable Bax channels in liposomes, Biochem J, 363(Pt 3): 547-552.

Saito, M., Korsmeyer, S. J. and Schlesinger, P. H. (2000), BAX-dependent transport of cytochrome c reconstituted in pure liposomes, Nat Cell Biol, 2(8): 553-555.

Strasser, A., Cory, S. and Adams, J. M. (2011), Deciphering the rules of programmed cell death to improve therapy of cancer and other diseases, EMBO J, 30(18): 3667-3683.

Terrones, O., Antonsson, B., Yamaguchi, H., Wang, H. G., Liu, J., Lee, R. M., Herrmann, A. and Basanez, G. (2004), Lipidic pore formation by the concerted action of proapoptotic BAX and tBID, J Biol Chem, 279(29): 30081-30091.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau hurrengo proiektuetatik finantziatua izan da: Eusko Jaurlaritza, IT838-13 eta EHU, EHU-1374. Honez gain, lan honen atal bat Heidelberg-eko German Cancer Research Center-reko Bioquant eraikinean eta Ana García-Saez-ek gidatzen duen laborategian eginiko egonaldiaren ondorioz lortutako emaitzez osatua dago. Artikulu honetan agertzen diren emaitzak Landeta *et al.* 2011 eta Bleicken *et al.* 2013 erreferentziadun artikuluetatik eratorriak dira. Bukatzeko, Olatz Landeta CSICeko JaePre-Doc doktoregutzarako beka-kontratu baten hartzailea izan zen, eta Biofisika Fundazioaren diru-laguntza bat ere jaso zuen.

# Angelman Sindromearen ikerkuntza *Drosophila* euliak erabiliz

Ramirez J.[1], Martinez A.[2,3], Lectez B.[4], Lee S.Y. [2], Barrio R.[2], Gonzalez M.[2], Franco M.[5], Dittmar G.[6], Reiter L.[7] and Mayor U.[1,8]

[1]*Biokimika eta Biologia Molekularra Saila. Zientzia eta Teknologia Fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Barrio Sarriena s/n, 48940, Leioa (Bizkaia).*

[2]*CIC bioGUNE. Bizkaia Teknologi Elkartegia, 801A eraikina, 48160, Derio (Bizkaia).*

[3]*University of Liverpool, Crown Street, Liverpool L69 3BX, UK*

[4]*Turku Centre for Biotechnology. Tykistökatu 6, FI-20520, Turku, Finland.*

[5]*Instituto de Neurociencias, CSIC/UMH, 03550, Sant Joan d'Alacant, Alicante (Spain)*

[6]*Max Delbrück Center for Molecular Medicine, Robert-Rössle-Strasse 10, 13125 Berlin (Germany)*

[7] *University of Tennessee Health Science Center, 855 Monroe Ave, Memphis TN 38163 (USA)*

[8]*Ikerbasque, Basque Foundation for Science, Bilbao (Bizkaia)*

*Kontakturako e-posta: juanmaramirez83@gmail.com*

***Laburpena***

Angelman Sindromea (AS) garapen intelektualaren atzerapena dakarren gaixotasun bat da. Bere jatorria 15. kromosoman dagoen UBE3A genean gertatzen diren mutazioak dira. UBE3A-k zelularen beste zenbait proteina erregulatzen ditu, ubikitina deitutako molekula bat erantziz. Oraindik ez da ezagutzen UBE3Ak eraldatzen dituen proteinak zeintzuk diren.

Gure laborategian ubikitilazioa ikertzeko garatu dugun estrategia erabiliz, *Drosophila melanogaster* eulietan, Ube3a (UBE3A *Drosophila* homologoa) ubikitilatzen dituen proteina batzuk identifikatu ditugu. Gure emaitzek entzima horrek proteasomarekin zerikusirik daukaten proteinak ubikitilatuz zelularen homeostasia kontrolatzen duela adierazten dute.

Hitz gakoak: Angelman Sindromea, UBE3A, ubikitina

***Abstract***

*Angelman Syndrome (AS) is a disorder that is characterized by an intellectual development delay. Its molecular causes are mutations that affect the UBE3A gene located on chromosome 15. UBE3A regulates the attachment of ubiquitin molecules to other proteins, changing in this way their function. The proteins regulated by UBE3A, however, are yet not known.*

*Using a novel strategy to study ubiquitination, developed in our lab, and using the fly Drosophila melanogaster, we have identified a few proteins that are ubiquitianted by Ube3a (the Drosophila homolog of UBE3A). Our results show that this enzyme regulates cellular homeostasis by the ubiquitination of proteasomal related proteins.*

*Keywords: Angelman Syndrome, UBE3A, ubiquitin*

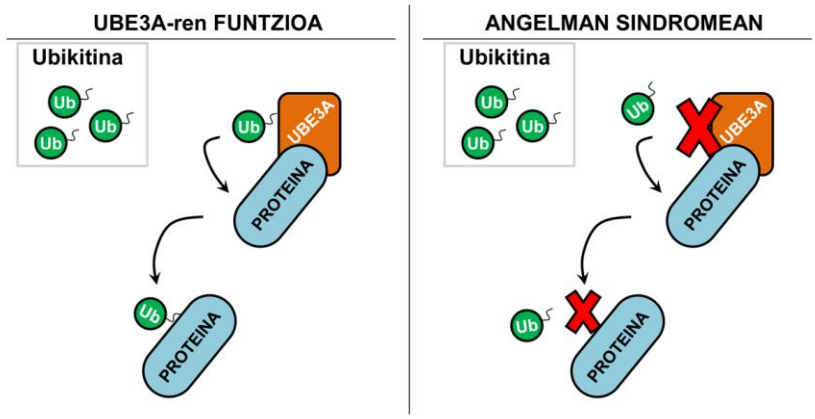
## 1. Sarrera eta motibazioa

Munduan jaiotako 15.000 haurretatik batek du Angelman Sindromea (AS) gaixotasuna. Umeek garapen intelektualaren atzerapena, oreka eta mugimenduaren arazoak, lo egiteko zailtasunak, epilepsia eta hitz egiteko eragozpenak izaten dituzte (Williams *et al.*, 2010). Gehienetan bi eta bost urte bitartean dituztela jasotzen dute diagnostikoa, gaitzaren ezaugarriak nabariagoak egiten direlako adin tarte horretan. Genetikaren ikuspegitik AS eragiten duten mekanismo ezberdinak dauden arren, amarengandik jasotako 15. kromosomaren delezioak adibidez (Williams et al., 2010), kasu guztietan ondorioa berbera da: garunean adierazi beharko litzatekeen *UBE3A* deitutako genearen galera (Kishino *et al.*, 1997), eta zehazki, horrek sortutako proteinak (UBE3A deituta ere) ubikitina eranzteko daukan funtzioaren galera (1. Irudia) (Nawaz *et al.*, 1999).

Ubikitina beste proteinetan eranzten den proteina txikia da, ubikitilazioa deitutako prozesuaren bitartez (Komander eta Rape, 2012). Zelulen barruan molekula horren eranspenaren arduradunak UBE3A bezalako entzimak dira eta *ubikitina E3 ligasa* izen generikoarekin ezagutzen dira (Glickman eta Ciechanover, 2002). Behin proteina bat ubikitinarekin eraldatuta dagoela horren halabeharra guztiz alda daiteke: batzuetan zelularen barruan lekuz aldatzea

eragingo du, edo beste proteina batekin interakzioa izan edo besterik gabe degradatzera bidaliko da, azken hau gehien ikertu egin den ondorioa izanik (Groothuis *et al.*, 2006). Hain garrantzitsua da ubikitilazioaren bitartez kontrolatzen diren prozesuak, hau eranztean gertatzen diren akatsak zenbait gaixotasunekin zerikusirik dutela, Parkinson (Shimura *et al.*, 2000) eta AS (Kishino *et al.*, 1997) esate baterako. Edonola ere, ubikitinak kontrolatzen dituen proteinak ikertzea ez da lan erraza, normalean proteinen kopuru oso txikia ubikitilatuta dagoelako (Peng, 2008); hau da, proteina baten 100 molekula zelulan baldin badaude bakarrik bost edo hamar daramate ubikitina lotuta. Hori dela eta, AS inguruan ikerketa asko egin diren arren, UBE3Ak ubikitilatzen dituen proteinak zeintzuk diren oraindik ez dira igarri. Eta UBE3A substratu gisa aurkeztu diren zenbait proteina badira ere (Jiang *et al.*, 1998; Reiter *et al.*, 2006; Mishra *et al.*, 2009; Greer *et al.*, 2010; Margolis *et al.*, 2010; Jensen *et al.*, 2013), haien *in vivo* ubikitilazioaren frogak oraindik ez dira argitaratu.

**1. Irudia. UBE3A-ren funtzioa**




Gure laborategiak ubikitinak kontrolatzen dituen proteinak ikertzeko estrategia eraginkor berri bat garatu egin du (Franco *et al.*, 2011; Lectez *et al.*, 2014; Min *et al.*, 2014). Hain zuzen ere, estrategiak ubikitina biotina (H bitamina) molekularekin *in vivo* markatzean datza. Horrek biotina daukaten proteina guztiak (eta hortaz ubikitilatuak daudenak) modu erraz batean isolatzeko aukera ematen du. 2011an argitaratutako lanean (Franco *et al.*, 2011) *Drosophila melanogaster* eulietako garunean ubikitilatuak zeuden zenbait proteina identifikatu genituen, haien arten UBE3Aren homologoa den Ube3a zegoelarik. Proteina horrek ubikitinarekin eraldatzen dituen proteinen ezagutza faltak piztu egin zuen gure interesa AS-rekiko. Entzima horrek ubikitilatzen dituen substratuen topaketa AS hobeto ulertzea erraztu bailezake.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

AS gaixotasunaren arduraduna den UBE3A entzima identifikatu zenetik (Kishino *et al.*, 1997) ikerketa ugari egin dira ubikitinarekin eraldatzen dituen proteinak identifikatzeko. Orain arte zenbait substratu aurkitu egin dira, p53 (Jiang *et al.*, 1998), pbl (Reiter *et al.*, 2006), p27 (Mishra *et al.*, 2009), Arc (Greer *et al.*, 2010), Ephexin 5 (Margolis *et al.*, 2010) edo ATPa (Jensen *et al.*, 2013) esate baterako, baina haien *in vivo* ubikitilazioa ez da oraindik aurkeztu. Proposatutako zenbait substratuen ubikitilazioa, aldiz, UBE3A menpean ez dagoela frogatu egin da (Kühnle *et al.*, 2013).

Gizakien zeluletan ematen diren zenbait mekanismo molekularrak ikertu eta ulertzeko *Drosophila melanogaster*-en erabilera oso hedatuta dago. Adibidez, herentzia kromosomen bitartez transmititzen dela eulietan garatu egin zen (Pandey eta Nichols, 2011). Gainera, gaitz batekin zerikusirik duten gizakien geneen %75ek bere homologoa dute eulietan, hori dela eta euliak gizakien hainbat gaixotasun ikertzeko ere erabili izan ohi dira. AS arduraduna den UBE3A genea bere homologoa dauka *Drosophila*-n (Ube3a) eta gaixotasun horren eredu diren euliak (AS euliak) sortu dira ere (Wu *et al.*, 2008). Hau ikusita, *Drosophila*-ren Ube3a substratoak identifikatzeko helburuarekin, gure laborategiak ubikitilazioa ikertzeko garatutako estrategia AS euliekin bateratzea erabaki zuen, honako helburuak planteatuz:

- AS gaixotasunaren eredu diren eta eskuragarri zeuden euliak (Wu *et al.*, 2008) gure laborategian ubikitilazioa ikertzeko garatutako estrategiarekin bateratzea.

- Sortutako euli horietatik eta masa-espektrometria (MS) deitutako teknikaren bitartez Ube3a-k ubikitilatzen dituen proteinak identifikatzea.
- MS bitartez identifikatutako proteinen ubikitilazioa baieztatzea.

## 3. Ikerketaren muinak

### 3.1. Metodologia

*Drosophila* $^{bio}$Ub euliak (ubikitilazioa ikertzeko erabiltzen ditugunak) gure laborategian sortu ziren (Franco *et al*., 2011), Angelman sindromearen eredu diren euliak, aldiz, Dr. Janice Fischer-ek adeitasunez emandakoak dira (Wu *et al*., 2008).

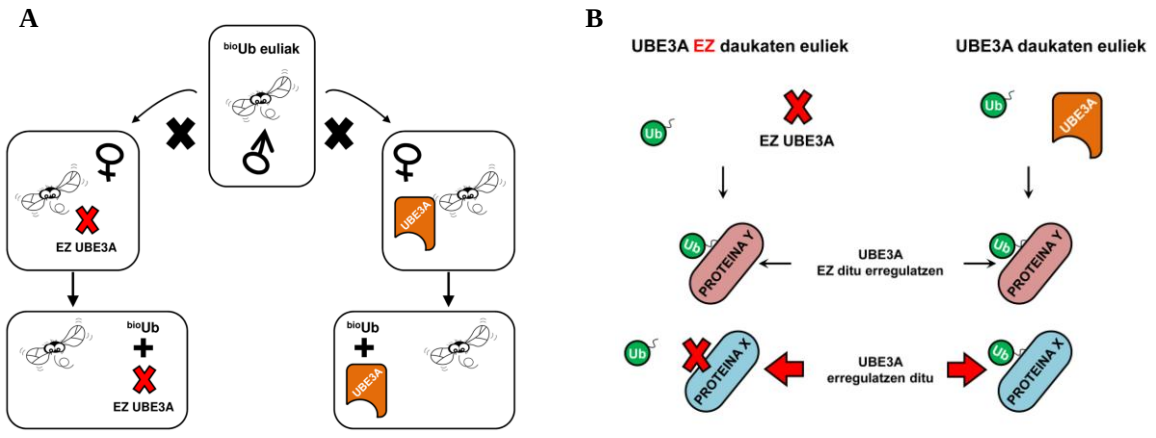
Eulietatik ubikitilatuta dauden proteinak eskuratzeko protokoloa gure laborategian garatu zen (Franco *et al*., 2011; Lectez *et al*., 2014) eta proteina hauek Dr. Gunnar Dittmar Max Delbrück Center for Molecular Medicine Institutuko laborategian masa-espektrometriaren bitartez aztertu egin ziren.

Substratuen ubikitilazioa baieztatzeko *Drosophila* zelulak erabili ziren, intereseko proteinak Ube3a-ren presentzian edo gabezian ekoiztuz eta ubikitilazioa western plapaketaren bitartez baieztatuz (Lectez *et al*., 2014).

### 3.2. Emaitzak

*Drosophila melanogaster*-ren nerbio sisteman ubikitilatzen diren proteinak identifikatzeko, ubikitina biotinarekin eraldatuta daukaten euli transgenikoak sortu ziren ($^{bio}$Ub euliak) (Franco *et al*., 2011). Konkretuki hauek aldi berean ubikitinaren bertsio bat gehi *E.coli* bakterietan biotina jartzen duen entzima (BirA) adierazten dute. Ubikitina bertsio horrek BirA entzimak biotinilatzen dituen aparteko 16 amino-azido dakartza, hortaz biak batera adierazterakoan BirA ubikitina biotinilatzen du. Biotina abidina proteinarekin oso indar handiarekin ($K_d$ ~$10^{-14}$) batzen denez (Marttila *et al*., 2000), $^{bio}$Ub eulietatik eskuratutako proteina nahasketa abidinarekin kontaktuan jartzerakoan biotinilatuta dauden proteina guztiak, eta kasu honetan ubikitilatuak, erraz bazter daiteke geroago masa-espektrometria (MS) teknikarekin bidez zeintzuk diren igartzeko. MS teknikak proteina nahasketa batean dauden proteinak identifikatzen ditu, haien ugaritasun erlatiboa baita ere emanez (Zhang *et al*., 2009). Gure laborategiak estrategia horren bitartez, eulien neuronetan ubikitilatuak dauden 1000 proteina inguru isolatu eta identifikatu ditu.

**2. Irudia. Erabilitako euli mutanteak**




Ube3a entzimak ubikitinaren bitartez kontrolatzen dituen proteinak aurkitzeko, Dr. Janice Fischer-ren lan taldeek (Texas, USA) 2008an sortutako *Drosophila* AS euliak (Wu *et al.*, 2008) eskuratu eta $^{bio}$Ub euliekin gurutzatu ziren. AS mutante hauek Ube3a genearen kopia ezabatuta edo kopia bat baino gehiago zekarren, beraz, hurrengo belaunaldian sortutako euliek biotinilatutako ubikitina Ube3a entzimaren gabezian edo gehiegizko presentzian adieraziko zuten (2. Irudia A). Horrek bi egoeratan ubikitilatuak agertzen diren proteinak konparatzeko aukera ematen du, eta horrela Ube3a adierazten duten laginetan bakarrik agertutako proteinak

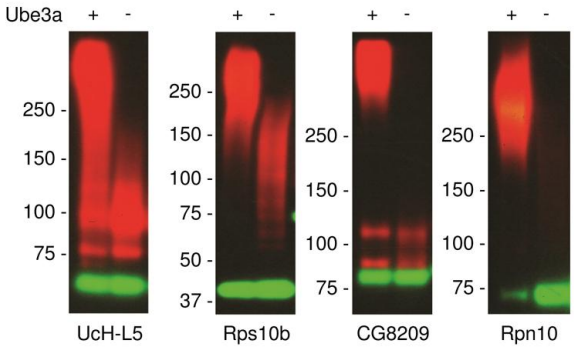
(edo ugariagoak agertutakoak) Ube3a-ren substratu hautagai bezala har daiteke (2. Irudia B). Bi baldintzetatik isolatutako proteinak MS bitartez aztertu ondoren Ube3a-ren bidez ubikitilatuak izan litekeen zenbait proteina identifikatu ziren (1. Taula). Hain zuzen ere, aurretik ezagututako Ube3a-ren bi substratu: Annexin B10 eta Rad23 (Kumar *et al.*, 1999; Shimoji *et al.*, 2009), eta beste hiru substratu berri batzuk: proteinen degradazioarekin zerikusirik daukan proteina bat (Uch-L5), proteinen sintesian parte hartzen duen beste bat (Ef1alpha100E) eta zelularen konpartimentuen pH-a kontrolatzen duen beste bat (Vha68-2).

**1. Taula. MS bidez identifikatutako Ube3a-ren substratoak**

| Proteinen deskripzioa | Genearen izena | Gizakien genearen izena |
|---|---|---|
| Annexin B10 | AnxB10 | ANXA1 |
| Elongation factor 1alpha100E | Ef1alpha100E | EEF1A1 |
| Rad23 | Rad23 | RAD23A |
| Ubiquitin carboxy-terminal hydrolase L5 ortholog | Uch-L5 | UCHL5 |
| Vacuolar H[+] ATPase 68 kDa subunit 2 | Vha68-2 | ATP6V1A |

Substratu hauen ubikitilazioa aztertzeko western plapaketa deitutako teknikaren bitartez egin daiteke (Mahmood eta Yang, 2012). Teknika horren arrakasta antigorputzak erantzun inmunologikoa ematerakoan patogenoen proteinak detektatzeko daukaten espezifikotasunean datza. Modu berean, laborategian, proteina zehatz bat detektatzen duen antigorputza erabiliz proteina nahasketa batean dagoen ala ez ikus daiteke. Hiru substratu hauek Ube3a-ren bitartez jasaten duten ubikitilazioaren baieztapena gauzatzeko, Ube3a-ren presentzia (+) edo gabezia (-) zeukaten *Drosophila* zelulak erabili ziren. Ef1alpha100E, Uch-L5 eta Vha68-2 zelula hauetan adierazi ondoren haien ubikitilazioa aztertu egin zen. Kasu guztietan proteina hauek ubikitilatuagoak agertu ziren Ube3a zeukaten zeluletan, gabezia zeukaten zeluletan baino, entzima horren egiazko substratuak zirela baieztatuz. Aldi berean, lehenago aurkitutako (Franco *et al*., 2011) eta laborategian eskuragarri zeuden proteinen ubikitilazioa Ube3a-ren presentzian ere aztertzea erabaki genuen, haietako batek entzima horren substratua ere izan litekeen jakiteko. Gure harridurarako, proteinen degradazioarekin eta sintesiarekin zerikusirik zuten beste hiru proteinen ubikitilazioa (Rpn10, Rps10b eta CG8209) Ube3a-ren presentzian handiagoa zela ikusi genuen, identifikatutako substratuak seira handituz (3. Irudia) (Lee *et al*., 2014).

**3. Irudia. Identifikatutako zenbait substratuen ubikitilazioa**




## 3.3. Eztabaida

Ubikitina eta ubikitilazioa historikoki proteinen degradazioarekin lotu egin da. Gaur egun, aldiz, zelularen beste funtzio garrantzitsuak baita ere kontrolatzen dituztela ezagutzen da (Glickman eta Ciechanover, 2002). Horregatik, eraldaketa honi buruzko ikerkuntzak ezinbestekoak egiten dira zelularen funtzionamendua hobeto uler daitezen. Goian aipatu bezala proteinen frakzio txiki bat bakarrik darama ubikitina lotuta, hori dela eta, frakzio hau aberasten dituzten estrategiak erabili behar dira. Arazo honi aurre egiteko, 2011an gure lan taldeak ubikitina molekulak biotinarekin *in vivo* markatzeko estrategia diseinatu zuen eta *Drosophila*-ren neuronetan ubikitilatzen diren zenbait substratu aurkitu zituen (Franco *et al*., 2011).

Oraingoan, Ube3a entzimaren substratuak identifikatzeko helburuarekin, $^{bio}$Ub estrategia urrats bat aurrerago eraman zen orain arte ezagutzen ez ziren Ube3a-ren sei substratu berriak identifikatuz. Aipatzekoa da haietako bi, Ef1alpha100E eta Rps10b, proteina berrien sorkuntzan parte hartzen duten bitartean, beste hiru (Uch-L5, CG8209 eta Rpn10) proteasoma eta proteinen degradaziorekin erlazionatuta daudela (Lee *et al*., 2014). Proteasoma zelulen "zabortegi" bezala funtzionatzen duen estruktura bat da eta bere funtzioa zenbait proteina degradatzea da: zaharrak direnak edo gehiago erabili behar ez direnak esate baterako (Glickman eta Ciechanover, 2002). Ube3a eta proteasomaren elkar arteko erlazioa lehenagoko ikerkuntzetan argitaratu egin bada ere (Tai *et al*., 2010), proteasomarekin zerikusirik daukaten proteinak Ube3a-ren bitartez ubikitilatzen direla frogatzen den lehenengo aldia da. Hau aurkitu izanak, entzima horrek proteasomaren funtzioa erregulatzen duela adierazten du. Horren ondorioz, Angelman sindromea gaixotasuenean, non Ube3a genea falta den, proteinen degradazioa eta sintesia guztiz nahasmendua egon daiteke, zelularen homeostasian eragin kaltegarria izanez. Horrez gain, Ef1alpha100E eta Uch-L5 neuronen sorkuntzarekin erlazionatuta daudela ikusi egin da (Neumüller *et al*., 2011), beraz haien okerreko erregulazioa neuronen garapenean eragina izan dezake baita ere.

Aurkitutako substratuen artean zelularen konpartimentuen pH-a kontrolatzen duen proteina bat topatu zen ere (Vha68-2). Mota honetako proteinen mutazioak autismoarekin eta garapen intelektualaren atzerapenekin lotu egin dira (Hucthagowder *et al*., 2009). Horrez gain, duela gutxi argitaratuko lanean Ube3a Golgi aparatuaren pHa kontrolatzeko beharrezkoa dela argitaratu egin zen (Condon *et al*., 2013). Hau guztia Ube3a-k proteinen sintesia eta degradazioa kontrolatzea ez ezik, zelularen pHa Vha68-2 ubikitilazioaren bitartez kontrolatzen duela ere iradokitzen du. Gure emaitzek, hortaz, Angelman sindromearen arduraduna den entzimak zelularen proteinen eta ioien homeostasiaren erregulatzaile bezala agerrarazten dute.

## 4. Ondorioak

*Drosophila melanogaster* eulietan zelularen proteasomarekin zerikusirik daukaten hiru proteina (CG8209, Uch-L5 eta Rpn10) Ube3a entzimak ubikitinaren bitartez kontrolatzen ditu. Horrez gain, Ube3a-k proteinen sintesian eta ioien garraioan eginkizunen bat dauka, Ef1alpha100E, Rps10 eta Vha68-2 ubikitilazioaren bitartez. Hau guztia ikuspegi berri bat ireki egiten du AS arloan, emaitza hauek argi utzi dutelako Ube3a entzimak zelularen homeostasia kontrolatzen duela eta gaixotasuna hobeto ulertzeko lagunduko duen Ube3a-aren mekanismo molekularrari buruzko ideia berriak zabaltzen dituelako.

## 5. Etorkizuna

Euliekin izandako arrakasta ikusita, hurrengo pasua bai arratoiekin, bai gizakietatik lortutako zeluletara $^{bio}$Ub estrategia eramatea da. Ubikitina biotinarekin markatuta duten arratoiak sortu ditugu jada, eta euliekin bezala ubikitilatuak dauden proteinak purifikatzea lortu egin dugu (Lectez *et al*., 2014), beraz orain AS eredu diren arratoiekin bateratzea da gure helburu. Beste aldetik, Estatu Batuetan lan egiten duen Dr. Lawrence Reiter-ekin daukagun kolaboraziopean, AS daukaten gaixoek galtzen dituzten esne-hortzak jasotzeko programa martxan da. Dr. Reiter-ren laborategiak gaixoen hortzetatik neurona zelulak hazteko protokoloa garatu du, eta horrek gaixoetatik datozen zelulekin lan egitea posible egiten du. $^{bio}$Ub estrategia erabiliz, UBE3A ubikitilatzen dituen proteinak AS gaixoetatik garatutako neuronetan zuzenean aztertzea dugu helburu.

## 6. Erreferentziak

Condon, K.H., Ho, J., Robinson, C.G., Hanus, C. eta Ehlers, M.D. (2013), The Angelman syndrome protein Ube3a/E6AP is required for Golgi acidification and surface protein sialylation, *J. Neurosci. Off. J. Soc. Neurosci.*, 33, 3799–3814.

Franco, M., Seyfried, N.T., Brand, A.H., Peng, J. eta Mayor, U. (2011), A novel strategy to isolate ubiquitin conjugates reveals wide role for ubiquitination during neural development, *Mol. Cell. Proteomics MCP*, 10, M110.002188.

Glickman, M.H. eta Ciechanover, A. (2002), The Ubiquitin-Proteasome Proteolytic Pathway: Destruction for the Sake of Construction, *Physiol. Rev.*, 82, 373–428.

Greer, P.L., Hanayama, R., Bloodgood, B.L., Mardinly, A.R., Lipton, D.M., Flavell, S.W., Kim, T.-K., Griffith, E.C., Waldon, Z., Maehr, R., Ploegh, H.L., Chowdhury, S., Worley, P.F., Steen, J. eta Greenberg, M.E. (2010), The Angelman Syndrome protein Ube3A regulates synapse development by ubiquitinating arc, *Cell*, 140, 704–716.

Groothuis, T.A., Dantuma, N.P., Neefjes, J. eta Salomons, F.A. (2006), Ubiquitin crosstalk connecting cellular processes, *Cell Div.*, 1, 21-28.

Hucthagowder, V., Morava, E., Kornak, U., Lefeber, D.J., Fischer, B., Dimopoulou, A., Aldinger, A., Choi, J., Davis, E.C., Abuelo, D.N., Adamowicz, M., Al-Aama, J., Basel-Vanagaite, L.B., Fernandez, B., Greally, M.T., Gillessen-Kaesbach, G., Kayserili, H., Lemyre, E., Tekin, M., Tükmen, S., Tuysuz, B., Yüksel-Konuk, B., Mundlos, S., Van Maldergem, L., Wevers, R.A. eta Urban, Z. (2009), Loss-of-function mutations in ATP6V0A2 impair vesicular trafficking, tropoelastin secretion and cell survival, *Hum. Mol. Genet.*, 18, 2149–2165.

Jensen, L., Farook, M.F. eta Reiter, L.T. (2013), Proteomic Profiling in Drosophila Reveals Potential Dube3a Regulation of the Actin Cytoskeleton and Neuronal Homeostasis, *PLoS ONE*, 8, e61952.

Jiang, Y.H., Armstrong, D., Albrecht, U., Atkins, C.M., Noebels, J.L., Eichele, G., Sweatt, J.D. eta Beaudet, A.L. (1998), Mutation of the Angelman ubiquitin ligase in mice causes increased cytoplasmic p53 and deficits of contextual learning and long-term potentiation, *Neuron*, 21, 799–811.

Kishino, T., Lalande, M. eta Wagstaff, J. (1997), UBE3A/E6-AP mutations cause Angelman syndrome, *Nat. Genet.*, 15, 70–73.

Komander, D. eta Rape, M. (2012), The ubiquitin code, *Annu. Rev. Biochem.*, 81, 203–229.

Kühnle, S., Mothes, B., Matentzoglu, K. eta Scheffner, M. (2013), Role of the ubiquitin ligase E6AP/UBE3A in controlling levels of the synaptic protein Arc, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 110, 8888–8893.

Kumar, S., Talis, A.L. eta Howley, P.M. (1999), Identification of HHR23A as a substrate for E6-associated protein-mediated ubiquitination, *J. Biol. Chem.*, 274, 18785–18792.

Lectez, B., Migotti, R., Lee, S.Y., Ramirez, J., Beraza, N., Mansfield, B., Sutherland, J.D., Martinez-Chantar, M.L., Dittmar, G. eta Mayor, U. (2014), Ubiquitin profiling in liver using a transgenic mouse with biotinylated ubiquitin, *J. Proteome Res.*, 13, 3016–3026.

Lee, S.Y., Ramirez, J., Franco, M., Lectez, B., Gonzalez, M., Barrio, R. eta Mayor, U. (2014), Ube3a, the E3 ubiquitin ligase causing Angelman syndrome and linked to autism, regulates protein homeostasis through the proteasomal shuttle Rpn10, *Cell. Mol. Life Sci. CMLS*, 71, 2747–2758.

Mahmood, T. eta Yang, P.-C. (2012), Western Blot: Technique, Theory, and Trouble Shooting, *North Am. J. Med. Sci.*, 4, 429–434.

Margolis, S.S., Salogiannis, J., Lipton, D.M., Mandel-Brehm, C., Wills, Z.P., Mardinly, A.R., Hu, L., Greer, P.L., Bikoff, J.B., Ho, H.H., Soskis, M.J., Sahin, M. eta Greenberg, M.E. (2010), EphB-mediated degradation of the RhoA GEF Ephexin5 relieves a developmental brake on excitatory synapse formation, *Cell*, 143, 442–455.

Marttila, A.T., Laitinen, O.H., Airenne, K.J., Kulik, T., Bayer, E.A., Wilchek, M. eta Kulomaa, M.S. (2000), Recombinant NeutraLite Avidin: a non-glycosylated, acidic mutant of chicken avidin that exhibits high affinity for biotin and low non-specific binding properties, *FEBS Lett.*, 467, 31–36.

Min, M., Mayor, U., Dittmar, G. eta Lindon, C. (2014), Using *in vivo* biotinylated ubiquitin to describe a mitotic exit ubiquitome from human cells, *Mol. Cell. Proteomics MCP*, 13, 2411–2425.

Mishra, A., Godavarthi, S.K. eta Jana, N.R. (2009), UBE3A/E6-AP regulates cell proliferation by promoting proteasomal degradation of p27, *Neurobiol. Dis.*, 36, 26–34.

Nawaz, Z., Lonard, D.M., Smith, C.L., Lev-Lehman, E., Tsai, S.Y., Tsai, M.J. eta O'Malley, B.W. (1999), The Angelman Syndrome-Associated Protein, E6-AP, Is a Coactivator for the Nuclear Hormone Receptor Superfamily, *Mol. Cell. Biol.*, 19, 1182–1189.

Neumüller, R.A., Richter, C., Fischer, A., Novatchkova, M., Neumüller, K.G. eta Knoblich, J.A. (2011), Genome-wide analysis of self-renewal in Drosophila neural stem cells by transgenic RNAi, *Cell Stem Cell*, 8, 580–593.

Pandey, U.B. eta Nichols, C.D. (2011), Human Disease Models in Drosophila melanogaster and the Role of the Fly in Therapeutic Drug Discovery, *Pharmacol. Rev.*, 63, 411–436.

Peng, J. (2008). Evaluation of proteomic strategies for analyzing ubiquitinated proteins, *BMB Rep*., 41, 177–183.

Reiter, L.T., Seagroves, T.N., Bowers, M. eta Bier, E. (2006), Expression of the Rho-GEF Pbl/ECT2 is regulated by the UBE3A E3 ubiquitin ligase, *Hum. Mol. Genet.*, 15, 2825–2835.

Shimoji, T., Murakami, K., Sugiyama, Y., Matsuda, M., Inubushi, S., Nasu, J., Shirakura, M., Suzuki, T., Wakita, T., Kishino, T., Hotta H., Miyamura, T. eta Shoji, I. (2009), Identification of annexin A1 as a novel substrate for E6AP-mediated ubiquitylation, *J. Cell. Biochem*., 106, 1123–1135.

Shimura, H., Hattori, N., Kubo, S. i, Mizuno, Y., Asakawa, S., Minoshima, S., Shimizu, N., Iwai, K., Chiba, T., Tanaka, K. eta Suzuki T. (2000), Familial Parkinson disease gene product, parkin, is a ubiquitin-protein ligase, *Nat. Genet.*, 25, 302–305.

Tai, H.C., Besche, H., Goldberg, A.L., eta Schuman, E.M. (2010), Characterization of the Brain 26S Proteasome and its Interacting Proteins, *Front. Mol. Neurosci.*, 3.

Williams, C.A., Driscoll, D.J. eta Dagli, A.I. (2010), Clinical and genetic aspects of Angelman syndrome, *Genet. Med.*, 12, 385–395.

Wu, Y., Bolduc, F.V., Bell, K., Tully, T., Fang, Y., Sehgal, A. eta Fischer, J.A. (2008), A Drosophila model for Angelman syndrome, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 105, 12399–12404.

Zhang, J., Gonzalez, E., Hestilow, T., Haskins, W. eta Huang, Y. (2009), Review of peak detection algorithms in liquid-chromatography-mass spectrometry. *Curr. Genomics*, 10, 388–401.

## 7. Eskerrak eta aipamenak

Lan honen zenbait emaitzak *Molecular and Cell Proteomic MCP* (Franco *et al*., 2011) eta *Cellular and Molecular Life Science* aldizkarietan argitaratu egin ziren (Lee *et al*., 2013). J.D. Shuterland, C. Lindon eta D. Gubb emandako laguntza eskertu nahiko genuke. Larry Reiteri eskerrak ematen dizkiogu J. Ramirez bere laborategian egoteko aukera emateagatik, eta aldi berean *American Society for Biochemistry and Molecular Biology* (ASBMB) estantzia hori egiteko diru-laguntza emateagatik. Euskerara itzultzeko laguntza emateagatik Itxaso Monederori eskerrak eman nahi dizkiogu baita ere. Beste aldetik, Janice Fischer, *Bloomington Stock Center* eta *The Development Studies Hybridoma Bank-DSHB* (*University of* Iowa) eskertu nahiko genuke erabili ditugun euliak eta antigorputzengatik. Lan hau CIC bioGUNE Doktorautza egiteko bekarekin eta Eusko Jaularitzaren Ikerkuntzarako (PI2011-24) eta *March of Dimes Basil O' Connor Starter Scholar Research Award* (5-FY12-16) diru-laguntzari esker egin da.

# Kontrol optimo problema bat Lotka-Volterra ereduarekin: turnpike propietatea eta zenbait ebazpen numeriko

**Aitziber Ibañez**

BCAM-Basque Center for Applied Mathematics. Mazarredo Zumarkalea 14, 48009, Bilbao

**Laburpena**

Turnpike Teoriaren arabera, kontrol optimizazio problema bat denbora-tarte luze batean ebaztean, hipotesi batzuk betez gero, bai estatu optimoa eta bai kontrol optimoa ibilbide konkretu batetik gertu mantenduko dira denbora gehienean zehar. Lan honetan, turnpike fenomenoa populazio dinamika problema batean aztertzen dugu, Lotka-Volterra ereduan hain zuzen. Ondoren, turnpike hura jaurtiera bakarreko metodo klasikoa hobetzeko nola erabili ahal den erakusten dugu, (Trelat eta Zuazua, 2015)-n proposatzen den ideia jarraituz.

**Hitz gakoak:** Lotka-Volterra eredua, turnpike, kontrol optimizazioa

**Abstract**

*The Turnpike Theory establishes that, when an optimal control problem is defined in a large time interval, and under certain conditions, its optimal solution remains exponentially close to a concrete path for most of the time. Here, we analyse the turnpike phenomenon for a control problem in population dynamics, modelled by the Loka-Volterra system. Based on that, we also show how the turnpike property can be used to improve the classical single shooting method, following the idea proposed in (Trelat eta Zuazua, 2015).*

**Keywords:** Lotka-Volterra model, optimal control, turnpike

## 1 Sarrera eta motibazioa

Lan hau Kontrol Optimoaren Teoriaren testuinguruan kokatzen da. Kontrol Teoriak sistema dinamikoen portaera aztertzen duen arloa da, tresna eta kontzeptu matematiko ezberdinak erabiliz (ikusi adibidez (Fernández-Cara eta Zuazua, 2003) arlo honen teoria eta aplikagarritasun ezberdinen laburpen gisa). Orokorrean, kontrol optimizazio problemek hurrengo itxura daukate:

$$A(y) = f(u) \tag{1}$$

$$min_{u \in U_{ad}} K(u) \tag{2}$$

bertan $y$ estatu-bektorea da, eta $u$, $U_{ad}$ kontrol onargarrien multzoaren barne dagoen kontrola. Bestalde, $A : D(A) \subset Y \longrightarrow Y$ eta $f : U_{ad} \longrightarrow Y$, $y$ estatu-bektoreak bete beharreko ekuazioak eta kontrolak sistemaren gain duen eragina adierazten duten bi funtzio dira, hurrenez hurren. (2) funtzioak, berriz, kontrola aplikatzeak dakarren kostea adierazten du.

Optimizazio Kontrol Teoriak, ezarritako helburu jakin batera ailegatzeko aukeratu beharreko kontrola kalkulatzeko tresnak ematen dizkigu, kostea, hau da, (2) funtzioa, ahal bezain baxuen izanik.

Problema hauek denbora tarte luzeetan ebazten direnean, maiz *turnpike* deritzon fenomenoa azaltzen da. Problema baten ebazketa denbora tarte luze batean bide jakin batera jotzen duenean, "turnpike"-a duela esaten dugu. Ibilbide hura (1) eta (2) problemari lotutako problema estatikoaren (hotz, denborarekiko menpekotasun barik) soluzio optimoa da eta oreka estatu horri turnpike deritzo.

Turnpike propietatea $[T_1, T_2]$ denbora tarteetan zehar aztertzen da, $T_1 < T_2$ zenbaki erreal positiboak izanik (denbora tartea $[0, \infty)$ motakoa izatea ere posiblea da). Optimizazio problema baten ebazketa denbora tartearen, koste irizpidearen (hau da, (2) funtzioaren) eta hasiera eta bukaera baldintzen menpekoa da. Turnpike Teoriak problema hauen ebazpidearen egitura aztertzen du koste irizpidea finkatu eta beste baldintzak aldatzen direnean. Turnpike propietatea izateak, ebazpen optimoa oinarrian kostefuntzioarengatik determinatuta dagoela adierazten du, $[T_1, T_2]$ denbora tartearen muturretan izan ezik. Hau da, $t$ denbora unea muturretik gertu ez badago, emaitzaren balioa problemaren turnpike-ibilbidetik gertu egongo da.

Propietate honen abantaila, denbora-tarte luzeetan zehaztutako kontrol-problemen ebazpen optimoaren gaineko ezagutza ematen digula da, analitikoki ebaztu behar izan gabe. Gaur egun guztiz naturala da Biologia, Fisika zein Giza-Zientzietan azaltzen diren zenbait fenomeno denbora tarte luzeetan zehar ikertzea. Behar horrek turnpike propietatea aztertzera garamatza, eta horren bidez jakin dezakegu, kontrol-sistemak hipotesi jakin batzuk bete ez gero, bai estatu optimoa bai kontrol optimoa denbora gehienean zehar ibilbide jakin batetik esponentzialki gertu egongo direla.

Lan honetan, lehenik eta behin biologia arloko eredu bat adibidetzat erabiliz, Lotka-Volterra eredua hain zuzen, fenomeno hura erakusten da. Bigarrenik, propietate hau kontrol-problema ebazteko ere erabili daitekela adierazten da, jaurtiera bakarreko metodo klasikoa hobetuz, (Trelat eta Zuazua, 2015) artikuluan adierazten den moduan.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

John vonNeumann eta Paul Samuelson (azken hau Ekonomia arloko Nobel Sariaren irabazle 1970. urtean) izan ziren fenomeno hau aztertzen lehenak. "Turnpike" Estatu Batuetako zenbait autobideren izena da, eta bere jatorria fenomeno hau izendatzeko, Samuelsonek horren gain egindako interpretazioan dago (ikusi (Samuelson *et al.*, 1958)): demagun Durangotik Parisera kotxez bidaiatu nahi dugula, modu hoberena Durangotik atera eta ahal bezain laster autobidean sartzea izango litzateke, eta bertatik Parisetik gertu gaudenean ateratzea. Hau da, Durango eta Parisen ingurunetan izan ezik, autobidean (problema honen "turnpike"-a, alegia) egongo gara seguruenik. Ekonometria arloan estatu-egonkor hauei VonNeumann puntuak deritzaie.

(Samuelson *et al.*, 1958)-en egindako lanaren ondoren, VonNeumann ereduarentzako lehenengo frogak (McKenzie, 1963), (Morishima, 1961) eta (Radner, 1961)-ek eman zituzten. Bestalde, fenomeno honen inguruko zenbait emaitza teoriko (Zaslavski, 2006) eta (Carlson *et al.*, 1991)-n aurki daitezke. (Wilde eta Kokotovic, 1972) eta (Anderson eta Kokotovic, 1987)-en Kalmanen baldintza betetzen duten problema lineal kuadratikoentzako turnpike propietatea frogatzen da, Hamilton-Jacobi ekuazioetan oinarrituz. Bestalde, problema hauen emaitz optimoaren turnpike-arekiko konbergentzia aztertzen da (Porretta eta Zuazua, 2013) -en.

Lan hau (Trelat eta Zuazua, 2015) artikuluan ematen diren emaitzetan oinarritzen da, bertan Pontryaginen Maximoaren Printzipioan oinarrituz, problema ez-linealentzat turnpike teorema orokor bat frogatzen da.

Ondoren, emaitza hura laburbilduko dugu. Demagun hurrengo kontrol optimizazio problema daukagula:

$$\dot{x} = f(x(t), u(t)) \tag{3}$$

non $f : \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^m \longrightarrow \mathbb{R}^n$ $C^2$ motako funtzioa den, eta $u(t) \in L^\infty([0, T]; \mathbb{R}^m)$. Izan bedi $f^0 : \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^m \longrightarrow \mathbb{R}$ $C^2$ funtzio bat, $T > 0$ izanik. Bestalde, hurrengo koste-funtzioa definitzen dugu:

$$C_T(u) = \int_0^T f^0(x(t), u(t))dt \tag{4}$$

Horrez gain, $R : \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n \longrightarrow \mathbb{R}^k$, hasiera eta bukaera baldintzak adierazten dituen $C^2$ funtzioa daukagu.

$$R(x(0), x(T)) = 0 \tag{5}$$

Laburbilduz, (Trelat eta Zuazua, 2015)-n, zenbait hipotesi gain hartuz gero eta $T$ handia izanda, (4) koste funtziodun (3) problemaren emaitza $(\bar{x}, \bar{p}, \bar{u})$ bidetik esponentzialki gertu mantentzen dela frogatzen da, $[0, \tau]$ hasiera eta $[T-\tau, T]$ bukaera denbora-tarteetan izan ezik. Ibilbide hura problemaren turnpike-a dela deritzogu eta hasierako problemari lotuta dagoen hurrengo problema estatikoaren eta dagokion Lagrangiar multiplikatzaileen erregelaren emaitza da:

$$min_{f(x,u)=0} f^0(x,u) \tag{6}$$

Lagrangiar multiplikatzaileen erregelaren arabera, $(\bar{p}, \bar{p}^0) \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R} - \{(0,0)\}$ bektorea existitzen da, non $\bar{p}^0 \leq 0$ (normalean $\bar{p}^0 = -1$ hartzen da, orkortasun galera barik) eta zeinek hurrengo baldintzak betetzen dituen:

$$\begin{aligned} f(x,u) &= 0 \\ \bar{p}^0 \frac{\partial f}{\partial x}(\bar{x}, \bar{p}, \bar{u}) + \langle \bar{p} \frac{\partial f}{\partial x}(\bar{x}, \bar{p}, \bar{u}) \rangle &= 0 \\ \bar{p}^0 \frac{\partial f}{\partial u}(\bar{x}, \bar{p}, \bar{u}) + \langle \bar{p} \frac{\partial f}{\partial u}(\bar{x}, \bar{p}, \bar{u}) \rangle &= 0 \end{aligned} \tag{7}$$

Izan bedi sistemaren Hamiltoniarraren matrize hessiarra:

$$Hess_{(\bar{x}, \bar{p}, -1, \bar{u})} H = \begin{pmatrix} H_{xx} & H_{xp} & H_{xu} \\ H_{px} & 0 & H_{pu} \\ H_{ux} & H_{up} & H_{uu} \end{pmatrix}$$

(Trelat eta Zuazua, 2015)-n probatzen den teorema hurengoa da:

**Teorema: 1** *Demagun $H_{uu}$ matrizea simetrikoa eta negatiboki definitua dela, $W = -H_{xx} + H_{xu} H_{uu}^{-1} H_{ux}$ matrizea positiboki definitua dela, eta hurrengo matrize bikoteak $A = H_{px} - H_{pu} H_{uu}^{-1} H_{ux}$ and $B = H_{pu}$ Kalman baldintza betetzen duela:*

$$rank(B, AB, ..., A^{n-1} B) = n$$

*Demagun ere $(\bar{x}, \bar{x})$ puntua ez dela $R$ funtzioaren puntu singular bat, eta $R$-ren hesiarraren norma $(\bar{x}, \bar{x})$ puntuan behar bezain txikia dela. Horrez gain, $\epsilon > 0$, $C_1 > 0$, $C_2 > 0$, $T_0 > 0$ konstanteak existitzen badira, zeinek hurrengoa betetzen duten:*

$$\bar{D} = ||R(\bar{x}, \bar{x})|| + ||(-\bar{p}, \bar{p})^t - \sum_{i=1}^{k} \gamma_i \nabla R^i(\bar{x}, \bar{x})|| \leq \epsilon$$

*orduan, $\forall T > T_0$, (4) koste funtzioa duen (3) problemak hurrengo desberdintasuna betetzen duen emaitza optimo bat dauka gutxienez:*

$$||x(t) - \bar{x}|| + ||p(t) - \bar{p}|| + ||u(t) - \bar{u}|| \leq C_1 (e^{-C_2 t} + e^{-C_2 (T-t)}) \tag{8}$$

Teoremaren (8) desberdintasuna aztertuz gero, $t \approx T/2$ denean, eskuineko atala oso txikia dela ikus daieteke.

**Oharra:** $(\bar{x}, \bar{p}, \bar{u})$ oreka puntuarekiko ebazpen optimoaren gertutasuna $C_1$ eta $C_2$ konstanteen menpekoa da. $C_1$ menpekotasun lineala du $\bar{D}$ eta $e^{-C_2 T}$-rekiko. Bestalde, $C_2$-ri dagokionez:

$$C_2 = -max\{\Re(\mu) | \mu \in Spec(A - B H_{uu}^{-1} B^t E_-)\}$$

non $E_-$ hurrengo Riccati-ekuazioaren ebazpen matrizial simetriko negatibo txikiena da:

$$XA + A^t X - X B H_{uu}^{-1} B^t X - W = 0$$

# 3 Turnpike-a Lotka-Votlerra ereduan eta optimizazio problemaren ebazpen numerikoa turnpike-a erabiliz

## 3.1 Lotka-Volterra ereduan oinarritutako kontrol optimizazio problema bat

Lotka-Volterraren ereduak, bi espeziez (horietako bat harrapakin eta bestea harraparia izanik) osatutako ekosistema baten denborarekiko garapena adierazten du, bi ekuazio diferentzial ez-linealez osaturik dagoelarik:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_1(\alpha - \beta x_2) \\ \frac{dx_2}{dt} &= -x_2(\gamma - \delta x_1) \end{aligned} \tag{9}$$

non $x_1$ espezie harrapakariaren poblazio dentsitatea irudikatzen duen aldagaia den, $x_2$ harrapariarena, eta $\alpha, \beta, \gamma$ eta $\delta$ espezien arteko erlazioa adierazten duten parametro positibo errealak diren. Eredu honi buruz literatura asko aurki daiteke, ikusi (Brauer eta Castillo-Chavez, 2011) adibidez.

Gure hurrengo galdera, bi espezieen populazioan nola eragin dezakegun da. Adibide honetan, arrantza kontrol moduan ikusi daiteke. Horretarako, ekuazio bakoitzean $u(t)$ kontrol aldagaia gehitu behar dugu:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1(t)}{dt} &= x_1(t)(\alpha - \beta x_2(t)) - x_1(t)k_1u(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} &= -x_2(t)(\gamma - \delta x_1(t)) - x_2(t)k_2u(t) \\ 0 \leq u(t) &\leq 1 \end{aligned} \tag{10}$$

non $k_1, k_2$ konstanteak, goreneko arrantza-maila adierazten duten (hay da, $k_1 = 1$ bada, denbora une batean harrapakari guztiak arrantza dezakegula esan nahiko luke).

Lan honetan hurrengo kontrol problema aztertuko dugu:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1(t)}{dt} &= x_1(t) - x_1(t)x_2(t) - 0.4x_1(t)u(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} &= -x_2(t) + x_1(t)x_2(t) - 0.2x_2(t)u(t) \\ (x_1(0), x_2(0)) &= (0.5; 0.7); \\ 0 \leq u(t) &\leq 1, \\ T &= 60; \end{aligned} \tag{11}$$

hurrengo koste funtzioarekin batera:

$$\min_{u(t)\in L^2([0,T])} \frac{1}{2} \int_0^T ((x_1(t) - 1)^2 + x_2(t)^2 + u(t)^2)dt \tag{12}$$

(Trelat eta Zuazua, 2015) lanean garatutako teoria problema honi aplikatu ahal izateko, lehendabizi Pontryaginen Maximoaren Printzipioa aplikatu behar diogu (12) koste-funtzioa duen (11) kontrol problemari. Printzipio honek problema baten ebazpen optimoak bete beharreko zenbait baldintza ematen dizkigu (Printzipio honi buruzko teoria (Trélat, 2005) liburuan aurkitu daiteke). Muga-baldintzak adierazten dituen R funtzioa hurrengoa da:

$$R(x(0), x(T)) = (x_1(0) - 0.5, x_2(0) - 0.7) \tag{13}$$

Ondoren, kontrol sistemaren Hamiltoniarra kalkulatu behar dugu:

$$H = p_1(x_1 - x_1x_2 - 0.4x_1u) + p_2(-x_2 + x_1x_2 - 0.2x_2u) - \frac{1}{2}((x_1 - 1)^2 + x_2^2 + u^2) \tag{14}$$

Pontryaginen Maximoaren Printzipioa erabiltzetik, hurrengo bektore adjuntoa lortzen da:

$$\begin{aligned} \dot{p_1} &= (-1 + 0.4u)p_1 + x_2(p_1 - p_2) + (x_1 - 1) \\ \dot{p_2} &= (1 + 0.2u)p_2 + x_1(p_1 - p_2) + x_2 \end{aligned} \tag{15}$$

bestalde, Hamiltoniarraren maximizazio baldintzatik:

$$u = \begin{cases} 0 & baldin\ eta \quad -0.4x_1p_1 - 0.2p_2x_2 < 0 \\ -0.4x_1p_1 - 0.2p_2x_2 & baldin\ eta \quad 0 \leq -0.4x_1p_1 - 0.2p_2x_2 \leq 1 \\ 1 & baldin\ eta \quad -0.4x_1p_1 - 0.2p_2x_2 > 1 \end{cases} \tag{16}$$

eta azkenik, zeharreko baldintzen arabera : $(p_1(T), p_2(T)) = (0, 0)$. Pontryaginen Maximoaren Printzipioaren ondorioz lortutako baldintza eta ekuazio hauek kontrol optimoa bete beharreko baldintzak ematen dizkigu.

Erraza da problema honek Teorema1-eko hipotesiak betetzen dituela kudeatzea. Bere turnpike-a kalkulatzeko, (11) eta (12) ekuazioetan denborarekiko menpekotasuna deuseztatzen lorturiko hurrengo problema-estatikoa ebatzi behar da:

$$\min((x_1 - 1)^2 + x_2^2 + u^2) \tag{17}$$

hurrengo mugei lotuta:

$$\begin{aligned} &0 \leq u \leq 1 \\ &x_1(1 - x_2 - 0.4u) = 0 \\ &x_2(-1 + x_1 - 0.2u) = 0 \end{aligned} \tag{18}$$

Bere soluzioa $(\bar{x_1}, \bar{x_2}, \bar{u}) = (\frac{16}{15}, \frac{13}{15}, \frac{1}{3})$ da. Ondoren, $(\bar{p_1}, \bar{p_2})$ baloreak (7) ekuaziotik ondorioztatu ditzakegu, problemaren turnpike-a lortuz:

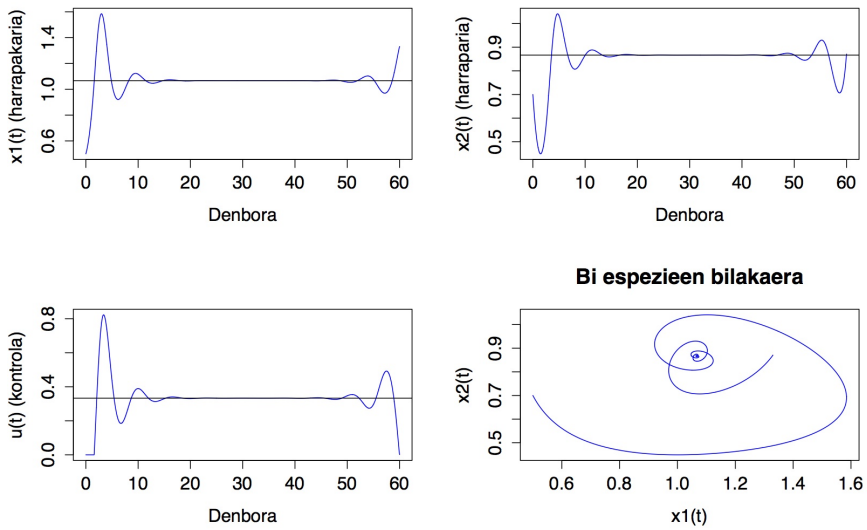
$$(\bar{x_1}, \bar{x_2}, \bar{p_1}, \bar{p_2}, \bar{u}) = (\frac{16}{15}, \frac{13}{15}, -0.8125, 0.07692308, \frac{1}{3}) \tag{19}$$

Aurreko atalean laburbildutakoaren arabera, espero duguna (12) koste funtziodun (11) kontrol problemaren emaitza optimoa denbora gehienean (19) ibilbidetik oso gertu mantentzea da. Fenomeno hau irudikatzeko, soluzio optimoa kalkulatu dugu IPOPT((Wächter eta Biegler, 2006)) rutina erabiliz (rutina honek ebazpen metodo zuzen bat erabiltzen du, eta problemaren diskretizaziorako, Euler metodoa erabili da, 100000 denbora-iteraziokin). 1 Irudian turnpike fenomenoa argi ikus daiteke: $[\tau, T - \tau]$ denbora tarte batean, emaitza optimoa turnpike-aren inguruan exponentzialki gertu oszilatzen du.

### 3.2 Turnpike propietatea nola erabili, jaurtiera bakarreko metodo klasikoa hobetzeko

Orokorrean, kontrol-optimizazio problemak ebazteko metodoak bi multzotan sailkatzen dira: zuzenak (lehenengo problema diskretizatu eta gero optimizazio problema ebazten da) eta ez-zuzenak (lehenengo ebatzi eta gero diskretizatu egiten dute).

Metodo ez-zuzenen artean, jaurtiera bakarreko metodoa da klasikoena eta Pontryaginen Maximoaren Printzipioan onarritzen da. Hura aplikatu ostean, hurrengo sistema lortuko dugu, non kontrola estatu-bektorea eta bektore-adjuntuaren arabera adierazten den:




1 Irudia: Urdinez: (12) koste funtziodun (11) problemaren emaizta. Beltzez: Problemaren turnpike-a

$$\dot{z}(t) = F(z(t)) \tag{20}$$

bertan $z = (x, p)$. Printzipio horren zeharreko baldintzetatik eta problemaren hasierako baldintzetatik, (20) problemaren muga baldintzak ondorioztatzen dira:

$$G(z(0), z(T)) = 0 \tag{21}$$

Jaurtiera bakarreko metodoa, $z(0)$ doitzean datza (21) baldintzak bete ditzan, horreterako Newton metodoa erabiliz (metodo honi buruzko azalpena (Bulirsch eta Stoer, 2002) liburuan aurki daiteke).

Metodo hau, eta metodo ez-zuzen guztiak orokorrean, nahiko zehatza izan arren, eragospen bat dauka: oso zaila da $z(0)$-rentzat hasiera puntu on bat aurkitzea Newton metodoa konbergitu dezan (ikusi (Trélat, 2005) liburuko 9. kapituluan eragospen honi buruzko azalpenak).

Nola erabili dezakegu kalkulatutako turnpike ibilbidea metodo honen eragozpen hori saihesteko? Badakigu $[\epsilon, T-\epsilon]$ denbora tarte batean bai estatu bektorea eta bai kontrola turnpike-tik oso gertu dagoela, baina hori ez da zertan bete behar hasiera puntuan, beraz ezin dugu ibilbide hura zuzenean hasiera puntutzat hartu. (Trelat eta Zuazua, 2015) artikuluan proposatzen den ideia, Newton metodoa tarteko puntu batetan hastea, $z(T/2)$ puntuan adibidez, eta puntu hori doitzen joatea da, (21) baldintzak bete ditzan.

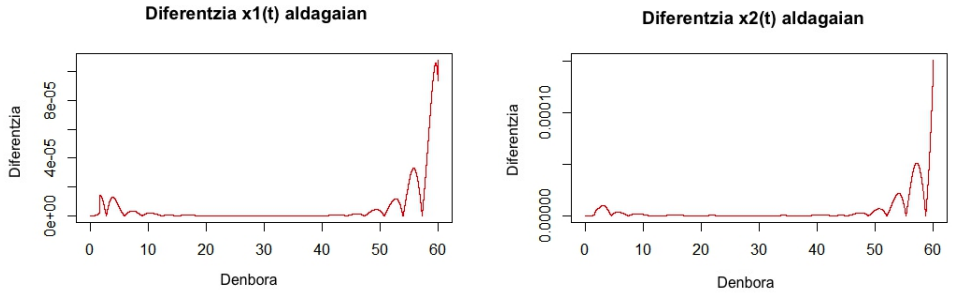
### 3.3 Jaurtiera bakarreko metodoaren "Turnpike aldaera", Lotka-Volterra optimizazio problema ebazteko

Gure kasuan, Pontryagin Maximoaren Printzipioa aplikatu eta gero, hurrengo sistema eta muga baldintzak lortzen ditugu:

$$\begin{aligned}
\dot{x_1} &= x_1 - x_1x_2 - 0.4x_1u \\
\dot{x_2} &= -x_2 + x_1x_2 - 0.2x_2u \\
\dot{p_1} &= (-1 + 0.4u)p_1 + x_2(p_1 - p_2) + (x_1 - 1) \\
\dot{p_2} &= (1 + 0.2u)p_2 + x_1(p_1 - p_2) + x_2
\end{aligned} \tag{22}$$

$$G((x(T/2), y(T/2), p_1(T/2), p_2(T/2)) = (x(0) - 0.5, x_2(0) - 0.7, p_1(T), p_2(T))$$

Aurreko atalean azaldutako ideia erabiliz, R software librean problema hau ebazteko algoritmoa implementatu dugu. Tarteko ekuazio diferentzialak ebazteko, 4. mailako Runge-Kutta metodoa erabili da. Ondoren, emaitza berri honen doitasuna jakiteko, IPOPT-ak ematen digun emaitzarekin konparatu dugu. Horretarako algoritmo biak 60000 iterazio eta $10^{-9}$ tolerantziarekin exekutatu ditugu. 2 Irudian bi emaitzen arteko diferentzia ikus daiteke, $x_1$ eta $x_2$ konponentetan. Ikus daitekenez, azken metodoarekin lortutako emaitzak ez dira txarrak.




2 Irudia: Diferentzia $x_1(t)$ aldagaian (ezkerrean) eta $x_2(t)$ aldagaian (eskuinean)

## 4 Ondorioak

Denbora tarte luzeetan definitutako problemak ebazteko oso metodo numeriko zehatzak erabili behar dira, akats txiki batek desbiazio handia sor baitzake. Kasu hauetan, turnpike kontzeptua oso erabilgarria da, denbora tarte luzeko problemen ebazpen analitiko zein numerikoan zenbait sinplifikazio egitea ahalbideratzen bait du.

Lan honetan, Trelat eta Zuazua (2015) artikuluan jaurtiera metodo klasikoa hobetzeko proposatzen den ideia egingarria dela erakusten dugu, 2 Irudian ikus daitekeen moduan. Aplikazio hori oso erabilgarria suerta daiteke, metodo hauen inzializazio eragozpenarentzat irtenbide bat delako.

Bestalde, turnpike-aren aplikazioak badu bere desabantailak ere: kontrol optimizazio problema batek ez du zertan turnpike propietatea izan behar, eta izanda ere, problema denbora tarte txikian ebatzi nahi bada, turnpike-a alferrikakoa da. Horrez gain, jaurtiera metodo klasikoa eta beste metodo ez-zuzenak orokorrean, badute turnpike-aren bariante hau saihesten ez dituen beste oztopo batzuk, hala nola, estatu-bektorearen gain baldintzak ezartzea oso zaila da.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honetan Lotka-Volterra ereduarentzat egindakoa erraz zabaldu daiteke kontrol optimizazio problema orokorrentzat. Gainera, jaurtiera bakarreko metodo klasikoaren gain egindako aldaera beste metodo ez-zuzenetan aplika daiteke (jaurteira anitzeko metodoan, adibidez).

Bestalde, gaur egun fenomeno asko ekuazio diferentzial partzialen bidez azaltzen dira. Asko dago egiteke arlo honetan, turnpike fenomenoari dagokionez.

Azkenik, emaitza teoriko hauek aplikagarritasun ugari izan ditzakete. Badira Euskadin biologia arloan populazio dinamika eredu ezberdinenkin lan egiten duten zenbait talde: arrain populazioak ikertzen dituzten AZTI-ko zenbait talde, adibidez, edo minbizi zelulen eredu matematikoekin lan egiten duten Bioguneko zenbait talde (ikusi (Getto *et al.*, 2013) lan hoien adibide gisa). Guztiz naturala suertatuko litzateke eredu hoietan kontrol optimizazio teoria aplikatzea, eta turnpike-aren inguruko emaitzak aplikatu behar izatea problemak denbora tarte luzeetan aztertu nahi ez gero.

## Erreferentziak

Anderson, Brian, eta Petar V Kokotovic. 1987. Optimal control problems over large time intervals. *Automatica* 23.355–363.

Brauer, Fred, eta Carlos Castillo-Chavez. 2011. *Mathematical models in population biology and epidemiology*. Springer.

Bulirsch, Roland, eta Josef Stoer. 2002. *Introduction to numerical analysis*. Springer Heidelberg.

Carlson, Dean A, Alain Haurie, eta Arie Leizarowitz. 1991. *Infinite horizon optimal control: deterministic and stochastic systems*. Springer-verlag.

Fernández-Cara, Enrique, eta Enrique Zuazua. 2003. Control theory: History, mathematical achievements and perspectives. *Notes, Universidad de Sevilla and Universidad Autónoma Madrid, Spain* .

Getto, Philipp, Anna Marciniak-Czochra, Yukihiko Nakata, eta others. 2013. Global dynamics of two-compartment models for cell production systems with regulatory mechanisms. *Mathematical biosciences* 245.258–268.

McKenzie, Lionel W. 1963. The turnpike theorem of morishima (1). *Metroeconomica* 15.146–154.

Morishima, Michio. 1961. Proof of a turnpike theorem: The"no joint production"case. *The Review of Economic Studies* 89–97.

Porretta, Alessio, eta Enrique Zuazua. 2013. Long time versus steady state optimal control. *SIAM Journal on Control and Optimization* 51.4242–4273.

Radner, Roy. 1961. Paths of economic growth that are optimal with regard only to final states: A turnpike theorem. *The Review of Economic Studies* 98–104.

Samuelson, Paul Anthony, Robert Dorfman, eta Robert M Solow, 1958. Linear programming and economic analysis.

Trélat, Emmanuel. 2005. *Contrôle optimal: théorie & applications*. Vuibert Paris.

Trelat, Emmanuel, eta Enrique Zuazua. 2015. The turnpike property in finite-dimensional nonlinear optimal control. *Journal of Differential Equations* 258.81–114.

Wächter, Andreas, eta Lorenz T Biegler. 2006. On the implementation of an interior-point filter line-search algorithm for large-scale nonlinear programming. *Mathematical programming* 106.25–57.

Wilde, R, eta PV Kokotovic. 1972. A dichotomy in linear control theory. *Automatic Control, IEEE Transactions on* 17.382–383.

Zaslavski, Alexander. 2006. *Turnpike properties in the calculus of variations and optimal control*, volume 80. Springer.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Lehenik eta behin, Enrique Zuazua nire tesi zuzendariari eskerrak eman nahi nizkioke bere laguntza eta gomendioengatik. Emmanuel Trélat, Ander Murua, Alejandro Pozo, Aurora Marica, Jérôme Lohéac, Navid Allahverdi eta Felipe Chaves-Silvari ere eskerrak eman nahi nizkieke, lan honen garapenean eman zidaten laguntzagatik

Lan hau hurrengo proiektuengatik izan da finantziatua: Advanced Grants NUMERIWAVES/FP7-246775 of the European Research Council Executive Agency, Eusko Jaurlaritzako FA9550-14-1-0214, PI2010-04 programakoa, MINECO-ko MTM2011-29306-C02-00, Eusko Jaurlaritzako BERC 2014-2017 programa eta MINECO-k BCAM ikerketa zentruari emandako Severo Ochoa bikaintasun agiriaren bidez, SEV-2013- 0323.

# Positroi-Deuseztapen Erdibizitzaren Espektroskopia Bidezko Ezaugarritze Mikroestrukturala Memoria Formadun Aleazio eta Isolatzaile Topologikoetan

**I. Unzueta**[1,2] eta **E. Axpe**[1] eta **D. Merida**[1] eta **E. Legarra**[1,2] eta **N. Zabala**[1]

**V. Sanchez-Alarcos**[3] eta **I. Perez-Landazabal**[3] eta **V. Recarte**[3]

**V. Muñoz-Sanjose**[4] eta **J. A. Garcia**[2,5] eta **F. Plazaola**[1,2]

[1] Elektrizitate eta Elektronika Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, 48080 Bilbo
[2] BCMaterials, 500 Eraikina, 1 Solairua, Bizkaiko Zientzia eta Teknologia Parkea, 48160 Derio
[3] Fisika Saila, Arrosadiako Campusa, Nafarroako Unibertsitatea UPNA, 31006 Iruñea
[4] Fisika Saila, Valentziako Unibertsitatea, 46100 Burjassot
[5] Fisika Aplikatua II Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, 48080 Bilbo

**Laburpena**

Positroi-deuseztapen erdibizitzaren espektroskopia (PALS) erabiliz, memoria formadun aleazio eta $Bi_2Se_3$ isolatzaile topologikoa ezaugarritu da. Aleazioen kasurako, hutsuneen dentsitatea, transformazio martensitikoaren tenperatura zein propietate magnetikoak erlazionaturik daude. Hutsune hauen kontzentrazioak PALS teknikaren bidez neurtzen dira. $Bi_2Se_3$ isolatzaile topologikoei dagokionez, egitura kristalinoan ager daitezkeen defektuek zein beren izaerak haien egitura elektronikoa eralda dezakete. Gure lehenengo emaitzen arabera, as-grown laginen akats natiboak honako hauek dira: dira: i) Van de Walls indarren bitartez elkarturiko geruzetan kokatzen diren selenio hutsuneak, eta ii) kargaturiko tranpa ionikoak, segur aski antikokapen erako akatsak direnak.

**Hitz gakoak:** Memoria Formadun Aleazioak, NiMnGa, Isolatzaile Topologikoak, $Bi_2Se_3$, Mössbauer, PALS

**Abstract**

*We study the microstructure of shape memory alloys and topological insulators by means of positron annihilation lifetime spectroscopy. In shape memory alloys the vacancy concentration, martensitic transformation temperature and magnetism are correlated. Samples are measured by PALS, which is the most suitable technique for the knowledge of vacancy concentration. On the other hand, defects on the crystal structure can influence significantly the topological properties of this materials. Our results indicate that the native defects in the as-grown samples of $Bi_2Se_3$ are: i) selenium vacancies between the layers bounded by the Van der Wall forces, and ii) charged shallow traps, probably antisites.*

**Keywords:** Shape Memory Alloys, NiMnGa, Topological Insulators, $Bi_2Se_3$, Mössbauer, PALS.

## 1 Sarrera eta motibazioa

Teknika nuklearren bitartez, eskala atomikoko informazioa lor daiteke, materialak maila oso lokalizatu batean karakterizatu daitezkeelarik. Ezaugarritze hori, zehazki, atomo indibidualen mailararte egin daiteke, bai eta atomoen inguru hurbilean. Horrela, teknika nuklearrek, materialen propietate makros-

kopikoak maila atomikoko ezaugarriekin erlazionatzea ahalbideratzen dute. Puntu honek bilakatzen du interesgarri teknika nuklearra, jakina baita propietate fisiko eta kimikoek izaera atomikoan dutela oinarria.

Teknika nuklearrek familia handia osatzen duten arren, talde honetan nagusiki positroi-deuseztapen erdibizitzaren espektroskopia (PALS), eta Mössbauer espektroskopia dira gehienbat erabiltzen direnak. PALS-aren bitartez, solidoen sare kristalinoan ager daitezken akatsak identifika daitezke, hutsuneak, antikokapen erako akatsak eta abar (R. Krause-Rehberg, 1999). Aleazioen kasurako ere akatsen azterketarako tresna egokienetariko bat da PALS (Dupasquier *et al.*, 2004). Mössbauer teknikarekin aldiz, Mössbauer efektuarekiko sentikorrak diren atomoen inguru zuzena ezaugarritzen da, interakzio nuklearren ondoriozko energia mailak bereiztu daitezkeelako. Mössbauer nukleoak dituzten memoria formadun aleazio metamagnetikoen kasurako bi teknika hauek konbinatuz maila atomikoko ezaugarritze orokor bat burutu daiteke. Hala ere, lan honetan PALS teknikan zentratuko da gehienbat, hutsuneen inguruko informazio zuzena lortzen baita honekin.

## 2 Arloko Egoera eta Helburuak

Memoria formadun aleazioei dagokionez, NiMnGa konposatu ternarioak arreta berezia piztu du eremu magnetikoaren aplikazioarekin lortzen diren deformazioak direla eta (Chernenko eta Besseghini, 2008). Hala ere, arlo honetan, egitura kristalinoko akatsek transformazio martensitikoarengan duten eraginaren inguruko oso lan gutxi burutu izan dira, batez ere, hauen detekzio zuzenaren zailtasunagatik.

Talde honetan, memoria formadun aleazioetan egin diren lanetan, hutsuneek transformazio martensitikoan eta ordenamendu-prozesuan duten eragina aztertu izan da (Merida *et al.*, 2012; Sanchez-Alarcos *et al.*, 2011). Azterketak NiMnGa aleazioan burutu dira orain arte, nahiz eta gaur egun, metamagnetikoei deritzen NiMnZ(In,Sn,Sb) laginak ere aztertzen ari diren.

Isolatzaile topologikoei dagokionez, hauek, esperimentalki aurkitu baino lehen, teorikoki aurresan ziren (Fu *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2009). Material hauen propietate elektroniko bitxiak direla eta gainazal egoera eroaleak dituzte, momentu-energia espazioan Dirac-en konoaz ezagutzen den egitura aurkezten dutelarik. Sare kristalinoko akatsek Dirac-en kono horretan zuzenean eragiten dute, propietate elektronikoak eraldatzen dituelarik. Honegatik, egitura elekronikoaren gaineko kontrola, ezinbesteko erronka bilakatu da material hauen garapenerako (Wang *et al.*, 2011). PALS neurketekin akats hauek zuzenean detekta daitezke eta hauen eragina hobeto ulertu.

## 3 Ikerketaren Muina

### Memoria Formadun Aleazioak

Akats estrukturalek, memoria formadun aleazioen propietateetan duten eragina aztertzeko PALS neurketak burutu dira. Lehenik, NiMnGa laginak arku-labe baten sintetizatu dira, purutasun handiko elementuak argonezko atmosferan urtu eta gero. Ondoren, laginak 24h-z 1273K-tara homogeneizatu dira konposizioaren uniformitatea ziurtatzeko. Azterturiko laginen konposizioa 1 Taulan ageri da.

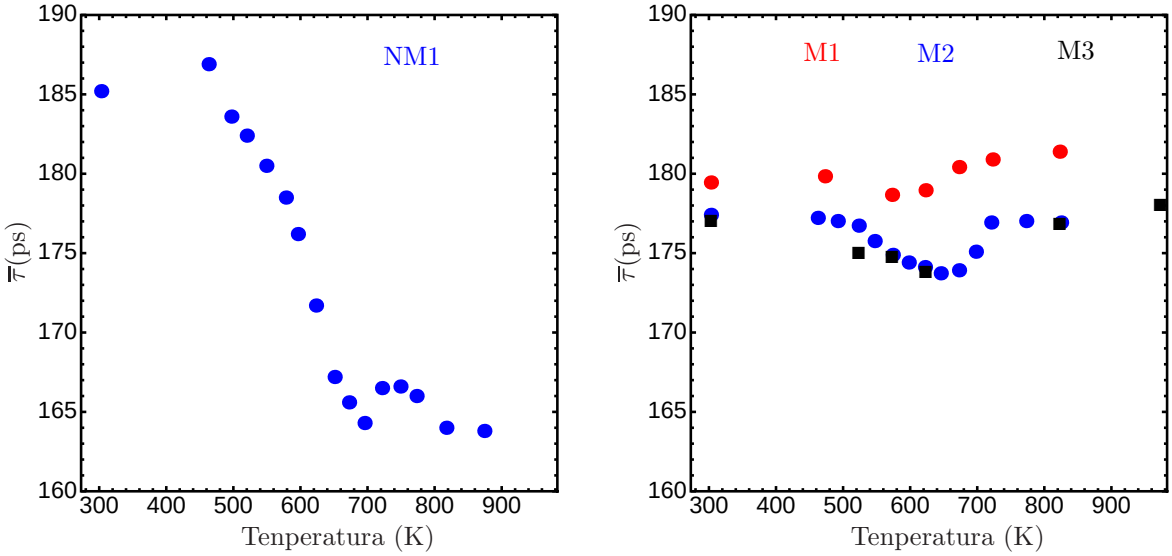
1 Taula: Sintetizaturiko NiMnGa laginen konposizioa. NM adierarekin ez-modulatuak adierazi dira eta M-rekin aldiz modulatuak.

| | M1 | M2 | M3 | MM1 |
|---|---|---|---|---|
| Ni (%) | 49.5 | 50.4 | 53.0 | 52.6 |
| Mn (%) | 28.5 | 25.2 | 21.0 | 26.7 |
| Ga (%) | 22.0 | 21.4 | 26.0 | 20.7 |

Lagin horietatik hiru (M1, M2 eta M3) modulatuak dira eta NM1 aldiz ez modulatua. Aleazio hauetan, hutsuneen kontzentrazioaren eboluzioa ikusteko, laginak 1179K-tik tenplatu eta suberatu egin dira. Suberaketa 30 minutukoa izan da tenperatura bakoitzerako. Positroiaren batazbesteko bizitzaren

neurketak ($\overline{\tau}$), ahalik eta denbora laburrenak neurtzeko eran konfiguratutako PALS espektrometro batean burutu dira, 240ps-ko bereizmen nominala duen espektrometro batekin.

1 Irudia: Ezkerrean NM1 laginean, positroiaren batazbesteko erdibizitza denbora $\overline{\tau}$. Eskuman aldiz, M1, M2 eta M3 laginena.




1 Irudian, suberaketa tenperaturaren funtzio, positroiaren batazbesteko erdibizitzaren aldaketa ikus daiteke lagin modulatu zein ez modulatuetarako. Modulatuetan positroiaren batazbesteko bizi-denboraren aldaketa nahiko txikia da suberaketa tenperatura igo ahala. Lagin modulatuen kasuan aldiz, jeitsiera nabarmena ikus daiteke.

## $Bi_2Se_3$ Isolatzaile Topologikoa

$Bi_2Se_3$ isolatzaile topologikoari dagokionez akats kristalino ezberdinak, PALS neurketaren bidez aztertu dira eta lorturiko bizi-denborak, akats konkretuekin erlazionatzeko, kalkulu teorikoak burutu. Positroiaren $\tau$ bizi-denbora, $\lambda$ deuseztapen ratioaren alderantzizkoa da, eta materialaren $n_-(\mathbf{r})$ dentsitate elektronikoaren eta positroiaren dentsitate elektronikoaren gainezarmenaren bidez kalkula daiteke;

$$\frac{1}{\tau} = \lambda = \pi r_0^2 c \int \mathrm{d}\mathbf{r} |\psi_+(\mathbf{r})|^2 n_-(\mathbf{r}) \gamma[n(\mathbf{r})] \tag{1}$$

non $r_0$ elektroiaren erradio klasikoa den, $c$ argiaren abiadura hutsean eta $\gamma(\mathbf{r})$ positroiak elektroiengan eragiten duen erakarpenak sortutako dentsitate elektronikoaren gehikuntza barneratzen duen terminoa. Bizi-denbora teorikoa kalkulatzeko, solidoaren egitura elektronikoa kalkulatzen da (solido perfektuan eta akatsadunean). Ondoren positroiaren uhin-funtzioarekin batera $\lambda$ deuseztatze-ratioa estimatzen da. Dentsitate elektronikoa kalkulatzeko, supergelaxka metodoa erabili da Puska eta Nieminen-en gainazarmen atomikoaren metodoa erabiliz (Puska eta Nieminen, 1983). Sare kristalinoan, positroiaren presentziak sortzen duen dentsitate elektronikoaren gehikuntza kontuan hartzeko ($\gamma(\mathbf{r})$) Boronski-Nieminem parametrizazioa erabili da (Robles *et al.*, 2007).

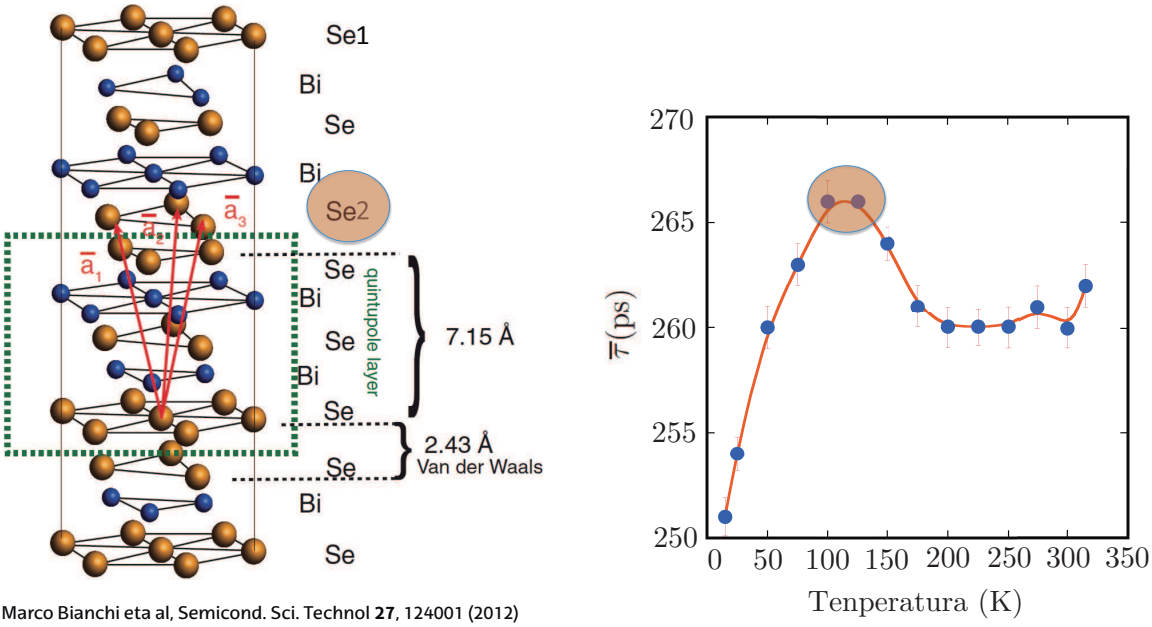
2 Taula: Akats mota bakoitzarekin erlazionatutako bizi-denbora teorikoa $Bi_2Se_3$ kasurako.

| | Akatsik Gabe | Se1 Hutsunea | Se2 Hutsunea | Bi Hutsunea |
|---|---|---|---|---|
| Bizi-denbora $\tau(ps)$ | 226 | 229 | 268 | 250 |

Gelaxka unitatea sortu ostean, selenio zein bismuto atomoen hutsuneak sartu dira. Simulazioa 20x20x20 eta 40x40x40 supergelaxkekin burutu da. Bi kasuetan emaitzak berdinak izan dira, 2 Taulan

ikus daiteken bezela. $Bi_2Se_3$-ren PALS neurketak 15K etik 315K-eko tartean burutu dira, tenperaturan zehar positroiaren batazbesteko erdibizitza denboraren eboluzioa ikusteko. Kasu honetan ere, memoria formadun aleazioak neurtzeko erabili den espektrometro bera erabili da, bereizmen berberarekin. Puntu bakoitzean hiru neurketa ezberdin burutu dira, neurketaren errorea estimatzeko.

2 Irudia: Ezkerrean $Bi_2Se_3$-ren gelaxka unitatea. Eskubian, positroiaren batazbesteko erdibizitza denbora tenperaturaren funtzioan. Se2 erako hutsuneen bizi-denbora ia bat dator espektruaren maximoarekin.




Marco Bianchi eta al, Semicond. Sci. Technol **27**, 124001 (2012)

2. Irudian, positroiaren batazbesteko erdibizitza denboraren eboluzioa ikus daiteke. Tenperatura baxuetatik hasita eta 130K-erarte, bizi-denbora 266ps-raino igotzen dela ikus daiteke. Ondoren, 200K ingururarte bizi-denbora hau jeitsi egiten da, 260ps-ko balio baterarte erlaxatzen delarik tenperatura altuetara. Batazbesteko bizitzaren forma sigmoidal hau, antikokapen eta hutsune erako akatsen presentziaz azaldu daiteke (R. Krause-Rehberg, 1999).

## 4 Ondorioak

NiMnGa aleazio modulatu eta ez-modulatuetan egindako azterketek, hauen arteko hutsune-kontzentrazioaren alde nabarmena erakusten dute. Autore batzuek, modulatu eta ez modulatuen arteko bereizmen bezela, $T_c$-$T_{MT}$ tenperaturen erlazioei egiten diote erreferentzia, eta bide batez tenperatura hauek orden atomikoarekiko menpekoak direla ere argudiatzen dute(Mariager *et al.*, 2014). Burututako ikerketa hauekin, hutsuneen kontzentrazioak tratamendu termikoekiko duen portamoldea ere bereizketarako beste parametro bat bezela erabil daitekeela erakusten da.

Isolatzaile topologikoaren kasuan, positroiaren batazbesteko erdibizitza denboraren eboluzioa antikokapen eta Se2 erako hutsuneen presentziaz azaldu daiteke. Tenperatura baxuetan, antikokapen erako akatsekin erlazionatutako bizi-denboraren gorakada ikusten da. Tenperatura igo ahala, positroien energia termikoa geroz eta handiagoa da eta antikokapen erako akatsen egoera-lotu ahuletatik ihes egiteko nahiko energia hartzen dute, ondoren Se2 hutsuneetan harrapatzen direlarik. Kalkulu teorikoei erreparatuz, Se2 erako hutsuneen bizi-denborak eta batazbesteko bizitzaren kurbaren maximoaren balioa nahiko hurbil daude. Gainera, Van der Waals indarrez loturiko Se2 erako hutsuneen aktibazio termikoa, indar kobalentez loturik daudenena baino askoz ere probableago da, indar lotzailea ahulagoa delako.

## 5 Etorkizuna

NiMnGa laginean egindako lan eta emaitza hauek, NiMnZ(Z=Sn,In,Sb) aleazio metamagnetikoen kasurako ere erabilgarriak izan daitezke, orden atomikoak azken lagin hauen propietate magnetikoetan izan dezakeen eragina PALS teknikaren bitartez ere iker daitekeelako. Estainuzko aleazioen kasuan, Mössbauer espektroskopiak ere informazio gehigarria eman dezake hutsune hauen kokapen eta eboluzioaren inguruan.

Isolatzaile topologikoaren kasuan, gaur egun, suberaketa isotermoak defektu hauen kontzentrazioan nola eragiten duten aztertzen ari da, baita tenplaketa tenperaturaren funtzio, defektuen saturazioa noiz lortzen den estimatzen. Lehenengo emaitzen arabera, 600K-tik tenplatu osteko laginean defektuen kontzentrazioa saturaziora heltzen dela dirudi.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Eskerrak eman nahiko genizkioke BCMaterials-eri bere laguntza ekonomikoagaitik. Bestalde, ikerketa hau espainiako *Ministerio de Economía y Competitividad* saila zein Eusko Jaurlaritzako diru laguntzez ere izan da babestua, MAT2012-37923 and IT-443-10 eta proiektuetatik hurrenez-hurren.

## Erreferentziak

Chen, Y. L., J. G. Analytis, J.-H. Chu, Z. K. Liu, S.-K. Mo, X. L. Qi, H. J. Zhang, D. H. Lu, X. Dai, Z. Fang, S. C. Zhang, I. R. Fisher, Z. Hussain, eta Z.-X. Shen. 2009. Experimental realization of a three-dimensional topological insulator, bi2te3. *Science* 325.178–181.

Chernenko, V.A., eta S. Besseghini. 2008. Ferromagnetic shape memory alloys: Scientific and applied aspects. *Sensors and Actuators A: Physical* 142.542 – 548. The sixth European Magnetic Sensor and Actuator conference The Sixth European Magnetic Sensor and Actuator conference.

Dupasquier, A., G. Kgel, eta A. Somoza. 2004. Studies of light alloys by positron annihilation techniques. *Acta Materialia* 52.4707 – 4726.

Fu, Liang, C. L. Kane, eta E. J. Mele. 2007. Topological insulators in three dimensions. *Phys. Rev. Lett.* 98.106803.

Mariager, S.O., T. Huber, eta G. Ingold. 2014. The incommensurate modulations of stoichiometric ni2mnga. *Acta Materialia* 66.192 – 198.

Merida, David, Jose Angel Garcia, Estibaliz Apianiz, Fernando Plazaola, Vicente Sanchez-Alarcos, Jose Ignacio Prez-Landazbal, eta Vicente Recarte. 2012. Positron annihilation spectroscopy study of ni-mn-ga ferromagnetic shape memory alloys. *Physics Procedia* 35.57 – 62. Positron Studies of Defects 2011.

Puska, M J, eta R M Nieminen. 1983. Defect spectroscopy with positrons: a general calculational method. *Journal of Physics F: Metal Physics* 13.333.

R. Krause-Rehberg, H.S. Leipner. 1999. *Positron Annihilation in Semiconductors. Defect Studies*, volume 27. Springer-Verlag, Berlin.

Robles, J M Campillo, E Ogando, eta F Plazaola. 2007. Positron lifetime calculation for the elements of the periodic table. *Journal of Physics: Condensed Matter* 19.176222.

Sanchez-Alarcos, Vicente, Jose Ignacio Prez-Landazbal, eta Vicente Recarte. 2011. Influence of long-range atomic order on the structural and magnetic properties of ni-mn-ga ferromagnetic shape memory alloys. *Material Science Forum* 684.85–103.

Wang, Guang, Xie-Gang Zhu, Yi-Yang Sun, Yao-Yi Li, Tong Zhang, Jing Wen, Xi Chen, Ke He, Li-Li Wang, Xu-Cun Ma, Jin-Feng Jia, Shengbai B. Zhang, eta Qi-Kun Xue. 2011. Topological insulator thin films of bi2te3 with controlled electronic structure. *Advanced Materials* 23.2929–2932.

Zhang, Haijun, Chao-Xing Liu, Xiao-Liang Qi, Xi Dai, Zhong Fang, eta Shou-Cheng Zhang. 2009. Topological insulators in bi2se3, bi2te3 and sb2te3 with a single dirac cone on the surface. *Nat Phys* 438–442.

# Ordena partzialak eta talde simetrikoa

**Estevan A.**

Nafarroako Unibertsitate Publikoa. Arrosadiako kanpusa 31006, Iruñea.

**Laburpena**

Artikulu honetan ordena partziala finituen azterketa aljebraikoa proposatzen da. Horretarako ordena partziala finituak aurkezten ditugu, dagozkien Hasseren diagramekin eta zenbakizko irudikapenarekin batera. Irudikapen hauek talde simetrikoko permutazioak bezala interpretatuko ditugu. Horrela, permutazioen familia bat izango dugu ordena partzial bakoitzari lotuta, eta familia horren gaineko azterketa aljebraikoa eginez ordena egituraren ikerketan sakonduko dugu.

**Hitz gakoak:** ordena partziala, talde simetrikoa

**Abstract**

*In the present paper we deepen in the study of finite partial orders. These orderings can be represented by means of Hasse diagrams and numerical labels. Since these numerical representations can be interpreted by means of permutations, we extend the study to the field of group theory in order to study these order structures from an algebraical point of view.*

**Keywords:** partial orders, symmetric group

## 1 Sarrera eta motibazioa

Artikulu honetan algebrak eta bereziki talde teoriak egitura ordenatu jakin baten gaineko azterketan joka dezakeen papera aurkeztuko dugu.

Aztertuko dugun ordena egitura ordena partziala izenarekin (*partial order* ingelesez) ezagutzen da eta ezinbesteko papera jokatzen du konputazioan edota erlatibitatearen teorian. Bi arlo horietaz gain, egitura hauek zientziaren arlo oso ezberdinetan aurki daitezke, baita egunerokotasunean ere, esate baterako arbasoen edo eboluzioaren zuhaitz genealogikoaren egitura ordena partzialarena da, edota gure aukeraketa edo ekintza baten ondorioz jazo daitezkeen errealitate posible ezberdinak denboran sailkatzean lortzen den egitura ordenatua ere ordena partziala dugu. Gure kasuan, konputazioaren ikuspegitik egingo dugu lan, non egitura hauen azterketaren helburuetako bat ordenagailuen konputazio abiadura azkartzea den.

Horrela, ordena egitura hauen gaineko ezagutza berria guztiz interesgarria da zientziari dagokionez, ez soilik era matematiko teoriko batean, baizik eta baita modu praktiko batean ere egitura hauen aplikagarritasuna dela eta. Beraz, artikulu honetan aurkezten den ikerketa teknika interesgarria da lagungarria izan baitaiteke egitura ordenatu horien gaineko ikerketan sakontzeko.

## 2 Arloko egoera eta helburuak

Ikerketaren muinari heldu aurretik goazen arloko oinarrizko hainbat definizio eta notazio ematera.

### 2.1 Arloko egoera

**Definizioa 1.** Izan bedi $X$ multzo ez hutsa. $X$.en gainean definituriko $\mathcal{Q}$ erlazio bitarra $X \times X$ produktu kartesiarraren azpimultzo bat da. $\mathcal{Q} \subseteq X \times X$ erlazio bitarra izanik, $x\,\mathcal{Q}\,y$ idatzi ohi da $(x, y) \in \mathcal{Q}$ adierazteko.

**Adibidea 2.** $\mathbb{N}$ zenbaki arrunten gaineko $<$ ohiko ordena erlazio bitarra da.

Izan bedi $X$ multzoaren gaineko $\mathcal{Q}$ erlazio bitarra. Ondoko propietateak erabiliko ditugu:

- Erreflexiboa: $x \mathcal{Q} x \quad \forall x \in X$.
- Simetrikoa: $x \mathcal{Q} y \iff y \mathcal{Q} x \quad \forall x, y \in X$.
- Antisimetrikoa: $x \mathcal{Q} y \wedge y \mathcal{Q} x \implies y = x \quad \forall x, y \in X$.
- Iragankorra: $x \mathcal{Q} y \wedge y \mathcal{Q} z \implies x \mathcal{Q} z \quad \forall x, y, z \in X$.
- Totala: $x \mathcal{Q} y \vee y \mathcal{Q} x \quad \forall x, y \in X$.

*Oharra* 3. Erlazio totalak erreflexiboak ere badira. Bestalde, erlazio asimetrikoak irreflexiboak dira hala beharrez. Gainera, inplikazio hauen aurkako noranzkoa ez da egia.

Erlazio bitarrak beraien propietateen arabera sailkatzen dira. Goazen oinarrizko batzuk ikustera.

**Definizioa 4.** Izan bedi $X$ multzo baten gaineko $\mathcal{Q}$ erlazio bitarra. $\mathcal{Q}$ *baliokidetasun erlazioa* dela esaten da erreflexiboa, simetrikoa eta iragankorra baldin bada.

**Adibidea 5.** Nazionalitatea edo estatu baten herritar izatea baliokidetasun erlazio bezala uler daiteke: Norberak bere buruaren nazionalitate bera du (erreflexiboa); Aimar Ivesen nazionalitate berekoa bada orduan Ives ere Aimarren nazionalitate berekoa da (simetrikoa); eta Ives Aimarren nazionalitate berekoa izanik Aimar Juanen nazionalitate berekoa bada, orduan Juan ere Ivesen nazionalitate berekoa da (iragankorra).

Erraz frogatzen da baliakodetasun erlazioak $X$ multzoaren gaineko partiketa egiten duela azpimultzo edo klase disjuntuetan, adibide honetan nazio edo estatuetan.

**Definizioa 6.** Izan bedi $X$ multzo baten gainean definituriko $\mathcal{Q}$ erlazio bitarra. Erlazioa asimetrikoa bada, orduan $\mathcal{P}$ zein $\prec$ bidez denotatuko dugu eta *erlazio hertsia* izenaz ere ezagutzen da. Erlazioa totala bada, orduan $\mathcal{R}$ zein $\precsim$ bidez denotatuko dugu eta *erlazio ahula* izenaz ere ezagutzen da.

**Definizioa 7.** Izan bedi $\precsim$ erlazio bitar erreflexiboa $X$ multzo baten gainean definitua. Edozein $x, y \in X$ bi elementu *aukeraezinak* direla esaten da, eta $x \sim y$ bidez denotatuko dugu, baldin eta $x \precsim y$ eta $y \precsim x$ betetzen bada. Erlazio berri honi, $\sim$ bidez denotatu duguna, *axolagabetasun* erlazioa deituko diogu.

**Definizioa 8.** Izan bedi $\precsim$ erlazio bitar erreflexiboa $X$ multzo baten gainean definitua. Edozein $x, y \in X$ bi elementu *bereiztezinak* direla esaten da, eta $x \sim_0 y$ bidez denotatuko dugu, baldin eta edozein $z \in X$ elementurako $\{y \prec z \iff x \prec z\}$ eta $\{z \prec y \iff z \prec x\}$ betetzen badira. Erlazio honi, $\sim_0$ bidez denotatu duguna, *bereiztezintasun* erlazioa deritzo.

**Teorema 9.** *Bereiztezintasun erlazioa baliokidetasun erlazioa da.*

**Definizioa 10.** $X$ multzo baten gainean definituriko $\precsim$ erlazio total eta iragankorrari *preordena totala* deritzo. Preordena bat antisimetrikoa bada orduan *ordena* deritzo eta $(X, \precsim)$ bikoteak *multzo partzialki ordenatua* edo poset[1] izena jasotzen du. $\precsim$ ordena bat totala baldin bada, orduan $\precsim$ erlazioa *ordena totala* dela esaten da. Kasu honetan, $(X, \precsim)$ bikoteari *katea* edo *multzo guztiz ordenatua* deritzo.

*Oharrak* 11. (1) $\precsim$ preordena bat emanik, erlazioaren iragankortasuna eta erreflexibitatea dela eta, dagokion $\sim$ axolagabetasun erlazioa baliokidetasun erlazioa da.

(2) Askotan, multzo finitu baten gainean definituriko $\precsim$ ordena partziala $\sqsubseteq$ bidez denotatzen da. Guk ere $\sqsubseteq$ notazioa erabiliko dugu artikulu honetan. Bestalde, $x \sqsubset y$ erabiliko dugu $x \sqsubseteq y$ eta $x \neq y$ bi baldintzak betetzen direnean.

**Definizioa 12.** Izan bedi $X$ multzo baten gainean definituriko $\sqsubseteq$ ordena partziala. $x, y \in X$ elementuak *alderaezinak* direla esango dugu baldin eta $\neg(x \sqsubseteq y)$ eta $\neg(y \sqsubseteq x)$ betetzen badira. Kasu honetan $x \bowtie y$ notazioa ere erabiliko dugu.

Izan bedi $X$ multzo finitua eta ez hutsa $\sqsubseteq$ ordena partzialaz horniturik. Ondoko definizioak egitura hauen zenbakizko irudikapenaren ideia aurkezten digu (ikus (3)):

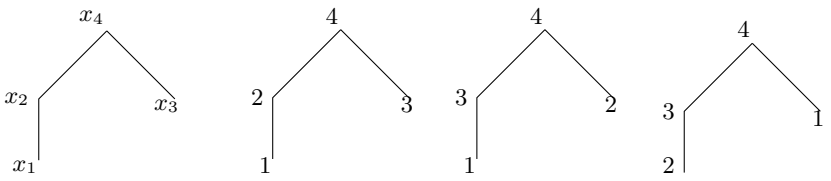
[1] Ingelesezko 'partially ordered set' izena laburtzetik.

**Definizioa 13.** Izan bedi $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatua, non $|X| = n$. $u\colon (X, \sqsubseteq) \to \{1, ..., n\}$ funtzioa ordena partzialaren *label-funtzioa* bezala ezagutzen da baldin eta edozein $x \sqsubset y$ bikoterako $u(x) < u(y)$ betetzen bada, $x, y \in X$ izanik.

**Definizioa 14.** Izan bedi $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatua. Posible diren $\mathcal{F} = \{u_i\}_{i \in I}$ label-funtzio guztien familiari *zorizko egitura* deritzo, eta $\mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$bidez denotatzen da.

*Hasseren diagrama* multzo finitu eta partzialki ordenatuak irudikatzeko diagrama matematikoa da (ikus (3)), adibide bidez aurkezten dugu:

**Adibidea 15.** Izan bedi $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ multzo partzialki ordenatua ondoko erlazioa dela eta: $\{x_1 \sqsubset x_2 \sqsubset x_4,\ x_3 \sqsubset x_4\}$. Orduan multzo partzialki ordenatu honi ondoko Hasseren diagrama eta zorizko egitura dagozkio (ikus Irudia 1):




1 Irudia: Multzo partzialki ordenatua eta bere label-funtzioak.

*Oharra* 16. Multzo partzialki ordenatu bati zorizko egitura bakar bat dagokio, eta alderantziz, zorizko egitura batek erlazio bakar bat definitzen du multzoaren gainean (ikus (3)).

*Oharrak* 17. (1) $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatua eta $\mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ dagokion zorizko egitura izanik (hau da, label-funtzio guztien familia), orduan alderaezinak diren edozein $x, y \in X$ elementuetarako $u, v \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ bi label-funtzio existituko dira non $u(x) < u(y)$ eta $v(y) < v(x)$ betetzen den.

(2) Bi elementu bereiztezinak baldin badira, orduan $\{y \prec z \iff x \prec z\}$ eta $\{z \prec y \iff z \prec x\}$ $(z \in X)$ betetzen denez, edozein $u_i \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ label-funtziorako ondokoak ere beteko dira:

$(i)$ $u_i(y) < u_i(z) \quad \forall u_i \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq) \iff u_i(x) < u_i(z) \quad \forall u_i \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$,

$(ii)$ $u_i(z) < u_i(y) \quad \forall u_i \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq) \iff u_i(z) < u_i(x) \quad \forall u_i \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$.

Ondorioz, $x \sim_0 y$ jazoz gero, edozein $u_i \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ label-funtzio harturik, $u_j \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ beste label-funtzio bat eraiki dezakegu $x$ eta $y$ elementuei dagozkien labelak edo irudiak elkar trukatuz, hau da: $u_j(x) = u_i(y), u_j(y) = u_i(x)$ eta $u_j(z) = u_i(z)$ (edozein $z \neq x, y$).

(3) Argi dago bereiztezintasun klaseak azpimultzo isolatuak[2] direla.

*Oharrak* 18. Ohartu label-funtzioak talde simetrikoko[3] permutazioak bezala uler daitezkeela: label-funtzio baten bidez $X$ multzoko elementu bakoitzari zenbaki bat esleitzen badiogu, gainontzeko label-funtzioak multzoko elementuei esleitutako zenbaki horien gaineko permutazioak bezala interpreta daitezke.

Esate baterako, lehengo adibidean hiru label-funtzioak identitatea eta (123) eta (23) permutazioak bezala uler daitezke, ondoko taulan islatzen dugun bezala:

| $\mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | Hedapen lineala |
|---|---|---|---|---|---|
| $Id$ | 1 | 2 | 3 | 4 | $x_1 < x_2 < x_3 < x_4$ |
| $F = (123)$ | 2 | 3 | 1 | 4 | $x_3 < x_1 < x_2 < x_4$ |
| $G = (23)$ | 1 | 3 | 2 | 4 | $x_1 < x_3 < x_2 < x_4$ |

Permutazioen bidezko interpretazio hau ondoko definizioren bidez zehaztuko dugu.

[2]Informazio gehiago dago azpimultzo isolatuez ('isolate subsets' ingelesez) (3) liburuan.
[3]Talde simetrikoaz gehiago jakiteko ikus (1) liburua.

**Definizioa 19.** Izan bedi $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatua (non $|X| = n$) eta $\mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ bere zorizko egitura, hau da, $\{u_i\}_{i=1,...,m}$ label-funtzio posible guztien familia. $\Sigma_n$ talde simetrikoko $\mathcal{F}$ azpimultzoak zorizko egitura *karakterizatzen* duela esango dugu baldin eta soilik baldin $v \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ label-funtzioa existitzen bada non edozein $u \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ label-funtziorako $\sigma_u \in \mathcal{F}$ permutazioa existitzen den $u(x) = \sigma_u(v(x))$ baldintza betez edozein $x \in X$ elementurako.

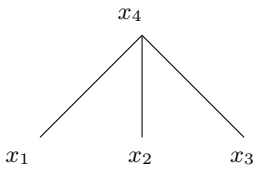
*Oharra* 20. (1) Ondorioz, $v$ label-funtzio horren aukeraketa egin ostean (non edozein $u \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ label-funtziorako $\sigma_u \in \mathcal{F}$ permutazioa existitzen den $u(x) = \sigma_u(v(x))$ baldintza betez edozein $x \in X$ elementurako) label-funtzio bakoitza permutazio bat bezala uler dezakegu. Partikularrean, $v$ identitatea permutazioarekin erlazionatuko genuke.

(2) $v$ label-funtzioaren aukeraketa arbitrarioa da, beraz, beste $v'$ label-funtzio bat aukeratzen baldin badugu, orduan lortzen den $\mathcal{F}'$ permutazioen azpimultzoa (non edozein $u \in \mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ label-funtziorako $\sigma_u \in \mathcal{F}$ permutazioa existitzen den $u(x) = \sigma_u(v'(x))$ baldintza betez edozein $x \in X$ elementurako) $\mathcal{F}$ azpimultzoaren ezberdina izango da. Dena den, $\mathcal{F} = \{Id, \sigma_2, ..., \sigma_m\}$ multzotik $\mathcal{F}' = \{Id, \sigma'_2, ..., \sigma'_m\}$ multzora pasa gaitezke $\sigma$ permutazio baten bidez, non $\sigma(v(x)) = v'(x)$ (eta alderantziz, $v(x) = \sigma^{-1}(v'(x))$). $v(x) = \sigma^{-1}(v'(x))$ denez, $\sigma_i(v(x)) = \sigma_i(\sigma^{-1}(v'(x)))$[4] beteko da, hortaz, $\sigma'_i = \sigma_i \circ \sigma^{-1}$ betetzen dela ondorioztatzen da.

Adibidez, lehengo adibidera itzuliz, $F$ label-funtzioa $Id'$ identitatea bezala finkatzen badugu (hortaz $(132) \circ Id' = Id$), orduan taulan $Id$ bezala denotaturiko label-funtzioa (132) zikloa litzateke eta $G$ aldiz (12) zikloa ($(12) = (23) \circ (132) = (132) \cdot (23)$).

Ondorioz, permutazio azpimultzo hauek azpitaldeak direneko kasuan ohartu notazio aldaketa hauek talde isomorfismoak baino ez direla.

Oharra 18-n jorratutako adibidean $\mathcal{R}_{\mathcal{L}}(X, \sqsubseteq)$ zorizko egiturari beharrezko permutazioak gehitzen badizkiogu $< \mathcal{F} >$ azpitaldea lortu arte, orduan ordena egitura ere aldatzen ari gara, ondoko 2 irudian agertzen den ordena partziala lortuz:




2 Irudia: $< \mathcal{F} >$ azpitaldeak karakterizaturiko ordena egitura.

## 3 Ikerketaren muina

Partzialki ordenatutako edozein multzo bere zorizko egituragatik karakterizatua dago eta, azken hau, talde simetrikoko azpimultzo bat bezala uler daiteke. Beraz, talde baten azpimultzoekin lanean diharduguez, zentzua dauka azpimultzo horiek sortutako azpitaldeak eta azpimultzo horien barnean egon daitezkeen azpitaldeak aztertzea, baita horien esanahiaz galdetzea ere (egitura ordenatuaren ikuspuntutik).

### 3.1 Multzo partzialki ordenatu batean dagoen preordena totalik handiena

**Definizioa 21.** Izan bitez $(X, \sqsubseteq)$ multzo ordenatua eta $\mathcal{F}$ zorizko egitura karakterizatzen duen $\Sigma_n$ talde simetrikoaren azpimultzoa. Izan bedi $< \mathcal{F} >$ azpitaldeak karakterizaturiko $(X, \overline{\sqsubseteq})$ multzo partzialki ordenatua. Orduan, $(X, \overline{\sqsubseteq})$ multzo partzialki ordenatu honi jatorrizko $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatuaren *hedapen iragankorra* deituko diogu.

Aurkeztu berri dugun 'hedapen iragankorra'-k ondoko teoreman du motibazioa:

[4]Permutazioekin lan egitean, askotan zikloen arteko konposaketa biderkadura bezala denotatzen da, horrela, $\sigma_i(\sigma^{-1}(v'(x)))$ konposaketa $v'(x)\sigma^{-1} \cdot \sigma_i$ bidez ere denotatzen da.

**Teorema 22.** *Izan bitez $(X, \sqsubseteq)$ multzo ordenatua eta $\mathcal{F}$ zorizko egitura karakterizatzen duen $\Sigma_n$ talde simetrikoaren azpimultzoa. Izan bedi $< \mathcal{F} >$ azpitaldeak karakterizaturiko $(X, \overline{\sqsubseteq})$ multzo partzialki ordenatua, hedapen iragankorra deiturikoa. Orduan, $(X, \overline{\sqsubseteq})$ jatorrizko $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatuaren parte den eta $\bowtie$ konparaezintasun erlazioa irangankorra egiten duen multzo partzialki ordenaturik handiena da. Hau da, $(X, \overline{\sqsubseteq})$ multzo partzialki ordenatuak ondoko baldintzak betetzen ditu:*

*(i)* $x \overline{\sqsubseteq} y$ *jazoz gero orduan* $x \sqsubseteq y, \quad x, y \in X$.

*(ii)* $x \bowtie y$ *eta* $y \bowtie z$ *jazoz gero orduan* $x \overline{\bowtie} y$, $y \overline{\bowtie} z$ *eta* $x \overline{\bowtie} z$ *beteko da,* $x, y, z \in X$.

*(iii)* $X$ *gaineko beste* $\sqsubseteq'$ *ordena partzial batek (i) eta (ii) baldintzak betez gero, orduan* $\sqsubseteq' \subseteq \overline{\sqsubseteq}$.

*Oharra* 23. Adibidea 15-eko ordena partzialaren hedapen iragankorra (Oharra 18-n ere aztertua) dagoeneko Irudia 2-n aurkeztu dugu.

Are gehiago, $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatuaren hedapen iragankorra preordena totala bezala ere uler daiteke:

**Korolarioa 24.** *Izan bitez $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatua eta $(X, \overline{\sqsubseteq})$ bere hedapen iragankorra. Orduan, hedapen iragankorra preordena totala bezala uler daiteke ondoko moduan:*

*$X$ gainean $\precsim$ erlazioa definituko dugu $\overline{\sqsubseteq}$ ordena partzialaren bitartez:*

*(i)* $x \prec y$ *baldin eta soilik baldin* $x \overline{\sqsubset} y$, *eta*

*(ii)* $x \sim y$ *baldin eta soilik baldin* $x \overline{\bowtie} y$ *edo* $x = y$.

*Definizio honekin $\precsim$ erlazioa $\sqsubseteq$ ordena partzialaren parte den preordena totalik handiena da, eta jatorrizko $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatuaren* hedapen totala *deituko diogu.*

## 3.2 Multzo partzialki ordenatu bat barruan duen preordena totalik txikiena

Atal honetan aurreko atalaren nolabaiteko azterketa duala egingo dugu. Bada ezberdintasun nabari bat: permutazio multzo bat barruan duen azpitalde txikiena existitzen da eta bakarra da, multzo horrek sortutakoa hain zuzen ere; aldiz, multzo batek barruan duen azpitalde 'handienak' ez du zergatik bakarra izan behar eta hortaz multzoak barruan dituen azpitalde maximaletaz hitz egin beharko dugu. Bakartasun eza hori da aurreko atalarekiko ezberdintasun nabariena. Horren ondorioz, multzo partzialki ordenatu bat emanik, ordena partzial hori barruan duten preordena totala eta minimalen familia lortuko dugu, eta ez 'preordena totalik txikiena' bere zentzurik hertsienean.

**Definizioa 25.** Izan bitez $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatua eta $\mathcal{F}$ zorizko egitura karakterizatzen duen $\Sigma_n$ talde simetrikoaren azpimultzoa. Izan bedi $\mathcal{F}$ barneko $\mathcal{G}$ azpitalde maximal batek karakterizatutako $(X, \underline{\sqsubseteq})$ multzo partzialki ordenatua. Orduan, $(X, \underline{\sqsubseteq})$ multzo partzialki ordenatu honi jatorrizko $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatuaren *inklusio iragankorra* deituko diogu.

Aurkeztu berri dugun 'inklusio iragankorra'-k ondoko teoreman du motibazioa:

**Teorema 26.** *Izan bedi $(X, \sqsubseteq)$ multzo ordenatua eta $\mathcal{F}$ zorizko egitura karakterizatzen duen $\Sigma_n$ talde simetrikoaren azpimultzoa. Izan bedi $\mathcal{F}$ barneko $\mathcal{G}$ azpitalde maximal batek karakterizatutako $(X, \underline{\sqsubseteq})$ multzo partzialki ordenatua, inklusio iragankorra deiturikoa.*

*Orduan, $(X, \underline{\sqsubseteq})$ jatorrizko $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatua barruan duen eta $\bowtie$ konparaezintasun erlazioa irangankorra egiten duen multzo partzialki ordenaturik txikiena da. Hau da, $(X, \underline{\sqsubseteq})$ multzo partzialki ordenatuak ondoko baldintzak betetzen ditu:*

*(i)* $x \sqsubseteq y$ *jazoz gero orduan* $x \underline{\sqsubseteq} y, \quad x, y \in X$.

*(ii)* $x \underline{\bowtie} y$ *eta* $y \underline{\bowtie} z$ *jazoz gero orduan* $x \underline{\bowtie} z$ *beteko da,* $x, y, z \in X$.

*(iii)* $X$ *gaineko beste* $\sqsubseteq'$ *ordena partziala batek (i) eta (ii) baldintzak betez gero, orduan* $\neg(\sqsubseteq' \subseteq \underline{\sqsubseteq})$.

Are gehiago, $(X, \sqsubseteq)$ multzo partzialki ordenatuaren hedapen iragankorra preordena totala bezala ere uler daiteke:

**Korolarioa 27.** *Izan bitez* $(X, \sqsubseteq)$ *multzo partzialki ordenatua eta* $(X, \underline{\sqsubseteq})$ *bere inklusio iragankorra. Orduan, inklusio iragankorra preordena totala bezala uler daiteke ondoko moduan:*

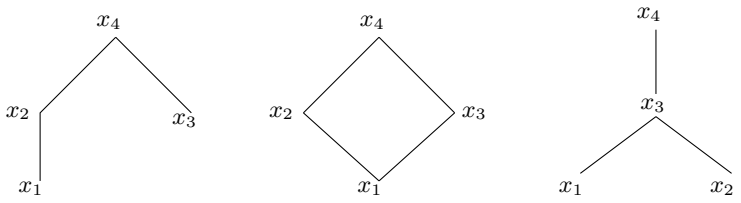
*X gainean* $\precsim$ *erlazioa definituko dugu* $\underline{\sqsubseteq}$ *ordena partzialaren bitartez:*

$(i)$ $x \prec y$ *baldin eta soilik baldin* $x \underline{\sqsubset} y$*, eta*

$(ii)$ $x \sim y$ *baldin eta soilik baldin* $x \underline{\bowtie} y$ *edo* $x = y$*.*

*Definizio honekin* $\precsim$ *erlazioa* $\sqsubseteq$ *ordena partziala barruan duen preordena totalik txikiena da, eta jatorrizko* $(X, \sqsubseteq)$ *multzo partzialki ordenatuaren* inklusio totala *deituko diogu.*

**Adibidea 28.** Izan bedi $(X, \sqsubseteq)$ Adibidea 15-eko multzo partzialki ordenatua. Ondoko irudian $(X, \sqsubseteq)$ren Hasse diagrama eta bere inklusio iragankorrak aurkezten ditugu:




3 Irudia: Multzo partzialki ordenatua eta bere inklusio iragankorrak.

## 4 Ondorioak

Ikerketa teknika honen bidez egitura ordenatu ezberdinak erlazionatu ditugu beraien artean. Horrela, multzo partzialki ordenatu batetik abiatuz erlazioari 'fidelen' zaizkion preordena totalak lortu ditugu, 'goitik' zein 'behetik'. Azpimarratzekoa da teknika hau ez dela soilik egitura osoari aplikagarria, baizik eta zatika edo egituraren azpimultzoei aplikagarria den teknika da.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lehenik eta behin, artikuluan erabilitako teknika honetan sakontzen jarraitu daiteke talde teoriako bestelako tresnen bidez (taldearen zentroa, normalizatzaileak,...). Bestalde, ezaguna da multzo finitu partzialki ordenatuen eta $T_0$ topologia finituen artean dagoen bijekzioa. Horrela, azken hauen ikerketa permutazioen teknika honen bidez ere guztiz bideragarria da. Azken honek era berean topologien ikerketa ekar dezake, topologiaren azterketa zuzena egin ordez funtzio jarraitu posible guztien multzoaren azteketan oinarrituz (beti ere helburu topologia aldez aurretik finkatua dugula).

## Erreferentziak

M. Aschbacher, *Finite group theory (second edition).* Cambridge. Cambridge University Press, 2000. ISBN 0-521-78675-4.

B. A. Davey, H. A. Priestley, *Introduction to lattices and order (second edition).* Cambridge. Cambridge University Press, 2002. ISBN-10: 0521784514.

M. Schellekens, *A modular calculus for the average cost of data structuring.* Springer. 2008. SBN 978-0-387-73384-5.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Lan hau Espainiako 'Economia y Competitividad' ministeritzak finantziaturiko MTM2012-37894-C02-02 proiektupean egin da.

# Defektu kosmikoen zenbakizko simulazioak

**J. Lizarraga, A. Lopez-Eiguren** eta **J. Urrestilla**

Fisika teorikoa eta zientziaren historia saila, Zientzia eta teknologia fakultatea,
Sarriena auzoa, z/g 48940 Leioa (Bizkaia), UPV/EHU

**Laburpena**

Defektu kosmikoen azterketan berebiziko garrantzia dute zenbakizko simulazioek. Gure inguruan ikusten dugun unibertsoa erreproduzitu dezakegu eta defektuen moduko objektu bitxiak bertan eboluzionatu. Proiektu honetan zehar bi ildo nagusi jorratuko ditugu: batetik superordenagailuen bitartez soka kosmiko deituriko defektuen ezaugarritze zehatza eramanen da aurrera, sor ditzaketen seinale kosmologikoak ere kalkulatuz (*mikrouhinen-hondo kosmikoko* CMB anisotropiak). Bestetik defektu konposatu diren soka semilokalen eredu efektiboak kalibratuko dira superordenagailu bidez eginiko zenbakizko simulazioak erabiliz.

**Hitz gakoak:** defektua kosmikoak, mikrouhinen-hondo kosmikoa, eredu efektiboak, zenbakizko simulazioak

**Abstract**

*Numerical simulations are essential for the understanding of cosmic defects, we can reproduce such exotic objects as well as describe their evolution in expanding universes. In this project we study two main aspects: on the one hand, we analyze the properties of Abelian Higgs cosmic strings networks and characterize their possible cosmological signals (CMB anisotropies) using the biggest simulations ever performed in this area. On the other, we calibrate effective models for Semilocal strings using field theory simulations made in supercomputers.*

**Keywords:** Cosmic defects, cosmic microwave background, effective models, numerical simulations

## 1 Sarrera eta motibazioa

Neurketa esperimentalen etengabeko garapenak kosmologia zehaztasunaren eran sartu du. Alor honetan *mikrouhinen-hondo kosmikoaren* (CMB ingelesez) anisotropien neurketek garrantzia berezia izan dute, *WMAP* edo *Planck* bezelako proiektuek bultzatuta. Esperimentu hauen bitartez duela mende erdi eredu teoriko soilak ziren proposamenak esperimentalki baieztatzea lortu da eta baita unibertso gaztetik hasi eta gaur egun arteko bilakaeraren deskribapen zentzuzkoa osatzea ere: kosmologiaren *eredu estandarra*.

Nahiz eta gaur egunean erabiltzen den eredu kosmologiko estandarra modu oso zabalean onartua izan, badira oraindik erantzun gabeko hainbat galdera. Hauen artean ikusgarrienak materia eta energia ilunaren ingurukoak izan litezke. Badakigu materia *normalak*, hau da, egunerokoan ikusi, ikutu edo usaindu dezakegunak unibertsoaren %5a osatzen duela soilik; gainontzekoa aurretik aipatutako osagai ilunek beteko lukete. Nahiz eta hau hala dela jakin, hauek kontrolatzen dituen fisika argitu gabe dugu. Era berean, kosmologia modernoaren oinarri diren hipotesiak baliagarriak izan daitezen, unibertso primitiboan *inflazioa* deituriko espazioaren hazkunde esponentziala beharrezkoa dela ikusten da. Aurrekoen modu berean balizko prozesu inflazionario horren deskribapen fisikoa zehaztea falta zaigu.

Aurreko galderei erantzunak sarri partikulen fisikaren ikuspuntutik ematen saiatzen gara. Oso zabaldua den ideia du oinarri lan ildo honek, hau da, unibertsoa gaztea zenean eta oso energia altuko prozesuak gertatzen zirenean gaur egungo fisikaren zutabe diren teoria nagusienak, kuantikoa eta erlatibitate orokorra, teoria orokorrago baten bilduta zeudela. Beraz erlatibitate orokorrak azal ditzazken prozesu kosmologikoen oinarri mikroskopikoa ulertzea lortzen badugu energia altuko teorien bitartez, egun erantzunik ez duten galderak erantzuteko gai izan gintezke.

Bi teoria nagusi hauen arteko zubi-lana egiteko hautagai erakargarriak ditugu defektu topologikoak. Unibertsoa zabaltzen joan ahala, hoztu ere egin da. Hozte honetan zehar fase desberdinak pasa dituela pentsatzen da eta fase aldaketa hauetan defektuak sortu zirela (defektuen fisikarako sarrera moduan ikusi Vilenkin eta Shellard (1994) liburua). Defektuak energia altuetako ereduetan ondorioztatzen diren arren badute zentzu kosmologikoa ere, hein handi batean neurgarriak izan daitezkeen seinale esperimentalak sor ditzazketelako. Defektuen fisika ezagutzeak ondorioz, unibertsoak pasa dituen fase ezberdinak aztertzeko leihoak ireki diezazkegu.

Artikulu honetan gure proiektuan aztertzen ari garen defektu ereduak eta lan ildoak laburbiltzen saiatuko gara. Azpimarratu nahi genuke artikuluan zehar hartuko dugun ikuspuntua *pedagogikoa* izanen dela ahalik eta publiko zabalenera iris gaitezen. Beraz adierazpen matematikoak baztertuak izanen dira ulermena areagotzeko asmoarekin, irakurleak eredu eta ñabarduna matematiko zehatzetan murgildu nahi badu erreferentzia artikuluetan aurki ditzazke.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Unibertsoak jasandako fase transizioetan gertatutako simetrien hausturen ondorio zuzena dira defektu topologikoak, fase zaharraren simetria gorde eta honen propietateen inguruko informazioa eman dezaketenak. Simetria hausturen ondorioz hasieran unibertsoak zuen simetria beste simetria batera pasatzen da, zehazki simetria hauek zein izan ziren ez dakigunez simetria posible eta simetria haustura mota desberdin asko aztertzen dira. Gainera simetria haustura mota desberdin bakoitzak defektu mota desberdin baten sarea sor lezake. Gure kasuan honako defektu hauen inguruan eginen da azterketa:

1. Hautsitako simetria $U(1)$ lokala[1] baldin bada, sortuko diren defektuak soka kosmikoak izanen dira, *Abelian Higgs* soka moduan ere ezagunak (Hindmarsh eta Kibble (1995)).
2. Simetria $SU(2) \times U(1)$ (lehenea globala eta bigarrena lokala) bada, sortutako defektuak soka semilokalak izanen dira, defektu lokal eta globalen arteko nahastura (Vachaspati eta Achúcarro (1991)).

Nahiz eta defektu talde desberdinek oso modu desberdinean jokatu badituzte komunak diren hainbat ezaugarri, interesgarrienen artean *eskalatzea* dugu. Honen ondorioz defektuz osatutako sareak (*network*-ak ingelesez) kosmologikoki bideragarriak izan daitezke, hau da, defektuak noizbait existitu izan badira unibertsoan zehar jarraituko dute. Eskalatzeak defektu sareen desagertzea ekiditen du alde batetik, baina baita defektuek unibertsoa dominatzea ere.

Defektu sistema ororen ezaugarri bereizgarria beraien dinamika konplexua dugu, dinamika zehazten duten higidura ekuazioak ez-linealak baititugu. Konplexutasun honengatik higidura ekuazioek ez dute soluzio analitikorik eta zenbakizko metodoetara jotzera behartuta gaude. Zentzu honetan zenbakizko simulazioak berebiziko garrantzia dute defektu sareek sor ditzazketan ustezko seinale kosmologikoen ezagutzarako, ez baitago bestelako modurik hauek ezaugarritzeko.

Arloko egoerari begirada bat emanez gero ikus genezake urteetan zehar defektuen simulazioen inguruko garapena nabaria izan dela. Software nahiz hardware azpiegitura gero eta handiagoak behar dira simulazioek darabilten informazio eta kalkulu kopurua era egokian maneiatzeko. Aipamen berezia mereziko luke paraleloan eremu teorien azterketak egiteko defektuen alorrean garatu den *LATfield*[2] liburutegiak.

Teknikaren ikuspuntutik, hala ere, ez da bakarra defektuen deskribapenerako erabiltzen den zenbakizko metodoa. Alor honetan ikuspegi bat baino gehiago daude eta hainbat mundu mailako talde lanean. Sailkapen bat eginez gero alde batetik orain artean aipatu diren eremu teorien zuzeneko simulazioak izanen genituzke (Bevis *et al.* (2007),Urrestilla *et al.* (2008)). Hauetan zuzenean defektuak ondorioztatzen diren ereduaren higidura ekuazioak askatzen dira, orokorrean zabaltzen ari den unibertsoan kokatuak. Beste alde batetik berriz, higidura ekuazio zehatzak askatu ordez hurbilketak kontuan hartzen dituzten ereduak ditugu, hala nola Nambu-Goto hurbilketa (Hindmarsh eta Kibble (1995)) edo *one-scale model* teoria efektiboa soka kosmikoen kasuan (Martins eta Shellard (1996)). Orokorrean eredu hauek problema

[1] Simetria globalak espazio osoan modu berean aplikatzen diren transformazioekin dauden lotuak, eta lokalak berriz espazioko puntu guztietan desberdinak izan daitezkeen transformazioekin. Azken simetria hauek, ingelesez *gauge* simetria moduan ezagunak, partikulen eredu estandarraren oinarria dira.

[2] Libutegiaren azken bertsioa `https://github.com/daverio/LATfield2d` web orrian eskura daiteke

asko errazten dute simulazioak sinplifikatuz, baina ezin dugu ahaztu hurbilketak izaten jarraitzen dutela eta beraien eragin esparrua mugatua dela.

Gure lana eremu teorien zenbakizko simulazioen azterketan oinarritzen da batik bat eta laburbilduz honako bi helburu nagusiak bereiziko genituzke:

- Soka kosmikoen eremu teorien zuzeneko simulazioen azterketa. Superkonputagailuen bitartez eremu teoriak gero eta zabalago eta denbora gehiagoz simulatuz defektuen ezaugarrien deskribapen ahalik eta zehatzenak lortzea. Ezaugarri hauen artean nabarmentzekoak dira sor ditzazketen mikrouhinenhondo kosmikoko anisotropiak, grabitazio-uhinak edo sokek osatzen dituzten *begizten* (ingelesez *loop*) banaketak.
- Soka semilokalen eredu efektiboen kalibrazioa. Zenbakizko simulazioen ikuspuntutik gehienetan *merkeagoa* izaten da bai denbora eta baita baliabideen ikuspuntutik ere hurbilketa hauetaz baliatzea. Gure asmoa eremu teorien bitartez garatutako simulazioez baliatuz, soka semilokalak erdi-analitikoki deskribatzea ahalbidetuko duen eredu efektiboen kalibrazioa aurrera eramatea da.

## 3 Ikerketaren muina

Muina bera zehazten hasi aurretik, azpimarratu behar da lan hau ez dela defektuen inguruko lehendabiziko lana eta noski ez dela izanen azkenekoa ere, etengabe garatzen eta aldatzen ari den arloa dugulako. Horregatik hemen aipatzen diren ikerketa lerroak eta emaitza posibleak lana garatu ahala baztertuak izan daitezke beste ildo baten ekarpenak interesgarriagoak iruditu zaizkigulako. Hala eta guztiz ere, hemen azaldutako lan ildoak dira nagusiki aurrera eramaten ari direnak.

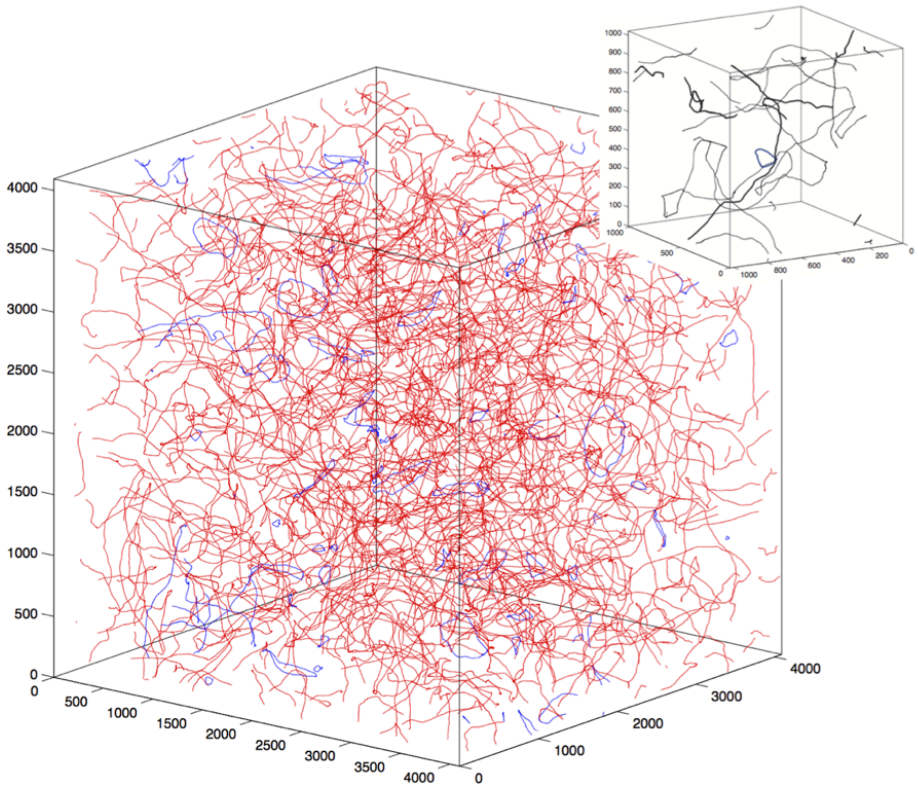
### 3.1 Soka kosmikoen eremu teorien azterketa: *Lattice Abelian Higgs (LAH)* simulazioak

Soka kosmikoen simulazioan *Lattice* deituriko 3D-tako sareetan gauzatzen dira, bertan eremuen higidura zuzentzen duten higidura ekuazioak askatuz. Zehazki higidura ekuazioak sareko puntu bakoitzean askatzen dira eta higidura honen ondorio direnez, sokak puntu hauetan *bizi* dira. *Abelian Higgs* sokez osaturiko defektu sarea lehen aipatuak izan diren begizta moduko sokez gain printzipioz bukaerarik ez duten sokaz dago osatua, hau da, soka finito eta soka infinitoz (argibide moduan ikusi 1. irudia non begiztez (urdinez) eta soka infinitoz (gorriz) osatutako soka sarea adierazi den.)

Kosmologiaren ikuspuntutik sokek benetako unibertso batean izanen luketen higidura interesatzen zaigunez, simulazio kuboak unibertsoaren ezaugarri nagusienak barnebilduko ditu, espantsioa bereziki. Gure azterketako puntu garrantzitsuenetakoa unibertsoaren espantsioa eta sokaren benetako zabalera errespetatuko dituen simulazioak garatzea eta hauetatik ondorioak ateratzea da. Sokak bizi diren kuboa finkoa da, baina aldi berean zabaltzen ari den unibertsoaren papera jokatzen du, nola liteke hau? Honen erantzuna sinplea da: denbora pauso bakoitzean, nahiz eta kuboa ez aldatu, kuboa osatzen duten ondoz-ondoko puntuen arteko distantzia fisikoa haundituko dugu. Bestalde soka kosmikoek luzera kosmologikoak izan ditzaketen arren beraien zabalera mikroskopikoa eta konstantea da, hau da, ez da unibertsoaren zabalerarekin batera zabaltzen. Hemen aurkitzen dugu arazoa, zabalerak bultzatuta iritsiko baita momenturen bat kutxako ondoz-ondoko bi punturen arteko distantzia fisikoa sokaren zabalera baino handiagoa izango dena eta hortik aurrera ezin izango dugu soka kutxan identifikatu, bi puntuen artean galduko da. Fenomeno hau ekiditzeko asmoarekin inoiz egin diren eremu teorien zenbakizko simulaziorik handienak egiten dihardugu: $4096^3$ puntu dituzten kutxak simulatuz eta honetarako 34816 cpu erabiliz. Adibide moduan 1. irudia ikusi, bertan gaur egun darabilgun soka-sarea ($4096^3$ puntuko kuboa, sokak gorriz eta begizta itxiak urdinez adieraziak), 2010ean lan honen aurrekari izan zen lanean (Bevis *et al.* (2010)) aurrera eramandakoarekin konpara daiteke.

Baliabide berri hauek simulazioa orain artean defektuen alorrean inoiz eraman ez den zehaztasun mailatara eraman dute. Hau guztiagatik, soka kosmikoek sor ditzazketen CMBko anisotropien deskribapen zehatzena egiteko moduan aurkitzen gara. Hau gutxi balitz, seinale esperimental hau zehazteko oso garrantzitsuak diren trantsizio kosmologikoak gure soka kosmiko sareetan duten eragina ulertu ahal izan dugu. Sokek CMBan sortutako marka kalkulatzeko, hauek unibertsoaren historian zehar izandako ibilera guztia ulertzea beharrezkoa da, gutxienez honen informazio estatistikoa izatea. Kosmologiaren eredu estandarrak zehazki ezartzen du unibertsoa materiaren egoera ezberdinek dominatua izan zela

1 Irudia: Soka kosmikoen simulazioen garapena: gaur egun darabilgun kutxaren ($4096^3$ puntu) eta aurreko lanetan erabili zenaren ($1024^3$ puntu) arteko alderaketa. Irudia David Daveriok (Genevako Unibertsitatea) proiektu honen baitan egindakoa dugu.



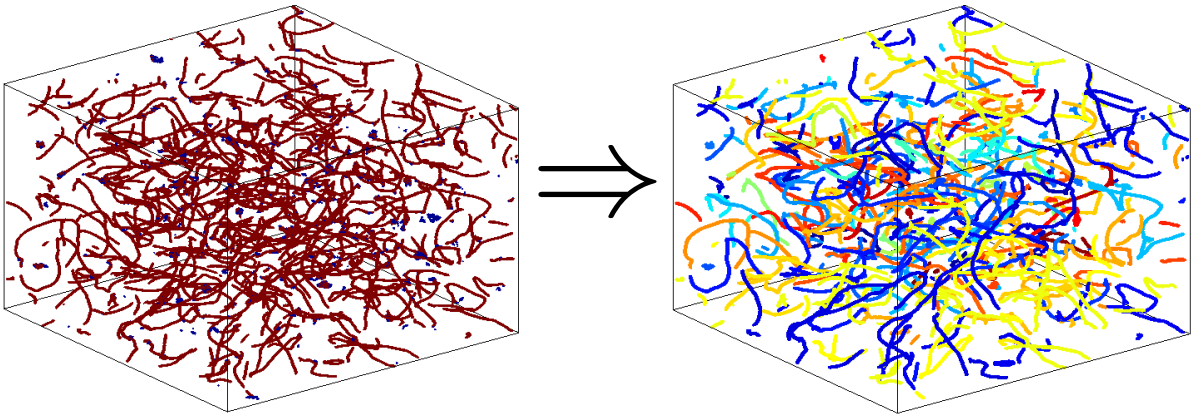

garai bakoitzean: erradiazio erlatibistatik hasi, materia ez-erlatibistaz gero eta energia ilunean bukatuz gaur egunean. Simulazioetan gai gara garai zehatz bakoitzean gure sareak dituen ezaugarri estatistikoak jakiteko, baina orain artean aztertu ez dena batetik besterako salto hauek zer nolako eragina izan zezaketen izan da. Simulazio berriak diseinatu ditugu lan honetarako, higidura ekuazioak transizio egoeretan askatzen dituztenak; ondoren lortutako emaitzak sareen propietate estatistikoetan eta amaierako CMBko anisotropien ezaugarritzean kontuan hartuko dira.

### 3.2 Soka semilokalen eredu efektiboak

Lehenago esan dugun bezala soka semilokalak defektu konposatuak dira. Konposatu izaera hau bi modutan ulertu dezakegu. Lehenik eta behin, simetriaren aldetik, defektu hauek sortzeko hautsitako simetriak bi talde ditu, bata globala eta bestea lokala, ondorioz sortuko den defektua defektu global eta lokalen arteko konposatu bezala ulertu dezakegu. Bestalde, izaera aldetik, esan dezakegu defektu hauek bi osagaiz osaturik baleude bezala jokatzen dutela. Alde batetik *Abelian Higgs* soka kosmikoen itxurako izaera izango lukete baina hauek ez bezala soka semilokalek bukaerak dituzte. Bukaera hauek aldiz dimentsio bakarreko defektu topologikoen, monopoloen, gisako izaera lukete. Ondorioz soka semilokalen izaera soka kosmiko eta monopoloen arteko konposatu bezala uler daiteke.

Esan bezala eremu teorien higidura ekuazioak askatzea helburu duten zenbakizko simulazio hauek burutzeko superordenagailuen laguntza ezinbestekoa da. Askotan superordenagailuetara sarbidea izatea ez da erraza izaten edota simulazioa osorik burutzeko behar dugun denbora handia izaten da. Honi guztiari probak egiteko beharrezkoa den denbora gehitu behar zaio, adibidez defektuaren eboluzio ekuzioetako parametro batek duen eragina aztertzeko sistema behin eta berriro eboluzionatu behar baitugu parametro horren balio desberdinetarako. Honek ekar dezaken denbora eta baliabide gastua izugarria da eta askotan

2 Irudia: Ezkerreko irudian gure soka semilokalen zenbakizko simulazioetatik zuzenean lorturiko irudia ageri da eta euskuin aldean berriz analisi teknikak aplikatu ondoren lortzen duguna. Ikus daitekeenez segmentu baikoitza identifikatu dezakegu.



bideraezina. Arazo honi aurre egiteko eredu efektiboak proposatzen dira. Abiapuntu fenomenologikoa hartuta eremu teoriek deskribatzen dituzten eboluzioak imitatzen saiatzen dira. Eredu efektiboek behar duten baliabide kopurua eremu teoriak eskatzen dituzten simulazioen aldean oso txikia da eta horregatik dira hain interesgarriak, nahiz eta sinpletze honek zehaztasunaren galera ere badakarren.

Lehenago esan dugun bezala soka semilokalen izaera *Abelian Higgs* soken eta monopoloen izaeren arteko konposatu bezala uler dezakegu, hau horrela soka semilokalen eredu efektiboak lortzeko *Abelian Higgs* soken eta monopoloen eredu efektiboen nahasketa bat erabiltzen da. Gure azterketa honetan soka semilokalentzako bi eredu efektibo ditugu, gai fenomenologiko desberdinak garatuz eboluzio bera deskribatzen saiatzen direnak.

Aipatu eredu hauetako bakoitzak zehazteke dauden parametroak dituzte, gure azterketan parametro hauek ahalik eta hobekien mugatzen saiatuko gara eremu teorien bidez egindako simulazioak parametro desberdinentzako eredu efektiboek emandako eboluzioekin konparatuz (lan honen lehen zatia Achúcarro *et al.* (2014) artikuluan aurki daiteke). Horrela eboluzioa hobekien deskribatzen duten parametroak identifikatzeaz gain, bi teoria efektiboen artean parametro optimo hauentzat sistemaren benetako higidura hobekien imitatzen duena aukeratuko dugu.

Garrantzia berezia du aipatu dugun konparaketa hori egiten hasi aurretik zenbakizko simulazioetatik lortzen ditugun datuei eman beharreko trataerak. Tratamentu hau oso konplexua da, izan ere gure simulazioetatik lortzen dugun datu kopurua izugarria baita eta datu asko baztergarriak, ez dutelako defektu sistemaren inguruko informazio baliagarririk ematen. Esate baterako 2. irudiaren ezkerraldean zenbakizko simulazioetatik zuzenean lortzen dugun kubo bat daukagu eta eskuinaldean berriz kubo berdina erakusten dugu tratatu ondoren. Adibide zehatz honetan soka semilokalen identifikazio zehatza eraman da aurrera, simulazioak emandako informazio ez baliagarria, benetako sokak ez diren puntuak edo zikinkeria, garbituz. Kasu honetan erakusten den teknika ez da konparaketaren aurretik burutu behar dugun bakarra, soken bukaerak denboran zehar duten eboluzioa edo kuboan dagoen soken luzera totala ere kalkulatu behar izaten baitira.

## 4 Ondorioak

Soka kosmikoen ikuspuntutik aurrera eramaten ari garen lana pauso garrantzitsua izan da eremu teorien bidez deskribatzen diren defektuen ulermenerako. Inoiz egin diren simulazio haundienak erabili dira eta honengatik soken inguruan aztertu gabe geneuzkan hainbat alde aztertzera edo aztertze bidean izatera eraman gaitu. Zentzu honetan CMBan eragin dezaketen ekarpena aurreko lanekin alderatuz asko hobetu da, batetik simulazioen tamaina dela eta lehen jakin ezin genezazken erregimenak ezagutzeko ahalmena izan dugulako eta bestetik transitzio kosmologikoek duten eragina zehazki kalkulatu dugulako. Azken honetan gainera fase batetik besterako prozesua zehazten duen interpolazio funtzioa lortu dugu, beste defektu batzuen kasurako lortu denarekin alderatuz desberdina dena. Zehazki *Abelian Higgs*-entzako lortu den funtzioak transizioa espero baino motelagoa dela erakusten digu eta honek CMBan izan dezaketen

ekarpenean eragin nabaria izanen du.

Soka Semilokalen eredu efektiboen kasurako oraindik analisia ez dago bukatuta baina lortzen ari garen emaitzak oso interesgarriak dira. Soka semilokalen segmentu desberdinak desberdintzeko gai gara, baita hauen luzera kalkulatzeko ere. Informazio hau erabiliz eredu efektiboetako parametroak nahiko zehaztu ditzakegu baina zehaztasun handiagoaren bila ari gara. Horretarako segmentu bakoitza denboran zehar jarraitu nahi dugu baita segmentu bakoitzaren abiadura kalkulatu ere.

Aipatu berri ditugun emaitzak lortu ahal izateko zenbakizko simulazioetatik eratorriak diren datuak tratatzeko hainbat teknika berri garatzen ari gara. Ondorioz esan dezakegu lorturiko emaitzez gain aurrerantzean zenbakizko simulazioetatik lorturiko datuak tratatzeko teknika berriak sortu ditugula, horrela defektuen zenbakizko simulazioen arloan lanean dabiltzan ikerlariak tresna berriz hornitu ditugu datuen analisia erraztu eta garatzeko asmoz.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lehen aipatu den moduan defektuen azterketa ez da hemen amaitzen, etengabe garatzen doan alorra dugu. Hainbat ikerketa aukera ikusten ditugu ingurune honetan epe labur-ertainean aurrera eraman beharrekoak.

LAH simulazioei eta soka kosmikoei dagokienez, epe laburrenera kokatzen den ikerketa lerroa lortutako emaitzen eta neurketa esperimentak kontrajartzea da, honela lortutako emaitza teorikoek egungo neurketa kosmologikoekin bateragarriak diren ikusteko. Ildo honetan, lehenik eta behin lortu berri dugun CMB anisotropien ekarpena gaur egun onartua dugun eredu estandarrak sortutakoari batu eta esperimentu zehatzenekin konparatuko dugu, *Planck* satelitearen datuekin batik bat. Azkenaldian pil-pilean izan diren CMBaren polarizazioa neurtu duten esperimentuekin (sona handia izan zuen *BICEP2*-en modukoekin, Lizarraga *et al.* (2014a,b) artikuluetan egin zen moduan) alderaketa egitea ere planteatzen da, hemen aurreko esperimentuetan neurtutako datuetan baino nabariagoa izan baitaiteke defektuen ekarpena.

Epe ertainean aldiz defektu sareek CMBaz gain sor ditzazketen eragin neurgarri gehiago aztertu nahi genituzke. Soka kosmikoak teorikoki grabitazio-uhinen sorburu posible izan daitezke, soketan zehar gerta litezken mugimendu edo aldaketa bortitzen ondorioz. Nahiz eta eredu hurbilduetan, Nambu-Goto ereduetan, balizko uhin ekarpen hau kalkulatu izan den, eremu teorietan ez da oraindik inoiz kalkulatua izan. Gainera grabitazio-uhinen espektroaren ulermena eredu hurbilduen eta eremu teorien arteko bateraketan (edo banaketan) aurrerapauso garrantzitsua litzateke.

Lehenago esan dugun bezala soka semilokalen analisian hainbat teknika berri garatzen ari gara. Esate baterako soka hauen bukaerako puntuen eboluzioa zehaztasun handiz jarraitzeko gai gara. Informazio honekin puntu hauen abiadura kalkulatu dezakegu zehazki, ondoren parametroen kalibrazioan erabiltzeko. Hau gutxi balitz teknika hau monopolo deritzen dimentsio bakarreko defektu topologikoen eboluzioa jarraizteko ere erabil daiteke. Monopoloentzako ere eredu efektiboak existitzen diren arren, hauen kalibrazioan oso baliabide gutxi erabili izan da. Honengatik epe laburrean garatu berri dugun teknika erabiliz eta monopoloentzako inoiz egin izan diren eremu teorien zenbakizko simulazio handienak eginez monopoloen eredu efektiboak kalibratzeko asmoa daukagu.

## Erreferentziak

Achúcarro, A., A. Avgoustidis, A.M.M. Leite, A. Lopez-Eiguren, C.J.A.P. Martins, eta others. 2014. Evolution of Semilocal String Networks: I. Large-scale Properties. *Phys.Rev.* D89.063503.

Bevis, N., M. Hindmarsh, M. Kunz, eta J. Urrestilla. 2007. CMB power spectrum contribution from cosmic strings using field-evolution simulations of the Abelian Higgs model. *Phys.Rev.* D75.065015.

——, ——, ——, eta ——. 2010. CMB power spectra from cosmic strings: predictions for the Planck satellite and beyond. *Phys.Rev.* D82.065004.

Hindmarsh, M.B., eta T.W.B. Kibble. 1995. Cosmic strings. *Rept.Prog.Phys.* 58.477–562.

Lizarraga, J., J. Urrestilla, D. Daverio, M. Hindmarsh, M. Kunz, eta A. R. Liddle. 2014a. Can topological defects mimic the BICEP2 B-mode signal? *Phys.Rev.Lett.* 112.171301.

——, ——, ——, ——, ——, eta ——. 2014b. Constraining topological defects with temperature and polarization anisotropies. *Phys.Rev.* D90.103504.

Martins, C.J.A.P., eta E.P.S. Shellard. 1996. Quantitative string evolution. *Phys.Rev.* D54.2535–2556.

Urrestilla, J., N. Bevis, M. Hindmarsh, M. Kunz, eta A. R. Liddle. 2008. Cosmic microwave anisotropies from BPS semilocal strings. *JCAP* 0807.010.

Vachaspati, T., eta A. Achúcarro. 1991. Semilocal cosmic strings. *Phys.Rev.* D44.3067–3071.

Vilenkin, A., eta E.P.S. Shellard. 1994. *Cosmic strings and other topological defects*. Cambridge University Press.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Lan hauek i2Basque (Euskal Herria), COSMOS Consortium supercomputer (Erresuma Batua), Milipeia (Portugal) eta Swiss National Supercomputer Center-CSCS (Suitza) konputazio azpiegituretan gauzatu dira. Hontaz gain, *Abelian Higgs* soken proiektuan D. Daverio, M. Hindmarsh eta M. Kunz izan ditugu lankide eta soka semilokalenean A.Achúcarro, A. Avgoustidis, A. M. M. Leite, C. J. A. P. Martins eta A. S. Nunes. Sinatzaileok ondoko proiektuen babesa eskertu nahi genuke: Eusko Jaurlaritza (IT-559-10), Espainiako gobernuko MINECO (FPA2012-34456) eta CPAN CSD2007-00042 eta EPI CSD2010-00064 Consolider Ingenio programak. Azkenik, A.L-E Eusko Jaurlaritzako BFI-2012-228 bekaren jabea eta J.L. UPV/EHUko PIF2011 bekaduna.

# Biomonitorizazio teknika berrien garapena ingurugiroko kutsatzaile organikoen biokontzentrazioa determinatzeko

Ros O., Posada O., Delgado A., Vallejo A., Olivares M., Prieto A. eta Etxebarria N.
*Kimika Analitikoa Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU/UPV). 644 posta kutxatila, 48080 Bilbo, Bizkaia.*
*oihana.ros@ehu.eus*

***Laburpena***

*Euskal Herriko estuarioetan bizi diren arrainak kutsatzaileen koktel handi batera esposatuak daude egunero. Kutsatzaile hauek aldaketak eragiten dituzte sistema endokrinoan, arrainen tamaina txikituz edo malformazioak eta intersexualitatea sortaraziz, adibidez. Aldaketa hauek kutsatzailearekin eta bere kontzentrazioarekin erlazionatua dagoenez, kutsatzaileen kontzentrazio maila ezagutzea beharrezkoa da. Lan honetan, aldaketa hormonalak eragiten dituzten hainbat konposatu (pestizidak, bisfenol-A, hormonak, musk fragantziak, ftalatoak eta alkil fenolak) aztertu dira ur laginetan (estuario eta araztegiko irteera) zein lazunen (Chelon labrosus) bilisean. Oro har, kutsatzaileak lazunen bilisean, ur laginetan baino 1000 aldiz kontzentrazio handiagoan aurkitu dira.*

*Hitz gakoak: lazunak, arrain bilisa, biokontzentrazioa, konposatu organikoak, estuarioak, araztegiko irteera korrontea*

***Abstract***

*The fish inhabiting the Basque estuaries are everyday exposed to a chemical cocktail. As a consequence, the fish suffer from some endocrine alterations dealing to a size decreasing, malformations or intersexuality, for instance. These changes are related with the contaminant concentration, thus it is very important to know the level of the contaminants. In this work, different compounds causing endocrine disruption (pesticides, bisphenol-A, hormones, musk fragrances, phthalates and alkyl phenols) are measured in water samples (estuary and effluent waste water) and in mullet´s (Chelon labrosus) bile. In general, the pollutants in mullet's bile were 1000 higher than the ones reported in water samples.*

*Keywords: mullets, fish bile, bioconcentration, organic compounds, estuaries, wastewater treatment plant effluent*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Kutsatzaile kimikoek eta naturalek ekosisteman zein gizakiaren osasunean duten efektuen eta eraginaren azterketa, arlo desberdinetako ikerketa talde askoren helburu nagusi bilakatu da azken aldi honetan. Gaur egun, ingurumenaren ebaluazioa egiteko, tresna eta metodologia estandarrik ez dagoenez (bateratutako erreferentziak, kutsatzaileen eragina aztertzeko balioztatutako prozedurak…), esfortzu handia egin behar da guztiontzat baliagarriak diren metodologia estandarrak garatzeko. Horretarako, egin beharreko urratsetako bat monitorizazio estrategia egoki eta sendoen garapena da.

Zentzu honetan, Europar Batasunean (EB) ur ingurumenaz arduratzen den legedi nagusia Uraren Marko Direktiba (*Water Frame Directive*, WFD) da. Legedia honek, kutsatzaileak bi talde nagusitan sailkatzen ditu, lehentasunezkoak eta emergenteak. Lehentasunezkoak, urteetan zehar erabili izan diren eta ingurugiroan kalte esanguratsua eragiten duten konposatuak dira. Horrez gain, hauek aztertzeko erabili beharreko metodoak ezagunak dira. Hala ere, azken hamarkadan kutsatzaile berriak gehitu dira zerrenda honetara, ftalatoak, nonilfenolak, bisfenol-A (BPA) eta estrogeno sintetikoak adibidez eta konposatu hauentzat ez dago metodologia estandarrik finkatuta. Bigarren taldean, aldiz, kutsatzaile emergenteak zerrendatzen dira. Talde honetan farmazeutikoak, zaintza pertsonaleko produktuak edo ultramore iragazkiak aurkitzen dira besteak beste. Hauen eragina ingurugiroan, eta bizidunentzat oso argi ez dagoen arren, kalteak eragiten dituztelako susmoa dago (Jeannot, 2002; Fent et al., 2006; Bergman, 2013). Hala ere, gaur egun arte ez dira legedi hauen monitorizazio programan sartu.

Kutsatzaile hauen iturririk garrantzitsuena araztegietako irteera korronteak dira (Ellis et al., 2006; Miege et al., 2009; Bizkarguenaga et al., 2012; Ros et al., 2015). Berez, araztegiak ez daude prestatuta kutsatzaile hauek arazteko, eta konposatuak irteerako korrontetik kaleratzen dituzte etengabe. Nahiz eta kaleratzen diren kontzentrazio mailak baxuak izan (ng/L maila), etengabeko kaleratzea denez, nahikoa da ingurumenean efektu toxikoak sortzeko, animalietan metatzeko eta sistema endokrinoan aldaketak eragiteko (Madsen et al., 2004; Martínez-Gómez et al., 2013; Bizarro et al., 2014). Malformazioak, tamainaren txikitzea, populazioaren murrizketa eta intersexualitatea dira kutsatzaile maila hauen ondorioetako batzuk (Madsen et al., 2004; Martínez-Gómez et al., 2013; Bizarro et al., 2014). Aldaketa guzti hauek, sistema endokrinoaren berezko prozesuan gertatzen diren aldaketen ondorioa dira. Konposatu hauei disruptore endokrino (*Endocrine Disrupting Compound*, EDC) deritze. 500 konposatu baino gehiago proposatu dira[1] EDC moduan sailkatzeko. Hauen artean alkil fenolak (AP), dioxinak, pestizidak, plastikoen osagaiak, hormona natural zein sintetikoak, hidrokarburo polizikliko aromatikoak eta zaintza pertsonaleko produktuak aurki ditzakegu. Konposatu hauek, ziklo endokrinoa kontrolatzen duten hormonak imitatzeko gai dira sistemaren funtzionamendua aldaraziz. Intersexualitatea da arazo aipagarrienetako bat, non arrain hauek ar eta emeen ezaugarriak erakusten dituzten aldi berean (Bizarro et al., 2014). Mundu mailan arrain espezie desberdinetan aurkitu da fenomeno hau (De metrio et al., 2003; Martinez-Gomez et al., 2013) baita Euskal Herrian (EH) ere, Urdaibaiko biosferan (Gernikako araztegi aurrean), Pasaia eta Debako portuetan adibidez (Puy-Azurmendi et al., 2013; Bizarro et al., 2014; Sardi et al., 2015). Gainera, aipatzekoa da, kutsatzaile hauek arrainetan metabolizatzen direla eta eratzen diren metabolitoek ere efektu berdinak sortzen dituztela. Ondorioz, kutsatzaileak aztertzeaz gain, beren metabolitoak ere aztertu behar dira.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Aurretiaz aipatu diren arazoei aurre egiteko eta EH-ko egoera ezagutzeko helburu nagusi hau planteatu da:

EDC desberdinak biomonitorizatzeko metodo analitiko berriak garatzea bai arrainetan bai uretan.

Helburu nagusi hau lortzeko 6 izan dira ikerketan zehar aztertutako EDC familiak: ftalatoak (bis-2-etilhexil ftalatoa (DEHP), di-*n*-oktil ftalatoa (DOP) eta *n*-butil-bentzil ftalatoa (BBP) eta hauen metabolitoak (mono-2-etilhexil esterra (MEHP), mono-*n*-oktil esterra (MOP) eta mono bentzil esterra (MBzP)), pestizidak (α, β, γ, δ-hexakloro ziklohexano isomeroak (α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH), klorfirifos, klorfenbinfos, 2,4-bis(p-klorofenil) etano (2,4-DDD), 4,4-bis(p-klorofenil) etano (4,4-DDD), 1-kloro-2-[2,2,2-trikloro-1-(4-klorofenil)etil] (2,4'-DDT) eta 1,1'-(2,2,2-trikloroetilideno) bis[4-kloro] (4,4-DDT)), eta bi metabolito (α-2,4'-trikloro azetofenona (TCA) eta 3,5,6-trikloro-2-piridinol (TCP)) musk fragantziak (galaxolide (HHCB) eta tonalide (AHTN)), AP (4-*tert*-oktil fenola (4*t*OP), 4-*n*-oktil fenola (4*n*OP) eta nonil fenol nahaste isomerikoa ($NP_{mix}$)), hormona natural zein sintetikoak (17 β-estradiola (E2) eta 17 α-etinilestradiola (EE2)) eta BPA.

Orain arte garatu izan diren metodoak ez dira gaur ezagutzen ditugun konposatu guztiak neurtzeko gai. Hori dela eta, metodo berri hauek konposatu askoren aldibereko determinazioa ahalbidetu behar dute traza mailan. Gainera, konposatu hauen ezaugarri fisiko-kimikoei esker, arrainen atal desberdinetan metatzeko joera dute (Martinez-Gomez et al., 2013); ondorioz, metodo analitikoak uretan garatzeaz gain arrainen bilisean, plasman eta muskuluan ere garatu behar dira bai analitoentzat baita beraien metabolitoentzat ere. Aztertuko den matrizearen arabera, erauzketa metodo desberdinak erabiliko dira. Matrize likidoentzat fase solido erauzketa (*solid phase extraction*, SPE) eta polimero desberdinetako zuntzen bidezko mikroerauzketa erabiltzen diren bitartean, matrize solidoetarako ultrasoinu fokatuaren bidezko erauzketa (*Focused Ultrasound Solid-Liquid extraction*, FUSLE) erabiliko da.

Azkenik, garatutako metodologia guztiak bateratuko dira, kontrolpeko esperimentu batean, aukeratutako kutsatzaileek arrainetan daukaten biokontzentrazioa determinatzeko.

## 3. Ikerketaren muina

Ikerketa lan honetan, 3 izan dira garatu diren lanik aipagarrienak.

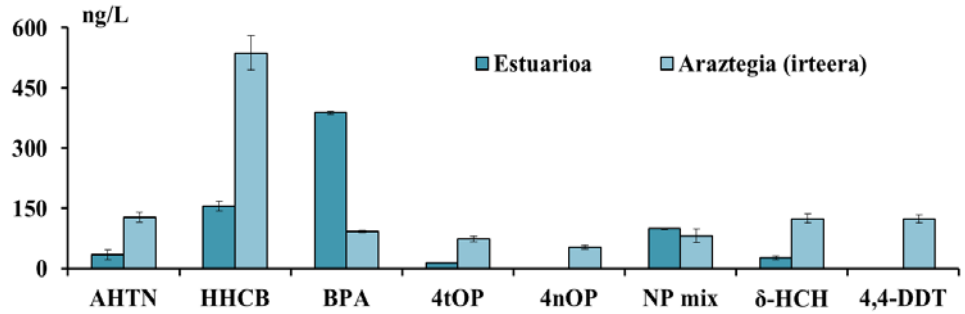
### 3.1 Ur laginen analisia egiteko metodoaren garapena

Ur laginen analisia burutzeko, mikroerauzketan oinarritutako metodo berri bat optimizatu da polietersulfona (*polyethersulfone*, PES) polimeroa erabiliz. Laburki azalduta, jasotako 150 mL ur laginei % 10 gatza gehitu zaie eta 7.5 cm luzera duen PES zuntz bat sartu da erauzketa burutzeko. Laginak gau osoan irabiatzen egon ostean etil azetatoa (EtOAC) erabiliz analitoak zuntzetik erauzi eta gas-kromatografia–masa-espektrometria (GC-MS) bidez neurtu dira.

Metodo hau Galindo araztegiko irteera urei eta Nerbioi-Ibaizabal estuarioko urei aplikatu zaie. 1.irudian ikus daitekeen moduan, bai estuario bai araztegiko irteerako uretan 2 musk fragantzia, BPA, 3 AP eta bi pestizida detektatzen dira ng/L mailan. Araztegiko uretan HHCB fragantzia detektatzen da kontzentrazio altuenean. Estuarioan, aldiz, BPA da kontzentrazio altueneko konposatua.

Araztegietako uretan konposatu gehiago antzematen dira eta kontzentrazio altuagoetan daude BPA-ren kasuan izan ezik. Galindoko araztegiak Bilbo handiko etxeko urak eta ur industrialak jasotzen ditu (350000 $m^3$/egunean); beraz, ulertzekoa da araztegietako urak estuariokoak baino kutsatuagoak egotea. Emaitza hauek lan taldearen beste ikerketa batzuekin bat datoz, non teknika desberdinak erabiliz araztegietako irteera eta estuarioko urak aztertu diren (Blanco-Zubiaguirre et al., 2013; Delgado et al., 2013; Ros et al., 2015).

**1. irudia. Araztegi eta estuarioetako laginetan aurkitutako konposatuak ng/L mailan.**




### 3.2 Bilis laginen azterketa egiteko metodo analitikoaren optimizazioa

Bilis laginak aztertzeko bi metodo desberdin garatu dira.

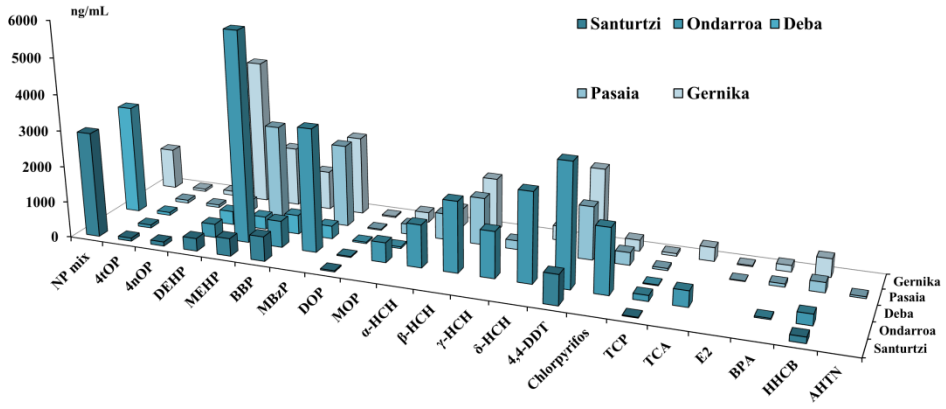
Lehenengoan Euskal Herriko kostaldeko 5 puntu desberdinetako (Urdaibaiko estuarioa eta Deba, Pasaia, Ondarroa eta Santurtziko portuak) lazunak aztertu ziren. Lan hau Euskal Herriko Unibertsitateko (EHU) Zoologia eta Biologia molekularreko lankideekin batera burutu zen kutsatzaileek arrainetan izan ditzaketen ondorioak kuantifikatzeko, intersexualitatea adibidez. Erauzketa burutu aurretik, hidrolisi entzimatiko urrats bat burutu behar da metabolizatutako konposatuak aske uzteko. Ostean, erauzketa prozesu bat egiten da SPE bidez. Hidrolizatutako 100 µL bilis Plexa SPE kartutxoetatik (estireno-dibinilbentzeno hidrofilikoa, 200-mg) pasarazten dira eta kutsatzaileak 4 mL EtOAC-kin berreskuratzen dira. Berreskuratutako EtOAC-n interferentzia gehiegi erauzten direnez, SPE bidezko garbiketa pauso bat egin behar da Florisil erabiliz. Garbiketa honetan ere, ezaugarri fisiko-kimiko desberdinak dituzten analitoak bereizten dira. Lehenengo taldean AP, pestizidak, musk fragantziak eta ftalatoak daude eta bigarren taldean, pestizida eta ftalato metabolitoak, hormonak eta BPA. Lehenengo taldeko konposatuak zuzenean GC-MS bidez neurtzen dira eta bigarren taldekoak GC-MS bidezko analisia baino lehen deribatizatu egin behar dira.

2 irudian, aztertutako 5 puntuetan lortutako emaitzak ikus daitezke. Bertan, analitoak ng/mL-ng/µL mailan (arrain guztietan dagoen kontzentrazioaren batez bestekoa dago irudikaturik) aurkitzen dira. Lagin puntu guztietan azterturiko familietatik konposatu bat detektatzeko gai izan gara. Ondarroa eta Gernika dira kutsadura maila handiena erakusten duten tokiak; hala ere, arrainik kutsatuena Gernikako

araztegiaren irteeran aurkitu da. Uren kontzentrazioei erreparatzen badiegu, Gernika izan da kutsadura mailarik handiena erakutsi duen gunea.

Gernikako puntuaz gain, Pasaia eta Debako puntuetan ere intersex arrainak aurkitu dira, nahiz eta Gernikan baino kopuru txikiagoan izan. Metodo honekin frogatuta geratu da konposatuek bilisean metatzeko duten joera eta uretan detektatu ezin diren hainbat konposatu ikusteko gai garela

**2. irudia. Euskal kostaldeko puntu desberdinetan jasotako arrainen bilisaren kontzentrazioa ng/mL.**




Bigarren metodologian, aldiz, bilisa aztertzeko PES bidezko mikroerauzketa erabiltzen da AP, hormonak, BPA eta ftalato metabolito bat aztertzeko.

Lan honetan, analitoak likido-kromatografia–tandem masa-espektrometria (LC-MS/MS) analizatu dira eta hidrolisia eta erauzketa aldi berean egin dira, prozesua 15h-tik 3h-ra murriztuz. Laburki, hidrolizatu gabeko 100 µL bilis 7.5 cm PES zuntzekin (5 zatitan banatuta) eta hidrolisia burutzeko behar den entzimarekin (200 µL β-glukuronidasa) nahasten dira. Lagina 3 orduz irabiatzen da 37 ˚C-an eta ondoren, analitoak metanola (MeOH) erabiliz berreskuratzen dira LC-MS/MS analisiaren aurretik. Metodologia berri honekin ia 9 ordu aurreratzeaz gain 15 lagin batera aztertu daitezke prozesua asko erraztuz. Metodo hau Galindo ibaian hartutako bilisetan erabili da eta MEHP eta BPA izan dira aurkitutako konposatuak ng/mL mailan.

### 3.4 Biokontzentrazio mailak

Aurretik garaturiko bi metodologiak lan batean elkartu dira, lazunek duten biokontzentrazio maila determinatzeko. Esperimentu hau, EHUk duen Plentziako Itsas Estazioan (PIE) burutu zen, Gernikako eta Galindoko araztegietako irteerako urak erabiliz. Ur hauek, itsasoko urarekin nahastu dira %25, %50 eta %75 mailan eta ontzi bakoitzean heldugabeko 20 lazun sartu dira. Ura bi egunean behin aldatu da eta aldaketa aurretik eta aldaketa ostean kutsatzaileen balioak neurtu dira. Oro har, aipatu behar da esperimentuak iraun bitartean uren kontzentrazioa nahiko egonkor mantendu dela, ng/L mailan analito guztientzat, HHCB, BPA eta ftalatoentzat izan ezik (ng/mL maila). Bilis laginei dagokienez, esperimentuko 3. egunean 10 arrain jaso dira eta gainontzeko guztiak esperimentu amaieran, 10. egunean.

Bilisean analitorik gehienak ng/mL mailan aurkitzen dira eta $NP_{mix}$, BPA eta ftalatoak izan ezik (ng/µL mailan). Uretan detekzio muga azpitik dauden hormonak adibidez bilisean aurkitu dira, baina pestizidarik ez da atzeman. Bilisaren erabilerarekin frogatu daiteke, kimika analitikoaren ikuspegitik oraindik detekta ezinak diren hainbat analito ingurumeneko uretan aurkitzen direla, nahiz eta oso maila baxuan izan. Horrez gain, aipatzekoa da bilisean ikusitako kontzentrazioak ez direla uraren diluzioarekin aldatzen, ezta esposatze egunekin ere. Arrainen poltsa biliarra etengabe husten dute; beraz, pentsatzekoa da konposatu hauek eguneroko menpekotasunik ez dutela.

1.taulan Galindoko arrainentzat lorturiko biokontzentrazio faktoreak (BKF=Analitoen kontzentrazioa bilisean/Analitoen kontzentrazioa uretan) laburbiltzen dira. Kasurik gehienetan biokontzentrazio maila diluzio mailarekin jaisten da musk fragantzien salbuespenarekin. Azken kasu honetan, bilisean lortzen den kontzentrazioa diluzio mailaren menpekoa da, hau diluzio faktorea baino handiagoa izanik. Hori dela eta, BKF-n hazkuntza bat ikusten da. Azkenik, aipatu beharra dago, zenbait kasutan lorturiko BKF balioak handiak direla eta Kanadako gobernuak 1995. urtean proposatu zuen moduan (Kanadako gobernua, 1995) BKF 5000 baino handiagoa denean, biokontzentrazioa dagoela aipa daiteke; beraz, bilisak analitoak metatzeko duen ahalmena baieztaturik geratzen da.

**1. taula. Galindoko araztegiko urak erabiliz lazunentzat lortu diren biokontzentrazio mailak bilisean.**

| | 3.eguna | | | 10. eguna | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% Diluzioa | 50% Diluzioa | 75% Diluzioa | 25% Diluzioa | 50% Diluzioa | 75% Diluzioa |
| HHCB | 414 | 661 | 1135 | 1565 | 1373 | 1372 |
| AHTN | <detekzio muga | 5966 | 19360 | 6860 | 10696 | 11219 |
| BBP | 7625 | 5728 | 7773 | 36355 | 6383 | 18086 |
| DEHP | 7900 | 4229 | 8113 | 17564 | 3127 | 6122 |
| 4*t*OP | 16637 | 9755 | 7743 | 25315 | 13108 | 12522 |
| $NP_{mix}$ | 363467 | 171150 | 114012 | 475572 | 200829 | 171834 |
| 4*n*OP | 39389 | 19674 | 26020 | 74193 | 388577 | 87473 |
| BPA | 19519 | 7097 | 2276 | 3678 | 1392 | 1985 |
| E2 | 199653 | 149311 | 225874 | 639207 | 388577 | 87473 |
| EE2 | 33872 | 35413 | 33836 | 67018 | 57074 | 15852 |

## 4. Ondorioak

Ikerketa lan honen bitartez, EDC-ak analizatzeko metodo berriak, azkarrak eta errepikakorrak garatu dira. Ondorioz, EDC-ak ingurugiroko ur desberdinetan detektatu ditugu. Horrez gain, lazunen bilisa erabiliz kimika analitikoaren ikuspegitik detekta ezinak diren zenbait konposatu ikusi ditugu, bilisak duen metatze-ahalmena baieztatuz. Bestaldetik, euskal kostaldean intersexualitatea erakusten duten arrainak aurkitu dira, eta hauek kontzentrazio mailarekin lotuta dagoelako susmoa areagotu egin da. Hala ere, oraindik lan handia geratzen da egiteko.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa lan honetan egin den lana hasiera baino ez da, beraz etorkizunari begira konposatu gehiago eta maila baxuagoan neurtzeko metodo berriak garatu beharko lirateke. Halaber, bilisaz gain plasma eta arrain muskuluan konposatuak neurtzeko metodoak garatu behar dira, baita arrain espezie desberdinak aztertu ere. Metodologia guztia prest dagoenean, euskal kostaldeko egoera monitorizatzea izango litzateke azken urratsa, honek duen egoera zein den ikusteko.

## 6. Erreferentziak

Bergman, Å. (2013): State of the science of endocrine disrupting chemicals - 2012, World Health Organization, U.N.E.P. (Ed.). An assessment of the state of the science of endocrine disruptors prepared by a group of experts for the United Nations Environment Programme (UNEP) and WHO.

Bizarro, C. (2014): Intersex condition and molecular markers of endocrine disruption in relation with burdens of emerging pollutants in thicklip grey mullets (Chelon labrosus) from Basque estuaries (South-East Bay of Biscay), *Marine environmental research*, 96, 19-28.

Bizkarguenaga, E. (2012): Solid-phase extraction combined with large volume injection-programmable temperature vaporization–gas chromatography–mass spectrometry for the multiresidue determination of priority and emerging organic pollutants in wastewater, *Journal of chromatography A*, 1247, 104-117.

Blanco-Zubiaguirre, L. (2013): Assessment of commercially available polymeric materials for sorptive microextraction of priority and emerging nonpolar organic pollutants in environmental water samples, *Environmental science and pollution research*, 121 (20), 11867-11883.

Delgado, S. (2013): Silicone rod extraction followed by liquid desorption-large volume injection-programmable temperature vaporiser-gas chromatography-mass spectrometry for trace analysis of priority organic pollutants in environmental water samples, *Talanta*, 117, 471-482.

De Metrio, G. (2003): Evidence of a high percentage of intersex in the Mediterranian swordfish (Xiphias gladius L.), *Marine pollution bulletin*, 46, 358-361

Ellis, J.B. (2006): Pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in urban receiving waters, *Environmental pollution*, 144, 184-189.

Fent, K. (2006): Ecotoxicology of human pharmaceuticals, Aquatic toxicology, 76, 122-159.

Hao, C. (2007): GC-MS and HPLC-MS analysis of bioactive pharmaceuticals and personal-care products in environmental matrices, *Trends in analytical chemistry*, 26, 569-580.

Jeannot, R. (2002): Determination of endocrine-disrupting compounds in environmental samples using gas and liquid chromatography with mass spectrometry, *Journal of chromatography A*, 974, 143-159.

Kanadako gobernua (1995): Toxic Substances management policy-persistence and bioaccumulation criteria. Kanadako gobernua, Ottawa, Ontario, Kanada. ISBN 0-662-61860-2.

Madsen, S. (2004): 17-β Estradiol and 4-nonylphenol delay smolt development and downstream migration in Atlantic salmon, Salmo salar, *Aquatic toxicology*, 68, 109-120.

Martinez-Gomez, C. (2013): Integrated chemical and biological analysis to explain estrogenic potency in bile extracts of red mullet (Mullus barbatus), *Aquatic toxicology*, 134-135, 1-10.

Miege, C. (2009): Fate of pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment plants – Conception of a database and first results, *Environmental pollution*, 157, 1721-1726.

Puy-Azurmendi, E. (2013): Endocrine disruption in thicklip grey mullet (Chelon labrosus) from the Urdaibai Biosphere Reserve (Bay of Biscay, Southwestern Europe), *Science of total environment*, 433, 233-244.

Ros, O. (2015): Microextraction with polyethersulfone for bisphenol-A, alkylphenols and hormones determination in water samples by means of gas chromatography–mass spectrometry and liquid chromatography–tandem masss pectrometry analysis, *Talanta*, 134, 247-255.

Sardi, A. (2015): Steroidogenesis and phase II conjugation during the gametogenesis of thicklip grey mullets (Chelon labrosus) from a population showing intersex condition, *General and comparative endocrinology*, DOI: 10:1016/j.ygcen.2015.01.005

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Lan hau Espainiako ekonomia eta lehiakortasun ministerioak (CTM-2010-21599) eta ORQUE SUDOE proiektuak (SOE3/P2/F591/5) diruz lagundu dute eta tesia burutzeko beka EHU-ko euskara errektoreordetzak eman du. Biologia eta zoologia molekularra saileko kideak eskertu nahi ditugu arrainen inguruan eman diguten laguntzagatik.

# Triazol pestiziden determinaziorako mikroerauzketa teknika eta banaketa kromatografikoan oinarritutako metodoen garapena

Bordagaray A., Garcia-Arrona R., Millán E.
*Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU/UPV)*
*Kimika Fakultatea. Manuel de Lardizabal 3, 20018 Donostia*
ane.bordagaray@ehu.es

***Laburpena***

Uzten kalitatea bermatzeko eta onddo eta bestelako organismoek eragin ditzaketen kalteak kontrolatu ahal izateko, pestiziden erabilera oso ohikoa da. Konposatu horiek, ordea, kontsumituz gero kalte ugari sor ditzake gizakion osasunean. Horregatik, triazol konposatuak ahalik eta kontzentrazio txikienetan determinatzeko metodoak garatzea garrantzitsua da. Mikroerauzketa metodo ezberdinen bidez, analitoen prekontzentrazioa eta isolatzea pausu bakar batean ematea ahalbidetzen da, ondoren kromatografia metodo ezberdinez banatu eta determinatzeko. Prozedurak hobetzeko metodo kimiometrikoak erabilgarriak izan daitezke, bai aldagaien optimizaziorako eta baita datuak lortu ondorengo post-tratamenduetarako ere.

Hitz gakoak: triazolak, mikroerauzketa, kromatografia, kimiometria

***Abstract***

*To assure the quality of orchards and to control fungus and other organism diseases is very common the use of pesticides. Nevertheless, these compounds can cause injuries in human health. Therefore, is important to develop methods to determine triazole compounds in a very low concentration. Through microextraction techniques the preconcentration and isolation of analytes is performed in a single step, followed by chromatographic separation and determination. To improve those procedures, chemometric tools can be useful, firstly for optimization of many variables and secondly for the post-treatment of the obtained data.*

*Keywords: triazoles, microextraction, chromatography, chemometrics*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Triazol fungizidak baratzeetako onddo gaixotasunak kontrolatzeko erabili ohi diren konposatuak dira. Konposatu horiek, ordea, animalietan eragin kaltegarriak izan ditzaketela erakutsi dute, hala nola efektu tumoregenikoak eta ugalketa-sisteman kalteak (Allen et al., 2006, Wolf et al., 2006, Taxvig et al., 2007). Gizakiaren kontsumorako diren elikagaien segurtasuna bermatzeko Europar Batasunak konposatuen gehienezko hondakin muga ezarri zituen (*MRL*) (Regulation EC 396/2005, 16.3.2005) eta ordutik hona, muga horiek eguneratuz joan dira. Lan honetan aztertu diren triazolentzako (dinikonazola, flusilazola, flukinkonazola, miklobutanila, tebukonazola eta tetrakonazola) muga horiek gaur egun 0.01 eta 1 mg $kg^{-1}$ bitartekoak dira.

Prozedura analitikoetan laginen prestaketa ezinbesteko pausua da, baina baita ere neketsuena eta errore iturburu handiena ere. Analito hauek fruitu eta barazkietan aurki daitezkeen kontzentrazio baxua dela eta, beharrezkoa da prekontzentrazio etapa bat (Zhang et al., 2012). Metodo ezberdinen artean mikroerauzketa teknikek indar handia hartu dute azken urteetan. Fase solidozko mikroerauzketa (SPME) garatzen hasi zenetik (Pawliszyn, 1997) artikulu ugari argitaratu dira. Zuntz polimeriko baten sortzioan oinarritzen da teknika hau, laginarekin kontaktuan jarriz analitoak xurgatu ondoren gas edo likido kromatografiaren (GC, LC) bidez banatu eta detektatzen dira kuantifikatu ahal izateko. Zuntzek zuten desabantaila batzuk gainditzeko fase likidoko mikroerauzketak (LPME) agertu ziren (Jeannot eta Cantwell, 1996). LPME-k kasu bakoitzerako moldakortasun handia erakusten du (Sarafraz-Yazdi eta Amiri, 2010, Spietelun et al., 2014). Besteak beste, ultrasoinuz lagundutako emultsifikazio mikroerauzketan (USAEME) (Regueiro et al., 2008) tanta erauztailearen mikronizazio edo

dispertsioaren ondorioz, gainazal azaleraren handiagotzea eragiten du eta honek aldi berean analitoen masa transferentzia laguntzen du. Ondoren tanta jasotzeko tanta organikoaren solidifikazio bidez egin daiteke (SFO), izotz bainu bat erabiliz. Gainera, likido mikroerauzketa teknikak edozein detekzio-instrumenturi akoplatzeko arazorik ez dakar, ezta interfase bereziren beharrik ere. Teknika horiek, disolbatzaile kantitate minimoak erabiltzen dituztenez kimika berdearen ikuspegiaren alde agertzen dira.

Teknika hauek ordea, hainbat aldagaien menpe daude (erauzketa denbora eta tenperatura, gatz gehikuntza, desortzio baldintzak,etab.). Aldagai hauen balio optimoak lortzea ezinbestekoa da ahalik eta erantzun hoberena lortzeko (Stalikas et al., 2009). Horregatik diseinu esperimentalak eskaintzen dituen erremintak erabili dira, hala nola, miaketa, aldagai garrantzitsuak zein diren ikusteko eta optimizazioa, erantzun maximoa emango duten aldagaien balio optimoak aurkitzeko.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Ikerketaren helburua triazol fungizidak determinatzeko mikroerauzketa tekniken garapena da. SPME eta USAEME teknikekin erauzitako analitoak gas kromatografia (GC) edota bereizmen handiko likido kromatografia (HPLC) bidez emanez eta teknika hauen ezagutza zabalduz. Prozedura horien eraginkortasun maximoa lortzeko, teknikak baldintzatzen dituen aldagai garrantzitsuak identifikatu eta optimizatuko dira miaketa eta optimizazio prozeduren bidez. Analito hauek Euskal Herrian duten erabilerarengatik, prozedurak sagar eta mahats laginetan aplikatu dira metodoen eraginkortasun eta egokitasuna ikusteko.

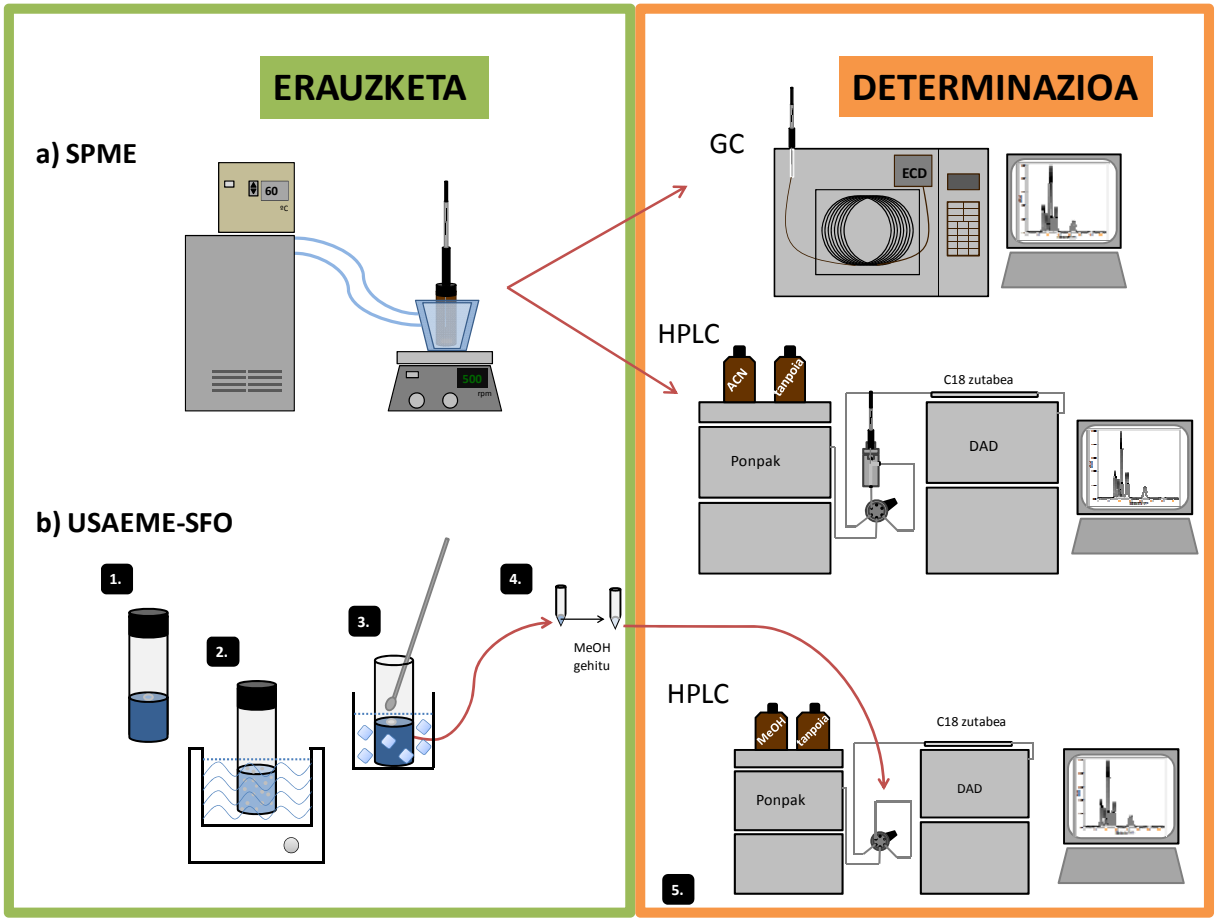
## 3. Ikerketaren muina

### 3.1. Metodoen prozedura esperimentala

SPME erauzketa prozedura zuntz polimerikoa laginean murgiltzean datza (1.a. irudia). Bainu termostatiko batean dagoen bial batean lagina kokatzen da, eta SPME-ren orratzarekin biala ixten duen septa zeharkatzen da. Erauzketa denbora konkretu bat igaro ondoren zuntza jaso eta desortzio etapara eramaten da. Desortzioa GC edo HPLC bidez egin daiteke (Bordagaray et al., 2011, Bordagaray et al., 2013). GC bidez egiten denean desortzio termikoa dela esaten da, eta zuntza injektorean denbora batez mantenduz ematen da. Desortzioa HPLC bidez egin nahi izanez gero, interfase berezi bat erabili behar da, SPME zuntza jasoko duena. Bertan, fase mugikorrez betea dagoen ganbaran murgiltzen da zuntza eta analitoen desortzioa emango da. Edozein desortzio mota dela ere, ondoren banaketa eta determinazioa emango da eta lortutako kromatogrametatik azalerak integratuz kuantifikazioa egingo da.

USAEME-SFO prozeduran lehenik tanta erauztailea laginean isurtzen da (1.b. irudia, 1. pausua) (Bordagaray et al., 2014). Ondoren ultrasoinu (US) bainu batean sartuz tantaren dispertsioa ematen da, horrela kontaktu gainazala areagotuz (1.b. irudia, 2. pausua). Erauzketa denbora pasatu ondoren zentrifugazio bidez, dispertsatutako erauztailea tanta formara eramaten da berriz, eta jasotzeko izotz-bainu batean murgiltzen da (1.b. irudia, 3. pausua). Horrela, tanta solidifikatu eta espatula batez jaso daiteke. Tanta, beste bialtxo batera eramaten da bertan urtu dadin eta metanola gehitzen zaio HPLC-ko fase mugikorrarekin bateragarria izateko (1.b. irudia, 4. pausua). Azkenik, HPLC-n banaketa eta determinazioa emango da (1.b. irudia, 5. pausua).

**1. irudia. (a) SPME eta (b) USAEME-SFO erauzketa eta GC eta HPLC bidezko determinazioaren irudikapen eskematikoa.**




### 3.2. Emaitzak

#### 3.2.1. Diseinu esperimentala

Mikroerauzketa prozesuetan eragiten duten hainbat aldagai egon daitezke. Diseinu esperimentalaren laguntzaz garrantzitsuak diren aldagaiak identifikatu daitezke eta ondoren aldagaien balio optimoak lortu. Horregatik lehenengo lana, miaketa prozeduren bidez (diseinu faktorial zatikatuak erabiliz) adierazgarriak diren aldagaiak aurkitzea izango da. Segidan, diseinu konposatu zentralen laguntzaz, aldagaien balio optimoak bilatuko dira.

Mikroerauzketetan eragin dezaketen aldagaietako batzuk ondorengoak dira: erauztaile mota (zuntz estaldura SPME-n eta disolbatzaile mota eta bolumena USAEME-n) erauzketa denbora eta tenperatura, gatz gehikuntza (NaCl), desortzio denbora eta tenperatura (SPME kasuan), agitazioa eta zentrifugazio eta izozte baldintzak USAEME-SFO kasuan. Horrela bada, metodo bakoitzerako aldagai garrantzitsuak 1. taulan adierazten den bezala finkatu dira.

Garrantzitsuenak diren aldagaiak honela finkatu ziren:, SPME kasuan erauzketa denbora luzeak behar izan dira (45 eta 90 min), aldiz USAEME kasuan laburragoa izan da (18 min). Erauzketa tenperaturari dagokionez 60ºC eta 30ºC izan ziren SPME eta USAEME-rentzat, hurrenez hurren. NaCl gehikuntzak erauzketa laguntzen du, baina kristalizazioaren ondorioz zuntza kaltetzen denez SPME-GC kasuan ez zen gatzik gehitu eta SPME-HPLC kasuan murriztu egin zen (180 g $L^{-1}$). USAEME-rekin 250 g $L^{-1}$-ko kontzentrazioa erabili zen.

**1.Taula. Diseinu esperimentalaren bidez optimizatutako aldagaien balioak.**

| | SPME-GC/ECD | SPME-HPLC/DAD | USAEME-SFO-HPLC/DAD |
|---|---|---|---|
| Erauztailea | PDMS/DVB zuntza | PDMS/DVB zuntza | Undekanola (50 µL) |
| Erauzketa denbora (min) | 45 | 90 | 18 |
| Erauzketa tenperatura (ºC) | 60 | 60 | 30 |
| NaCl gehikuntza (g $L^{-1}$) | - | 180 | 250 |
| Desortzio baldintzak | 260ºC, 3 min | 2 min, fase mugikorrarekin | - |
| Agitazioa (rpm) | 500 | 500 | - |
| Zentrifugazioa | - | - | 4200 rpm, 10 min |
| Izozte baldintzak | - | - | 3ºC, 5 min |

### 3.2.2. Balidazioa

Optimizazioaren ondoren, kuantifikatu ahal izateko kalibrazioak egin ziren. Metodo bakoitzaren egokitasuna ikusteko linealtasuna, detekzio-muga (LOD), errepikakortasuna (RSD %) eta laginetan egindako berreskuratzeak ikusi ziren. Hauek kalkulatzeko kromatogrametako analitoen gailurren azalerak erabili ziren. Izan ere, azalera hauek analito kontzentrazioarekiko proportzionalak dira. 2. Taulan metodo bakoitzarekin lortutako ezaugarri analitoak ikus daitezke.

**2.Taula. Triazolen determinaziorako lan honetan garatutako metodoen ezaugarri analitikoak.**

| Metodoa | Matrizea | Analitoak | Linealtasuna (µg $L^{-1}$) | LOD (µg $L^{-1}$) | RSD (%) | Berreskuratzea (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SPME-GC/ECD | Mahats-sagar zukuak | D-M-TT-TB | 0.4-2560 | 0.2-162 | 3.3-18.0 | 93.6-112.1 |
| SPME-HPLC/DAD | Ura, fruitu laginak | D-M-FQ-FS-TB-TT | 5.5-50.4 | 1.5-5.9 | 2.8-13.1 | 94.5-123.4 |
| USAEME-SFO-HPLC/DAD | Ura, mahats-sagar laginak | D-M-FQ-FS-TB-TT | 20-890 | 10.9-17.2 | 1.9-10.6 | 82-112 |

D: dinikonazola; M: miklobutanila; FQ: flukinkonazola; FS: flusilazola; TB: tebukonazola; TT: tetrakonazola.

### 3.2.3. Metodoen aplikazioa laginetan

Metodo horiek sagar eta mahats laginetan aplikatu dira. Horretarako kasu bakoitzerako lagin mota ezberdinak jaso dira eta zatiki ezberdinetan banatu dira, hala nola, zukua, azala eta pulpa. Lagin komertzialak ere aztertu dira: zuku eta muztio komertzialak eta sagardoa esaterako. Triazol arrastoak

aurkitu dira, batez ere azalak aztertzerakoan. Horrek, triazol fungizidak azalean geratzen diren tratamenduak direla erakusten du.

Beraien eraginkortasun egokia erakutsi badute ere, lagin mota batzuek dituzten ezpurutasunengatik prozedura kaltetu daiteke eta gerta liteke kasu batzuetarako ezegokiak izatea.

## 4. Ondorioak

Ikerketa honetan garatu diren hiru metodoak ondorengoak izan dira: SPME-GC/ECD, SPME-HPLC/DAD eta USAEME-SFO-HPLC/DAD. Metodoentzako lehenik miaketa eta optimizazio prozesuei esker aldagaien balio hoberenak lortu dira. Eta ondoren kuantifikazioari ekin zaio. Lortutako balidazio emaitzak egokiak izan dira jarritako helburuentzat eta laginetan egindako aplikazioak metodoen egokitasuna erakutsi du nahiz eta zenbait salbuespen egon lagin mota batzuetan.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Aipatu den bezala, lagin mota batzuetan mikroerauzketa hauek mugak izan ditzakete. Beraz, hurrengo pausua prozedura hauek lagin mota ezberdinetara zabaltzea litzateke. Prozesuan eragiten duten ezpurutasun eta faktore ezberdinak aztertuz eta analito hauek aurkitu daitezkeen beste lagin mota batzuetara ikerketa zabalduz.

Erabilitako detektagailu motak (ECD eta DAD), ohiko laborategietan aurki daitezkeenak dira, baina tarte lineala zabaltzeko eta kontzentrazio baxuagoak detektatzeko gai diren instrumentuak erabil daitezke, esaterako masa espektrometria (MS).

## 6. Erreferentziak

Allen, J.W., Wolf, D.C., George, M.H., Hester, S.D., Sun, G., Thai, S., Delker, D.A., Moore, T., Jones, C., Nelson, G., Roop, B.C., Leavitt, S., Winkfield, E., Ward, W.O.Nesnow, S. (2006). Toxicity Profiles in Mice Treated with Hepatotumorigenic and Non-Hepatotumorigenic Triazole Conazole Fungicides: Propiconazole, Triadimefon, and Myclobutanil, *Toxic. Pathology* 34, 853-862.

Bordagaray, A., García-Arrona, R.Millán, E. (2011). Optimization of Solid-Phase Microextraction Procedure Coupled to GC-ECD for Triazole Fungicides Determination in Juice Samples, *Food Anal. Methods* 4, 293-299.

Bordagaray, A., García-Arrona, R.Millán, E. (2014). Determination of Triazole Fungicides in Liquid Samples Using Ultrasound-Assisted Emulsification Microextraction with Solidification of Floating Organic Droplet Followed by Hihg-Performance Liquid Chromatography, *Food Analytical Methods* 7, 1195-1203.

Bordagaray, A., García-Arrona, R.Millán, E. (2013). Development and application of a screening method for triazole fungicide determination in liquid and fruit samples using solid-phase microextraction and HPLC-DAD, *Anal. Methods* 5, 2565-2571.

Jeannot, M.A. eta Cantwell, F.F. (1996). Solvent Microextraction into a Single Drop, *Anal. Chem.* 68, 2236-2240.

Pawliszyn, J. (1997). *Solid Phase Microextraction. Theory and Practice,* 1st edn, Wiley-VCH, New York (USA).

Regueiro, J., Llompart, M., Garcia-Jares, C., Garcia-Monteagudo, J.C.Cela, R. (2008). Ultrasound-assisted emulsification–microextraction of emergent contaminants and pesticides in environmental waters, *Journal of Chromatography A* 1190, 27-38.

Regulation EC 396/2005 (16.3.2005) of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC.

Sarafraz-Yazdi, A. eta Amiri, A. (2010). Liquid-phase microextraction, *TrAC Trend Anal. Chem.* 29, 1-14.

Spietelun, A., Marcinkowski, Ł, de la Guardia, M.Namieśnik, J. (2014). Green aspects, developments and perspectives of liquid phase microextraction techniques, *Talanta* 119, 34-45.

Stalikas, C., Fiamegos, Y., Sakkas, V.Albanis, T. (2009). Developments on chemometric approaches to optimize and evaluate microextraction, *Journal of Chromatography A* 1216, 175-189.

Taxvig, C., Hass, U., Axelstad, M., Dalgaard, M., Boberg, J., Andeasen, H.R.Vinggaard, A.M. (2007). Endocrine-Disrupting Activities *In Vivo* of the Fungicides Tebuconazole and Epoxiconazole, *Toxic. Sci.* 100, 464-473.

Wolf, D.C., Allen, J.W., George, M.H., Hester, S.D., Sun, G., Moore, T., Thai, S., Delker, D.A., Winkfield, E., Leavitt, S., Nelson, G., Roop, B.C., Jones, C., Thibodeaux, J.Nesnow, S. (2006). Toxicity profiles in rats treated with tumorigenic and nontumorigenic triazole conazole fungicides: propiconazole, tridimefon and myclobutanil, *Toxicologic Pathology* 34, 895-902.

Zhang, L., Liu, S., Cui, X., Pan, C., Zhang, A.Chen, F. (2012). A review of sample preparation methods for pesticide residue analysis, *Central European Journal of Chemistry* 10, 900-925.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau “Mikroerauzketa teknika eta banaketa kromatografikoan oinarritutako prozeduren garapena triazol fungiziden determinaziorako fruitu eta likido laginetan” tesian oinarritu da, 2015 urtean zehar defendatzea aurreikusten da.

Eskerrik beroenak ikerketa hau aurrera eramateko ezinbestekoa izan den EHU bekari eta Gipuzkoako Foru Aldundiari eta baita Rosa Garcia Arrona eta Esmeralda Millán zuzendariei ere.

# 2Dko koordinazio sare organometalikoen propietate elektroniko eta magnetikoak

Iker Gallardo eta Andres Arnau

*Centro de Física de Materiales CFM, Materials Physics Center MPC, Centro Mixto CSIC-UPV/EHU, P. de Manuel Lardizabal 5, E-20018 San Sebastían, Spain*

*Donostia International Physics Center (DIPC), Paseo de Manuel Lardizabal 4, 20018 San Sebastían/Donostia, Basque Country, Spain*

*Departamento de Física de Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Apdo. 1072, 20080 San Sebatían/Donostia, Basque Country, Spain*
*igallardo007@ikasle.ehu.es*

***Laburpena***

Lan honetan bi dimentsiotako koordinazio sare organometaliko ezberdinen propietate elektroniko eta magnetikoak aztertzen dira eta sistemek jasan ditzaketen indarrek propietate magnetikoetan dituzten eraginak ere aztertzen dira. Sare guztietan molekula organikoa tetrazianoetilenoa (TCNE) izango da eta atomo metalikoa 3d seriean banadiotik (V) nikelera (Ni) aldatzen joango da. Bertan ikusiko da, besteak beste, Ni-TCNE sarea ferromagnetikoa dela eta honen arrazoi posiblea emango da eta Co-TCNE sarearen egitura antiferromagnetikotik ferromagnetikorako trantsizioa azalduko da sarea indarren eraginpean jartzen denean.

Hitz gakoak: Sare organometalikoa, Propietate elektromagnetikoak, Egitura magnetikoa

***Abstract***

*In this work, they have been studied the electronic and magnetic properties of different two dimensional metal-organic coordination networks and the effects of the forces acting on the systems into the magnetic properties. The organic molecule of all the networks is the tetracyanoethylene (TCNE) and the metallic atom goes from the vanadium (V) to nickel (Ni) in the 3d series. In the work, they can be seen that the Ni-TCNE is ferromagnetic and a possible reason for this or the transition of the Co-TCNE from an antiferromagnetic structure to a ferromagnetic structure when it is subjected to forces.*

*Keywords: Metal-organic network, Electromagnetic properties, Magnetic structure*

## 1. Sarrera eta momentuko egoera

Azken urteetan, dimentsio txikiko sistemen egitura-magnetikoa ulertzen saiatzeko lanen kopurua asko handitu da (Blügel et al., 1988; Blügel et al., 1989; Blügel eta Bihlmayer, 2006; Faraggi et al., 2014; Tseng et al., 2009), baina oraindik ere oso zaila da aurreikustea zein diren egitura magnetikoa eragiten duten elkarrekintzen mota, indarra eta eremua. Honen adibide dira xafla mehe batzuk non propietate magnetikoak erakusten dituzten beraien egituran aldaketa txikiak eginez. Aztertutako sistema kopurua handitzen ari da etengabe, grafenoan eragindako ezpurutasun magnetikoetatik hasita bi dimentsioko sare organometalikoetaraino (Faraggi et al., 2012; Faraggi et al., 2014; Schilickum et al., 2007; Shi et al., 2010; Tseng et al., 2009).

Lan honetan propietate magnetikoak dituzten atomo-geruza bakarreko sare organometalikoak aztertuko dira. Sare organometaliko horiek prestatzeko $10^{-8}$ Pa baino presio txikiagoan dauden ganberak behar dira. Ganbera horietan molekula organikoak sublimatu egiten dira aurrez prestatutako gainazal batean molekula horietako batzuk atxikitzeko eta ondoren, atomo metalikoak lurrundu egiten dira molekula organikoen arteko loturak eratzeko. Sarea hezteko metodo honek ekiditen du atomo metalikoen artean loturak sortzea eta, ondorioz, momentu magnetikoak atomo metalikoetan aurkitzen dira eta XMCD (X-ray Magnetic Circular Dichroism) esperimentuetan magnetizazio-kurbak neurtu daitezke (Stepanow et al., 2006).

## 2. Ikerketaren helburuak

Lan honen helburua bi dimentsioko sare organometalikoen propietate elektroniko eta magnetikoen azterketa teorikoa modu sistematiko batean egitea da. Sarea 3d mailako trantsizio metalez eta elektroi hartzaile ona den molekula organiko batez, tetrazianoetilenoaz edo TCNEz (Wegner et al., 2008), osatua dago. Kalkuluak egiteko orduan, kontuan eduki behar da bi dimentsioko sistemen tenperatura kritikoa solido arruntena baino baxuagoa dela eta honek lortutako emaitzetan eragina izan dezakeela.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Oinarri teorikoa

Sistema bidimentsionalen, eta orokorrean, sistema kuantikoen, propietateak kalkulatzeko abiapuntua Schrödingerren ekuazioa da, ondorengoa izanik erabiltzen den Hamiltondarra:

$$H = -\frac{\hbar^2}{2}\sum_i \frac{\nabla^2_{\vec{R_i}}}{M_i} - \frac{\hbar^2}{2}\sum_i \frac{\nabla^2_{\vec{r_i}}}{m_e} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i,j}\frac{e^2 Z_i}{\left|\vec{R_i}-\vec{r_j}\right|} + \frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\sum_{i\neq j}\frac{e^2}{\left|\vec{r_i}-\vec{r_j}\right|} + \frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\sum_{i\neq j}\frac{e^2 Z_i Z_j}{\left|\vec{R_i}-\vec{R_j}\right|} \qquad (1)$$

Hamiltondar honen lehenengo bi terminoak nukleoen eta elektroien energia zinetikoak dira hurrenez hurren. Beste hirurak elektroien eta nukleoen arteko elkarrekintza elektrikotik datoz: hirugarrena elektroien eta nukleoen arteko erakarpen elektrikoa da, laugarrena elektroi desberdinen arteko aldarapena da eta azkenekoa nukleo desberdinen artekoa.

Hamiltondar honekin geratzen den Schrödingerren ekuazioa ezin da analitikoki ebatzi eta hainbat hurbilketa egin behar dira propietateak lortu ahal izateko.

Egiten den lehenengo hurbilketa Born-Oppenheimerren hurbilketa da: Nukleoen masa elektroiena baino askoz handiagoa da eta askoz abiadura txikiagoa dute ere; ondorioz, kontsidera daiteke elektroiak nukleoek eragindako potentzial baten eraginpean higitzen direla. Hurbilketa honen eraginez, nukleoen energia zinetikoa arbuiatu daiteke eta beraien arteko aldarapena konstantetzat jo daiteke.

Born-Oppenheimerren hurbilketa egin ondoren, Dentsitatearen Funtzionalaren Teoriaren (DFT) oinarrizko bi teoremak aplikatzen dira: Hohenberg eta Kohn-en teoremak. Teorema hauek ezartzen dute hainbat gorputzeko sistemaren oinarrizko egoeraren energia (E) karga dentsitatearen ($\rho(\vec{r})$) funtzional bakarra izatea eta hau txikiena izatea benetako sistemaren oinarrizko egoerentzako.

Azkenik, Kohn-Shamen hurbilketa egiten da: gure hainbat gorputzeko sistema erraz ebatzi daitekeen elkarrekintzarik gabeko hainbat gorputzeko sistemarekin ordezkatzen da. Ordezkapen hau egin ahal izateko baldintza bakarra dago; ordezkapenean parte hartu behar duten bi sistemen, elkarrekintzak dauden hainbat gorputzeko sistemaren eta erraz ebatzi daitekeen elkarrekintzarik gabeko hainbat gorputzeko sistemaren, oinarrizko egoerak berdinak izatea. Hurbilketa hau egitean, gure problema elkarrekintzarik gabeko hainbat gorputzeko problema ebaztea izango da, problema mota hauen termino guztiekin, truke-korrelazio terminoa barne.

Hurbilketa guztiak egin ondoren, hurrengoa da geratzen den Hamiltondarra:

$$H_{KS} = -\frac{\hbar^2}{2m_e}\vec{\nabla}_i^2 + \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{\rho(\vec{r'})}{\left|\vec{r}-\vec{r'}\right|}d\vec{r'} + V_{XC} + V_{ext} \qquad (2)$$

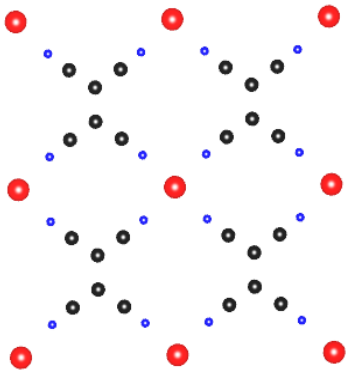
Hamiltondar honetako lehenengo terminoa elektroien energia zinetikoa izaten jarraitzen duelarik, ρ karga dentsitatea da, $V_{ext}$ nukleoek eragindako potentziala eta $V_{XC}$ truke-korrelazio funtzionala.

$V_{XC}$ funtzionala eta berari dagokion energia ($E_{XC}$) ez dira ezagunak, eta, ondorioz, problema numerikoki ebatzi behar da ziklo trinko bat erabiliz: hasierako baldintzak (HB) proposatzen dira ekuazioak ebazteko, behin ebatzi ondoren, lortutako emaitzekin (BB), egiaztatzen da hasierako baldintzak egokiak diren edo ez eta egokiak ez direnean beste hasierako baldintza berri batzuk proposatzen dira aurretik proposatutakoetatik (HB) eta emaitzetatik lortutakoetatik (BB) abiatuta.

### 3.2 Sistema

Bi dimentsioko koordinazio-sare organometaliko batzuen propietate elektroniko eta magnetikoak aztertu dira. Bi dimentsioko koordinazio sare organometalikoak atomo metaliko eta molekula organikoz osatutako bi dimentsioko sistemak dira. Aztertutako kasuan, atomo metalikoek sare errektangeluar bat eratzen dute eta molekula organikoak atomo metalikoek osatzen duten laukizuzenen erdian kokatzen direnak. Lan honetan, molekula organiko bezala, tetrazianoetilenoa (TCNE) erabiltzen da elektroi hartzaile ona delako eta atomo metalikoak 3d serieko atomoak erabiltzen dira banadiotik (V) hasita nikelera (Ni) sistemari propietate magnetikoak emateko.

**1. irudia. Aztertutako sistemaren eredua. Atomo gorriak atomo metalikoak dira, urdinak N atomoak eta beltzak C atomoak**



### 3.3 Kalkuluak

Kalkuluak VASP (Vienna Ab-initio Simulation Package) programaren 4.6 bertsioa erabiliz egin dira Kohn-Sham ekuazioak ebazteko.

Lana egiteko, hainbat alditan ioiak erlaxatu behar izan dira; hau da, gela unitatearen barruan, ioi atomikoak mugitzen dira hauek jasaten duten indarra 0.01eV/Å baino txikiagoa izan arte.

**1. taula. Gela unitatearen bektoreen unitateen moduluak eta atomo metalikoaren eta N atomoen arteko lotura distantziak aztertutako sistema guztientzat.**

| Sistema | a (Å) | b (Å) | $d_{Me-N}$ (Å) |
|---|---|---|---|
| V-TCNE | 7.52 | 6.96 | 2.11 |
| Cr-TCNE | 7.29 | 7.04 | 2.04 |
| Mn-TCNE | 7.43 | 7.14 | 2.12 |
| Fe-TCNE | 7.27 | 6.89 | 2.01 |
| Co-TCNE | 7.01 | 7.31 | 2.00 |
| Ni-TCNE | 7.19 | 6.94 | 1.97 |

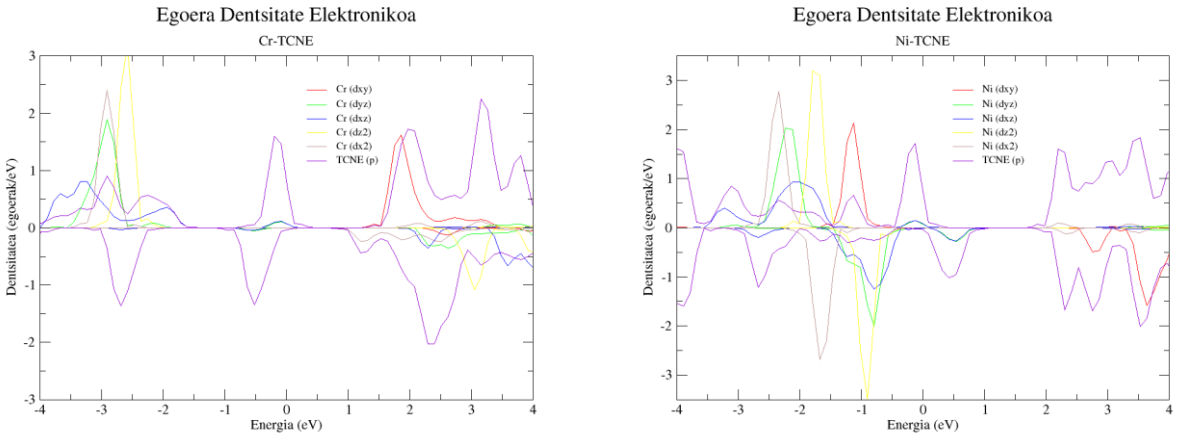
Sistema ezberdinen propietate elektronikoak eta magnetikoak lortzeko, lehenengo pausoa gela-unitatearen bektoreak optimizatu egiten dira bektoreen balio bakoitzerako ioiak erlaxatuz eta sistemaren energia txikiena ematen duten balioak hautatuz. Lortutako balioak 1. taulan agertzen dira balio horientzako atomo metalikoaren eta TCNEko N atomoaren arteko distantziarekin batera.

## 3.4 Emaitzak

### 3.4.1 Propietate elektronikoak

Propietate elektronikoak aztertzeko asmoarekin sistema guztien elektroien egoera dentsitatearen proiekzioak (2. irudia) lortu dira energia minimoko kalkuluetatik abiatuta.

**2. irudia. Cr-TCNE eta Ni-TCNE sistemen egoera dentsitateen proiekzioak. Proiekzio hauek atomo metalikoaren d orbitalen gainean eta TCNEko p orbitalen gainean egin dira.**




2. irudian falta diren beste sistemak Cr-TCNE sistemaren antzekoak dira. Beste sistemetan aldatzen den gauza bakarra atomo metalikoaren orbital gehiago edo gutxiago daudela Fermi mailatik (0 eV energia) behera, atomo metalikoaren elektroi kopuruaren arabera; hau da, atomo metalikoen d orbital gehiago edo gutxiago daudela elektroiez okupatuta atomo metalikoaren elektroien kopuruaren arabera. Ni-TCNEaren kasua ezberdina da, bertan ikus daiteke TCNEaren LUMO orbitala spinean polarizatuta dagoela. Molekuletan, atomoetan bezala, elektroiak energia maila desberdinetako orbitaletan banatzen, baina orbital molekular hauetan sartu daitezkeen elektroi kopurua aldatzen da orbitalaren energia mailaren eta molekularen atomo mota eta kopuruaren arabera. Molekulak elektroi bat gehiago izango balu elektroi hori LUMO orbitalean egongo litzateke, LUMO orbitala baita hutsik dagoen energia maila baxueneko orbital molekularra. Ni-TCNEan LUMO orbitala spinean polarizatua egoteak esan nahi du TCNEa osatzen duten atomoen p orbitalen spin altuko egoerak Fermi mailatik behera daudela, eta, ondorioz, elektroiez beteta daudela; aldiz, spin baxuko egoerak Fermi mailatik gora daude, eta, ondorioz, hutsik aurkitzen dira.

### 3.4.2 Propietate magnetikoak

2. taulan ikus daitezke kalkuluetatik lortzen diren atomo metalikoen momentu magnetikoen balioak. Taula honetan garbi ikus daiteke V-TCNEko V atomoko momentu magnetikoa $2.94\mu_B$ dela eta 3d seriean zenbaki atomikoa handitu ahala atomo metalikoen momentu magnetikoa handitzen doala, Mn-TCNEra iritsi arte, non Mn atomoaren momentu magnetikoa $4.59\mu_B$ den. Mn-TCNEtik aurrera atomo metalikoen momentu magnetikoa txikitzen doa $1.13\mu_B$-ra iritsi arte Ni-TCNEko Ni atomoan.

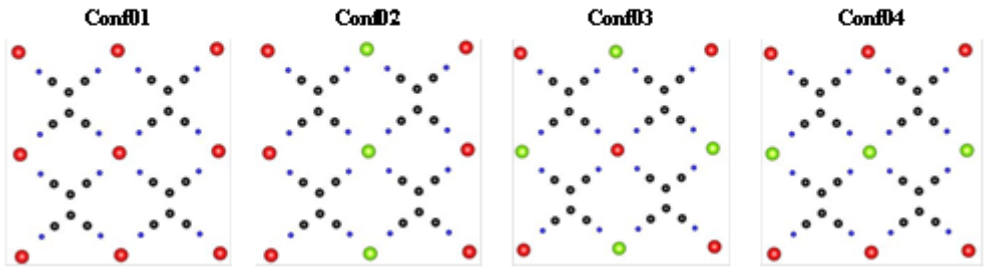
**2. taula. Sistema bakoitzaren atomo metalikoaren momentu magnetikoaren balioa.**

| Sistema | V-TCNE | Cr-TCNE | Mn-TCNE | Fe-TCNE | Co-TCNE | Ni-TCNE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Momentu magnetikoa ($\mu_B$) | 2.94 | 3.74 | 4.59 | 3.69 | 2.65 | 1.13 |

Momentu magnetikoaren portaera hori honela azal daiteke: 3d seriean aurrera egiten den heinean, atomo metalikoaren 3d orbitalei elektroi bat gehitzen zaie. Momentu magnetikoa lortzeko kontuan eduki behar da atomoaren d orbitaletan spin altuko eta spin baxuko egoerak binaka doazela, spin altuko egoera bat spin baxuko egoera batekin, eta momentu magnetikoa lortzen dela binaka doazen egoera hauetako bakoitzean elektroi bakarra dagoenean. 3d orbitalean elektroiak gehitzen direnean atomo metalikoari momentu magnetikoa gehitzen zaio spin altuko egoerak betetzen doazen bitartean, egoera hauek hutsik baitaude Mn-TCNEra iritsi arte. Mn-TCNEtik Fe-TCNEra pasatzean, sistemari elektroi bat gehitzen jarraitzen zaio, baina elektroi hau spin baxuko egoera batean kokatzen da eta ondorioz, bikoteka ez dauden elektroi kopurua txikitu egiten da momentu magnetikoa txikituz.

Atomo metalikoen momentu magnetikoa lortu ondoren, eta ikusteko aztertutako egitura posibleen artean zein den sistema bakoitzean energia baxuena duen egitura magnetikoa, sistemen gelaxka unitateak bikoiztu dira X eta Y norabideetan 2x2 gelaxka lortuz. 3. irudian agertzen dira aztertutako egitura posible horiek, non atomo beltzak TCNEko C atomoak diren, urdinak N atomoak, gorriak momentu magnetikoaren norabidea spinaren alde positibora dutenak eta berdeak gorrien kontrako norabidea dutenak.

**3. irudia. Azterturiko egitura magnetiko posibleak.**




3. taulan agertzen dira azterturiko egitura posibleetatik egonkorrena sistema bakoitzerako. Taula honetan ikus daiteke egitura ferromagnetikoa duen sistema bakarra Ni-TCNEa dela. Baita ikus daiteke ere Cr-TCNE eta Mn-TCNE sistemen egitura 3. irudian Conf02 deiturikoa dela eta gainontzekoak Conf03 egitura dutela.

**3. taula. Azterturiko egitura posibleen artean egitura egonkorrena Sistema bakoitzarentzako.**

| Sistema | V-TCNE | Cr-TCNE | Mn-TCNE | Fe-TCNE | Co-TCNE | Ni-TCNE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Egitura egonkorrena | Conf03 | Conf02 | Conf02 | Conf03 | Conf03 | Conf01 |

4. taulan ikus daiteke nolakoa den egitura bakoitzaren egonkortasuna, bertan agertzen baita egitura antiferromagnetiko egonkorrenaren eta egitura ferromagnetikoaren arteko energia diferentzia.

**4. taula. Sistema bakoitzerako egitura antiferromagnetiko egonkorrenaren eta egitura ferromagnetikoaren arteko energia diferentzia, meV-tan.**

| Sistema | V-TCNE | Cr-TCNE | Mn-TCNE | Fe-TCNE | Co-TCNE | Ni-TCNE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Energia diferentzia (meV) | -287.9 | -12.1 | -5.2 | -7.6 | -3.7 | 45.3 |

4. taulako energia diferentzietan zeinu positiboak adierazten du egitura ferromagnetiko antiferromagnetikoa baino egonkorragoa dela eta zeinu negatiboak egitura antiferromagnetikoa egonkorragoa dela ferromagnetikoa baino. Taula honetan aipatzekoa da V-TCNE sisteman egitura antiferromagnetikoaren artean eta egitura ferromagnetikoaren artean dagoen energia diferentzia, besteetan baino magnitude ordena bat handiagoa; eta, ondorioz, egitura antiferromagnetiko ezberdinen arteko trantsizioak agertu daitezke, baina oso zaila izango da egitura ferromagnetikora trantsizioa ikustea. V-TCNE eta Ni-TCNE sistemak kenduta, egitura antiferromagnetikoaren eta egitura ferromagnetikoaren arteko lortutako energia diferentzia hauek oso txikiak dira, 15 meV baino txikiagoak, eta, ondorioz, gerta daiteke egitura batetik bestera trantsizioa gertatzea sisteman aldaketa txikiak eginez. Aldaketa horietako bat sistema indarren eraginpean jartzea izan daiteke, eta hau da, hain zuzen ere, egin dena ondorengo atalean.

### 3.4.3 Sistemari tentsioa aplikatzearen eraginak

Mota honetako sistema bidimentsionalen sintesia substratu baten gainean egiten da, non sare organometalikoaren gela-unitatearen bektoreak ez duten substratuaren gainazaleko gela unitatearen bektoreen multiplo osoak izan behar, eta, ondorioz, sare organometalikoan indarrak ager daitezke. Bi metodo ezberdin erabili dira simulatzeko sistemak indar batzuen eraginpean daudela.

Lehenengo metodoan, TCNE molekulako N atomoen eta atomo metalikoen arteko lotura-distantzia %10 handitzen da. Hau egitearen ondorioak 5. taulan ikus daitezke. Taula horretan ikus daiteke V-TCNE eta Fe-TCNEa Conf02 egitura magnetikoa izatera pasatzen direla, Cr-TCNE eta Mn-TCNEa Conf03 egitura eta Ni-TCNEa egitura ferromagnetikoa jarraitzen duela izaten. Co-TCNE sistemaren kasua ezberdina da, Conf03 egitura antiferromagnetikotik Conf01 egitura ferromagnetikora pasatzen baita indarren eraginpean dagoenean.

**5. taula. Sistema bakoitzaren azterturiko egitura magnetiko egonkorrena indarren eraginpean lehenengo metodoaren bitartez.**

| Sistema | V-TCNE | Cr-TCNE | Mn-TCNE | Fe-TCNE | Co-TCNE | Ni-TCNE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Egitura egonkorrena | Conf02 | Conf03 | Conf03 | Conf02 | Conf01 | Conf01 |

5. taulan ikus daitekeen bezala, sistema gehienek, indarren eraginpean daudenean, bi egitura antiferromagnetikoen arteko trantsizioa dute edo, Ni-TCNE sistemaren kasuan, ez du inongo trantsiziorik. Baina garrantzitsuena dena da Co-TCNE sistemaren kasua, non egitura antiferromagnetiko batetik egitura ferromagnetikorako trantsizioa dagoen. Trantsizio hauek gertatzen dira elkarrekintza magnetikoak oso ahulak eta egitura kristalinoaren aldaketekiko oso sentikorrak direlako.

Bigarren metodoan gela-unitateko bektoreen moduluak %10 handitzen dira eta ioien posizioak erlaxatu egiten dira. Erlaxazioaren ondorioz, sareko atomoak ez dute indarrik jasaten, baina sistemak jasaten ditu indar batzuk, gela-unitatearen bektoreak ez baitira sistemak nahiago dituenak.

**6. taula. Sistema bakoitzaren azterturiko egitura magnetiko egonkorrena indarren eraginpean bigarren metodoaren bitartez.**

| Sistema | V-TCNE | Cr-TCNE | Mn-TCNE | Fe-TCNE | Co-TCNE | Ni-TCNE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Egitura egonkorrena | Conf02 | Conf02 | Conf02 | Conf02 | Conf01 | Conf01 |

6. taulan ikus daitekeen bezala, metodo hau aplikatzerakoan, egitura antiferromagnetiko guztiak Conf02 egiturara doaz eta Ni-TCNEa ferromagnetikoa izaten jarraitzen du. Baina taula honetako daturik garrantzitsuena da Co-TCNE sistema, indarren eraginpean dagoenean, egitura antiferromagnetikotik egitura ferromagnetikorako trantsizioaren baieztapena.

## 4. Ondorioak

Lan honetan azpimarratzeko lehenengo puntua da, dirudienez, Ni-TCNE sistemaren egitura ferromagnetikoa atomo metalikoaren $d_{xz}$ eta $d_{yz}$ orbitalen eta TCNE molekularen atomoen $p_z$ orbitalen arteko hibridazioaren eta TCNE molekularen LUMO orbitalen spin polarizazioaren arteko konbinazioa dela.

Lan honetako beste puntu garrantzitsua indarrek sistemetan dituzten eraginak dira. Azpimarratzekoa da azterturiko egitura antiferromagnetikoen eta ferromagnetikoaren arteko energia diferentziak nahiko txikiak direla (meV batzuk kasu gehienetan) eta, ondorioz, sistemetan trantsizioak eragin daitezke indar txikiak aplikatuz. Hau da Co-TCNE sistemaren kasua, indarrik jasaten ez duen bitartean Conf03 egitura antiferromagnetikoa duena, baina indarren eraginpean jartzen denean egitura ferromagnetikoa izatera pasatzen dena. Co-TCNE motako sistemek aurrerapen teknologiko garrantzitsuak ekar ditzakete, sistemaren portaera magnetikoa kontrolatzea ahalbidetzen baitute.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honen ondorengo urratsa aztertutako sistemak substratu desberdinen gainean ipintzea izango litzateke, substratuaren gainazalaren eta sare organometalikoaren arteko elkarrekintza nolakoa den eta sareen propietateak nola aldatuko liratekeen ikusteko helburuarekin. Pausu hau da azterturiko sistemei errealitate fisikoa ematen diena, lehenago aipatu den bezala, sare organometalikoak substratu desberdinetan hezten baitira.

## 6. Erreferentziak

Ashcroft, N. W. & Mermin, N. D. (1976). Solid State Physics. *Harcourt, Inc., 6277 Sea Harbor Drive, Orlando.*

Blügel, S., & Bihlmayer, G. (2006). Magnetism of Low-dimensional Systems: Theory. *Handbook of Magnetism and Advanced Magnetic Materials.*

Blügel, S., Drittler, B., Zeller, R., & Dederichs, P. H. (1989). Magnetic properties of 3d transition metal monolayers on metal substrates. *Applied Physics A, 49(6), 547-562.*

Blügel, S., Weinert, M., & Dederichs, P. H. (1988). Ferromagnetism and antiferromagnetism of 3d-metal overlayers on metals. *Physical review letters,60(11), 1077.*

Cottenier, S. (2004). Density Functional Theory and the Family of (L) APW-methods: a step-by-step introduction. *KU Leuven, Belgium: Instituut voor Kern-en Stralingsfysica*.

Dudarev, S. L., Botton, G. A., Savrasov, S. Y., Humphreys, C. J., & Sutton, A. P. (1998). Electron-energy-loss spectra and the structural stability of nickel oxide: An LSDA+ U study. *Physical Review B, 57(3), 1505.*

Faraggi, M. N., Golovach, V. N., Stepanow, S., Tseng, T. C., Abdurakhmanova, N., Kley, C. S., ... & Arnau, A. (2014). Modelling Ferro-and Antiferromagnetic Interactions in Metal-Organic Coordination Networks. *The Journal of Physical Chemistry C*.

Faraggi, M. N., Jiang, N., Gonzalez-Lakunza, N., Langner, A., Stepanow, S., Kern, K., & Arnau, A. (2012). Bonding and charge transfer in metal–organic coordination networks on Au (111) with strong acceptor molecules. *The Journal of Physical Chemistry C, 116(46), 24558-24565.*

Gallardo, I. & Arnau, A. (2014). Electronic and magnetic properties of 2-D metal-organic coordination networks. *Masterreko Tesia.*

Martin, R. M. (2004). Electronic structure: basic theory and practical methods. *Cambridge university press.*

Perdew, J. P., Burke, K., & Ernzerhof, M. (1996). Generalized gradient approximation made simple. *Physical review letters, 77(18), 3865.*

Schlickum, U., Decker, R., Klappenberger, F., Zoppellaro, G., Klyatskaya, S., Ruben, M., ... & Barth, J. V. (2007). Metal-organic honeycomb nanomeshes with tunable cavity size. *Nano letters, 7(12), 3813-3817.*

Shi, X. Q., Lin, C., Minot, C., Tseng, T. C., Tait, S. L., Lin, N., ... & Van Hove, M. A. (2010). Structural Analysis and Electronic Properties of Negatively Charged TCNQ: 2D Networks of (TCNQ) 2Mn Assembled on Cu (100). *The Journal of Physical Chemistry C, 114(40), 17197-17204.*

Stepanow, S., Lin, N., Barth, J. V., & Kern, K. (2006). Surface-template assembly of two-dimensional metal-organic coordination networks. *The Journal of Physical Chemistry B, 110(46), 23472-23477.*

Stepanow, S., Lin, N., Barth, J. V., & Kern, K. (2006). Surface-template assembly of two-dimensional metal-organic coordination networks. *The Journal of Physical Chemistry B, 110(46), 23472-23477.*

Wegner, D., Yamachika, R., Wang, Y., Brar, V. W., Bartlett, B. M., Long, J. R., & Crommie, M. F. (2008). Single-molecule charge transfer and bonding at an organic/inorganic interface: Tetracyanoethylene on noble metals. *Nano letters,8(1), 131-135*.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Marisa Faraggiri eta Ane Sarasolari eskerrak eman nahi nizkieke lan honen hasieran eman zidaten laguntzagatik eta Materialen Fisika Zentroari (MFZ), Donostia International Physics Centerri (DIPC) eta Euskal Herriko Unibertsitateari (EHU) lan hau aurrera eraman ahal izateko eman duten jarri dituzten baliabide ekonomiko eta teknikoengatik.

Beste aldetik, lan hau nire masterreko tesitik eratorria da eta bertako emaitza batzuetaz baliatu ahal izan naiz lan hau egiteko orduan.

# Inprimatze digitalak arte garaikidean. Kontzeptuen argibidea eta teknologien ikerketa zaharberritzearen ikuspuntutik.

Anthonisen Añabeitia, I.; Maguregi Olabarria,I., Artetxe Sánchez, E.
*Euskal Herriko Unibertsitatea. Bizkaiko Kanpusa. Arte Ederretako Fakultatea. Pintura Saila.*

*Kontaktua: iraiaanthonisen@hotmail.com*

### *Laburpena*

Prozedura elektro-mekanikoen bidezko irudi sorketaren garapenak, ordenagailuak eta haiekin zerikusia dituzten sofwareak eta inpresorak (laserrak, tinta injekziozkoak, sublimatzaileak…), artisten lan egiteko modura egokitu diren tresnak bilakatu dira, batez ere XX. mendearen azken urteetatik aurrera.

1980. hamarkadako prezioen jaitsierak, inprimatze-sistemak artistentzat baliabide eskuragarriak bihur zitezela eragin zuen. Gaur egun, tinta injekziozko inprimagailuak tresnarik erabilienak bilakatu dira, irudiak neurri eta bukaera mota ugaritan lortzeko aukera eskaintzen dituztelako, aukeratutako tinta, euskarri eta bukaera mota ezberdinen arabera. Lan hauek erakunde eta museo askoren parte izatera heldu dira baina arazoak agertzen hasi dira eta nabarmena egin da material berri hauei buruz daukagun ezaguera murritza.

Hitz gakoak: Inprimatze digitala, Arte Garaikidea, zaharberritzea, injekziozko inprimagailuak.

### *Abstract*

*The procedures for the development of electro-mechanical-based image creation, computers, software related to them and printers (laser, inkjet, dye sublimation ...), have become the tools the artists adapt to their work especially since the end of the 20$^{th}$ century.*

*The decline in prices in the Decade of 1980 made printing systems an affordable resource for the artists. Nowadays, inkjet printers are the most commonly used devices because of the versatility they offer in terms of media types, inks, sizes and finishes. These works have become part of many institutions and museums, but they have begun to show some problems with regard to their conservation, and this is when the little knowledge we have about these new materials, has become evident.*

*Keywords: Digital print, Contemporary Art, Conservation, inkjet printers.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Irudi-sorkuntzarako teknologia digitalen erabilerak, lehengo kalkulu-zentroetan du bere jatorria. Bertako zientzilariek, konputagailuek eskaintzen zituzten aukeretan sakontzeko grinak bultzaturik, grafiko-sorkuntzan esperimentatzen hasi ziren. Hala ere, laurogeiko hamarkadara arte ordenagailuen teknologia eta inprimagailuak ez dira nabarmenki garatuko, baina hortik aurrera publiko zabalarentzat eskuragarriagoak izango dira eta nola ez, artistentzat baita ere. Arte merkatuan, teknologia hauekin garatutako lehen artelanak, artistaren bigarren mailako jardueratzat hartzen zituzten (baliorik gabekoak), baina pixkanaka, gailu hauekin sortutako lanak hainbat museo eta erakunderen interesa sustatzen hasi ziren.

Gaur egun erakunde hauei, Internet eta beste aurrerapen teknologiko batzuei esker, arte digitala hobeto ulertzen da gure gizartean. Horregatik erraza da ulertzea museo eta erakunde gehienek gailu elektronikoen bitartez egindako artelanak bere ondareen artean izatea.

Inprimatze-teknologia digitalen eta osatzen duten materialei buruzko ezaguera ezak, lan asko behar bezala identifikatuta eta bereizita egon ez daitezela suposatu du; hots, gehiengoak, diruditenagatik eta ez benetan direnagatik biltegiratzen dira, eta honek, katalogazio arazoak eragiteaz gain, kontserbazioaren eremuan zenbait buruhauste dakartza.

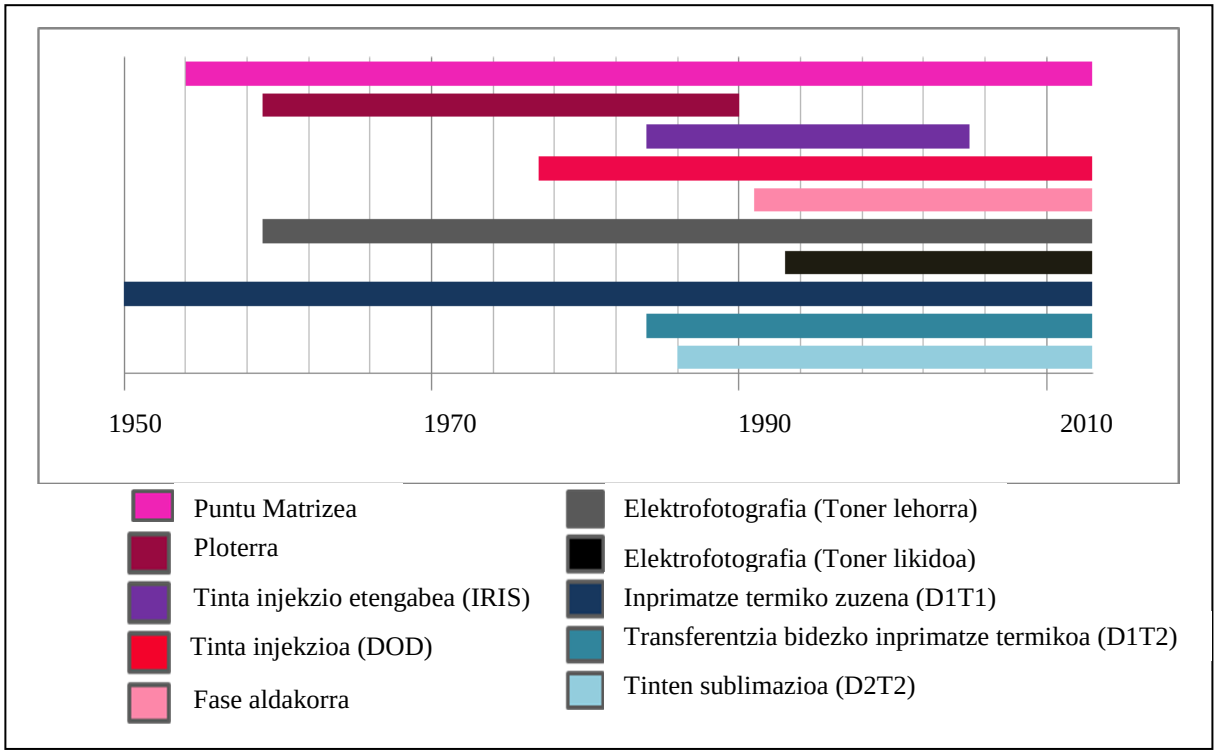
Agerian geratzen hasi dira, jada, narriadura mota ezberdinak zenbait artelanetan, neurri batean protokolo okerrak, desegokiak edo ezak erabiltzearen ondorio direnak.

Teknologia berri guztietan bezalaxe, etengabeko aldaerak ematen dira bai tinten formulazioetan, erabili daitezkeen euskarrietan etab., beraz erronka handia da kontserbatzaileentzat, alde batetik, artelanaren kontzeptua ulertzea (artistak adierazi nahi izan duena) eta bestetik, material berri hauek zaintzeko kontserbazio-metodo berriak garatzea lanak bere esanahia gal ez dezan denbora igaro ahala.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gaur egungo artelan asko teknologia digitalen bidez produzitzen dira; tinta injekzioa, elektrografia eta tinten sublimazioa dira gehien bat erabiltzen direnak, baina badira hainbat eta hainbat gehiago ere eta denak, modu baten edo bestean garatu egin dira beste teknologien ezaugarriak jasoz, erabiltzen dituzten tinten konposaketan, erabil dezaketen euskarrietan etab., horregatik orden kronologiko bat zehaztea oso zaila da. Bestalde, teknologia ezberdinen definizio argiak bilatzeko zailtasun handiak daude, inprimatze-prozesuak modu anitzetan sailkatzen eta izendatzen baitira (Giclée, C-print, Lambda print, tinta pigmentatua, IRIS, inprimatze- digitala…), askotan izen komertzialak erabiliz eta beste askotan aipatu ere ez direlako egiten.

**1.irudia. Inprimatze teknologien erabilera XX. mendeko bigarren erdialditik aurrera.**




Gainera, botoi bat sakatuta artelanak produzitu ahal izateak galdera pila sorrarazi ditu inprimatze/edizio originala kontzeptuaren inguruan. Artista batzuek lan bakarra inprimatzea erabakitzen dute, beste batzuek edizio irekiak sortzen dituzte eta badira saldutako artelana narriadurak pairatzen baditu, erosleari artxibo-kopiak ematen dizkien artistak. Praktika hauek guztiak prezioan eta originaltasunean dute eragina, baina oraindik ez dira honi buruzko estandarrak garatu.

Hau gutxi balitz, arte eremuan dabiltzanon artean inprimatze digital bat eta argazki bat bereizteko orduan, badago nolabaiteko polemika eta nahasketa. Bada, artista asko kamera tradizionalekin hasi ziren lanean, baina oraintsu kamera digitalekin hasi dira; lan hauek digitalak izan arren, kontzeptualki argazki moduan izendatzen jarraitzen dituzte (nahiz eta materialari begira inprimatze digitala izan), eta argazki bezala saltzen dira. Artearekin erlazionatuta dauden zenbait profesionalek ere, uste dute irudiaren itxura argazki batena bezalakoa bada, gauzatu duen materialak alde batera utzita, argazki bezala izendatzen jarraitu beharko litzatekeela. Nahaste honek arazoak ekar ditzake lan hauen ikerketan eta kontserbazioan.

*Rochester Institute of Technology*ko *Image Permanenece Institute*k 2008an egindako ikerketa bat kontuan hartuta, hurrengo ondorioak atera daitezke:

- Gaur egun, inprimatze-digitala terminoak esanahi desberdina du inkestatutako pertsonen arabera.
- Sarritan, irudi bat inprimatze-digital bezala sailkatzen da bere egitura edo konposizio kimikoa kontuan hartu gabe.
- Inprimatze-digital mota bakoitzak bere berezitasunak ditu, beraz ezin dira denak kategoria berdinean elkartu, bestela arriskuan jar daitezke.
- Erakunde gehienek horrelako artelanak dituzte, eta batzuk narriatuta, baina aitortzen dutenez, ez dira lan hauek kontserbatzeko gai, behar bezalako protokolorik ez dituztelako eta honi buruz duten heziketa faltagatik.

Esan daiteke gutxi direla gai honen inguruan ikertzen dabiltzan zentroak (*Image Permanence Institute*, *Wilhem Research Center*...), baina gehienak paperezko euskarrian eginiko inprimatzeak ikertzen dituzte. Badaude beste zenbait, ordea, euskarri alternatiboak erabiltzen dituztenak, edota euren lan metodologietara moldatzen dituztenak, estetikoki eta kontzeptualki bide berriak arakatzeko. Zentzu honetan, gure ikerketan, artistaren ikuspegia kontuan hartuta, hurrengo sailkapena egiten dugu:

- Argazkilaritzaren eremutik teknologia digitalak erabiltzen dituztenak.
- Infografiak lantzen dituztenak.
- Teknologia digitalak modu esperimentalean erabiltzen dituztenak.

Talde bakoitzak ikuskera desberdina dauka bere lanen aurrean, horregatik lanak behar bezala kontserbatzeko, dokumentazio sakon eta oparo bat lortzeak berebiziko garrantzia du. Ikerketa lan honen bidez inprimatze-digitalek mundu artistikoan lortu duten garrantzia azpimarratzea eta aztertzea da, sistema ezberdinak identifikatu ahal izateko baina baita irudi hauen osagaiak eta narriadura eragile nagusiak ezagutzeko ere.

Artista, zaharberritzaile, zientzilari eta erakundeen interesak elkarlanean jarriz, ezaguera sakona lortu ahal izango dugu inprimatze- digitalen eremuan eta lan hauek izendatzeko, sailkatzeko, kontserbatzeko eta erakusteko arau sorta batzuk garatu ahal izango ditugu modu zuzen batean.

Lehen apatutako hiru artista taldeetatik, artista esperimentalen lanak dira kontserbatzeko zailenak, egiten dituzten materialen nahasketegatik. Kontserbazioaren ikuspegitik, lan hauekin lortutako emaitzak unera arte egindako ikerketekin konparatuta alde oso handia egon daitekeela susmatzen dugu eta beraz metodologia berezi hauei buruzko ikerketa espezifikoak egiteko beharra dagoela uste dugu.

Testuinguru honetan**,** Julián Irujo Andueza artista euskaldunak badaramatza zenbait urte bere sorkuntzako teknika bat (inprimazio mota bat) erabiltzen, euskarri mota ezberdinetan bere irudi digitalak finkatzeko posible egiten duena. Artistak argi dauka bere lanek konplexutasun handia dutela materialei dagokienez, horregatik urteak pasa ahala nola kontserbatuko diren ardura eragiten dio.

Kezka hau kontuan izanda, Euskal Herriko Unibertsitateko Pintura Departamentuko Zaharberritze Sailetik zahartze azeleratuko eta probeten gaineko entseguen bitartez ikerketa esperimentala burutu da. Emaitzek, Julián Irujoren lanetan faktore ezberdinek materialen egonkortasunean duten efektua azalerazi ahal izan da, eta beraz nolako kontserbazio neurriak aintzat hartu behar diren.

**2.irudia. Julián Irujoren harri gainean eginiko transferentzia.**



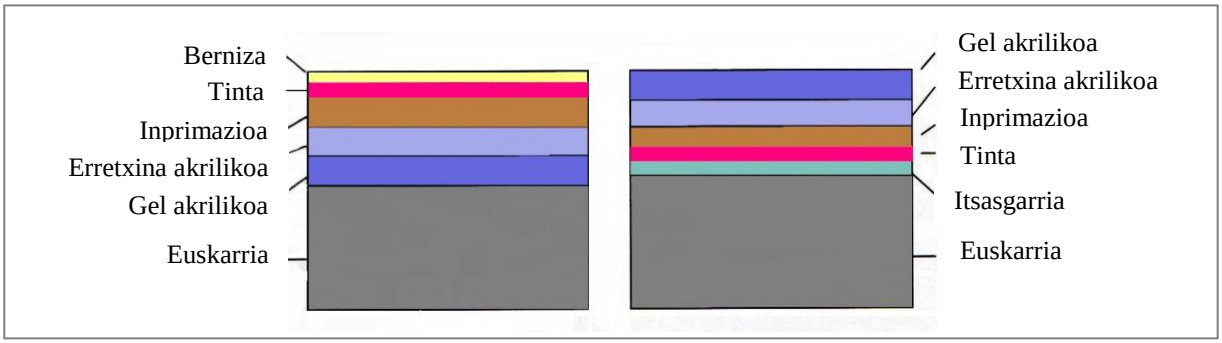
## 3. Ikerketaren muina

Euskal Herriko Unibertsitateko Arte Ederretako Fakultateko ikerketa talde batean parte hartzen du Julián Irujok. Talde honetan "imprimación transparente para soportes de transferencia en frío y soportes laminados", patentea lortzeko zain dagoen produktua eratu dute. Produktu honek euskarriei aplikatuta (Zura xaflak, metal xaflak, plastikoa …), pigmentudun *Epson Ultra Chrome* tintak erabiltzen dituen inprimagailu bategatik sartzeko prestatzen ditu baina behin behineko euskarriak prestatzeko ahalbidetzen du ere, gerora, irudi horiek transfer teknikaren bidez, edozein euskarrira eramateko, azalera irregularretara ere ondo egokitzen baita. Horrela, teknika digitalak euskarri mota ezberdinetan erabiltzeko aukera sortzen da beste teknologia garestiago batzuk ekidituta, arlo esperimentalean oso aproposa izanik.

Aplikatutako geruza lehor dagoenean, euskarria badago prest *Epson Ultra Chrome* tintak darabiltzan PRO serieko imprimagailuetan erabiltzeko. Irudia zuzenean inprimatzen denean, gutxienez ordu betez lehortzen utzi behar da, baina tintak atmosferarekin kontaktu zuzenean geratzen denez, uretan disolbaezina den berniz bat ematea gomendagarria da (gure laginen kasuan Talensen *Acrylic Picture Varnish Matt115* darabilgu).

Transferentziaren kasuan, inprimazioa jaso duen polipropilenozko xafla batean inprimatzen da irudia lehenengo eta behin. Gero euskarri horretatik behin betikora pasatu behar izango da, eta horretarako euskarri berria bere formulazioan urik ez duen itsasgarri bat erabili behar da (*3M Photo Mount*, argazkietarako eta karteletarako pH neutroa duen eranskailu bat). Kasu honetan, tintak sandwich baten modura harrapatuta geratzen dira, beraz ez da beharrezkoa azalerari inongo babesik ematea, arrazoi estetikoak direla eta ez bada.

**3. irudia. Zuzeneko inprimatzea (ezkerra) eta transferentzia teknikaren (eskuina) geruzen antolakuntzaren eskema.**




Ondoren azalduko diren entseguen bidez, denboraren poderioz Julián Irujoren lan esperimentalak inolako kontrolik gabe biltegiratzen edo erakusten badira ager daitezken narriadura fisikoak aztertuko dira. Inprimatze-digital batzuek, koloreen intentsitatearen galera, tonu aldaketak, tinten migrazioak eta bestelako fenomenoak paira ditzakete, aztertutako bibliografiaren arabera.

Aldaketa fisiko hauek kolorearen pertzepzioa aldatzeaz gain material geruza ezberdinen egonkortasunean izango du bere eragina, horregatik, narriadura hauek guztiak identifikatuta izanez gero, arauak ezarri ahal izango ditugu prebentziozko kontserbaziari dagokionez, baina baita aipaturiko lanen zaharberritzeari ekiteko moduari buruzko ikerketa planteatzen hasi ere.

### 3.1 Laginen prestakuntza

Ikerketarako laginak prestatzeko Julián Irujoren laguntza izan dugu, berak prestatu baititu, beraz, artistaren metodologia modu zehatzean erreproduzitua dago. Euskarri gisa artistak normalean erabiltzen dituen lau material mota aukeratu dira: metakrilatoa, aluminioa, *Fabriano Accademia* papera (350g-koa) eta pago-zur xafla. Euskarri bakoitzeko bi lagin prestatu dira, bata inprimatze zuzena teknikarekin eta bestea transferentzia bidez. Gainera, konpareketarako erreferentziako laginak prestatu dira, zahartze azeleratuen ondoren aldaketa fisikoak hobeto aztertu ahal izateko.

Guztira 32 lagin egin dira Julián Irujo berak erabiltzen duen *Epson Stylus Pro 7600* inprimagailua erabilita. Lana nolabait mugatzeko edozein tinta injekziozko inprimagailuk dituen lau koloreak aukeratu dira: magenta, cyan, horia eta beltza. Horrela, euskarri ezberdinetan koloreek duten erresistentzia eta egonkortasuna aztertzeaz gain jakin ahal izango dugu kolereren bat bereziki egonkorra edo ahula den.

Laginak bi talde nagusitan sailkatu dira (A eta B) eta bakoitzari zahartze artifizial parametro ezberdinak ezarri zaizkio. Kasu bitan tenperatura egonkorra mantendu da (areto balditza nolabait altuak) baina hezetasun erlatiboa A taldean *ISO 18920* arauak gomendatzen duen parametroen artean ezarri dugu eta B taldean berriz hezetasun erlatiboa maila altuetan finkatu da.

**1. taula. Zahartze azeleratuko baldintzak 1500 Solarbox-a kamera klimatikoan A eta B taldeetarako.**

| | A taldea | B taldea |
|---|---|---|
| Ultramore iragazkia | 310nm | 310nm |
| Irradiantzia | 550 w/m$^2$ | 550 w/m$^2$ |
| BST tenperatura | 55ºC | 55ºC |
| Kamerako tenperatura | 25ºC (+/-1) | 25ºC (+/-1) |
| Kamerako hezetasun erlatiboa | %39 (+/-1) | %69 (+/-4) |
| Iraupena | 200 ordu | 200 ordu |

Izpi ultramoreak injekziozko tintadun artelanetan izan ditzaketen efektua kontuan izanda, talde bakoitzeko laginak bitan zatitu eta alde bat estali dugu, argi mota honen eragina zuzenean edo zeharka nolakoa den aztertu ahal izateko.

Ikerketa hau ondorengo metodologiari egokitu zaio:

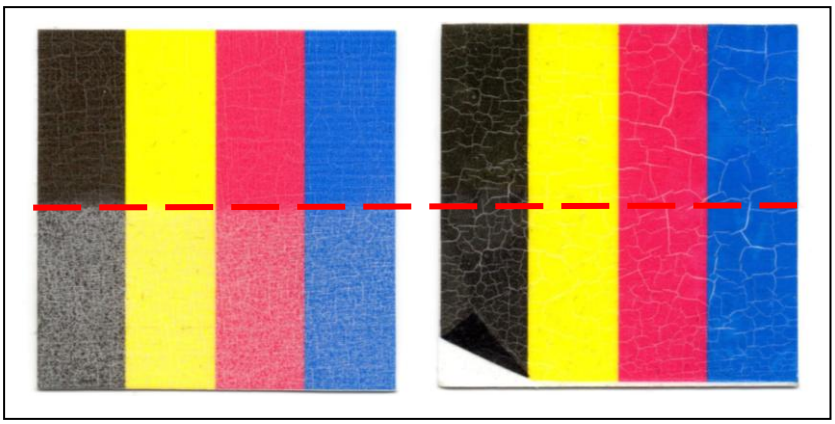
- Entseguen aurretiko laginen azterketa mikroskopioaren bidez (*Olympus SZ-CTV* Mikroskopio estereoskopikoa; Nikon (Optihot-pol) mikroskopio optikoa), euren hasierako ezaugarriak aztertzeko.
- Entsegu laginen neurketa kolorimetrikoa [*GretagMacbeth®XTH* espectrofotometroa (iluminante primario D65)]
- 200 orduko entsegua (Solarbox1500 kamera klimatikoa)
- Laginak 24orduz barealdian utzi.
- Neurketa kolorimetrikoa.
- Begi eta mikroskopio bidezko ikuskapena.
- Entseguen aurretiko eta geroko emaitzen konparaketa.

### 3.2 Lortutako emaitzak

Alde handia dago lortu diren emaitzetan irudiak sortzeko erabilitako teknikaren arabera. Inprimatze zuzenaren bidez egindako laginek hezetasun erlatibo baxuetara erresistentzia handiagoa dute, baina transfer teknikaren bidez egindakoak hezetasun maila altuagoak eta manipulaziogatiko kalteen aurrean egonkortasun eta portaera hobea dute.

Euskarriei dagokionez, nahiz eta injekziozko inprimatze digitalak sortzeko papera ohikoena izan, kasu honetan emaitzarik txarrenak eman dituen materiala izan da, beste euskarriekin konparatuta narriadura bereiziak aurkeztuz. Narriadura gutxien pairatu dituena, berriz, pago zur-xafla izan da eta bakarrik deformaziorako joera somatu zaio, bere ezaugarri higroskopikoarekin lotuta dagoena.

**4.irudia. Entseguaren ondoren paper euskarriaren gain eginiko zuzeneko inprimatzea (ezkerrekoa) eta transferentzia (eskuinekoa). Lerro gorriak estalitako zatia (goian) eta agerian utzitako partea banantzen ditu.**



**5.irudia. Manipulazioa dela eta, metakrilatoaren gaineko inprimatze batean agertutako narriadurak.**



Manipulazioari dagokionez, aluminioa eta metakrilatoa izan dira euskarririk ahulenak, batez ere inprimatze zuzena teknikaren bidez gauzatu badira irudiak.

Narriadura hauetaz gain, lagin guztiei generalean kalte eragiten dien beste batzuk topatu dira, hala nola, kolore aldaketak, krakeladurak eta delaminazioak (inprimatzen geruzaren dekohesioa) transferentzia teknikaren kasuan.

Koloreari begira, entseguetan estali gabe egon diren laginak narriadura latzagoak jasan dituzte. Kolorerik egonkorrena beltza izan da, neurketa kolorimetrikoen arabera, zero balorearen inguruko Delta baloreak lortu baititu (aldaketa ia hautemanezinak). Kontrako muturrean magenta kolorea dugu, entsegu kasu guztietan ahulena izan baita. B taldeko entseguan paper gaineko euskarrian punta adierazgarri bat nabarmentzen da, tinten eta euskarriaren izaera hidrosolubleari hezetasun erlatibo altua elkartzeari egozten dioguna.

## 4. Ondorioak

Behin emaitza guztiak bilduta eta aztertuta, honako ondorioak atera ditzakegu Julián Irujoren artelanei buruz:

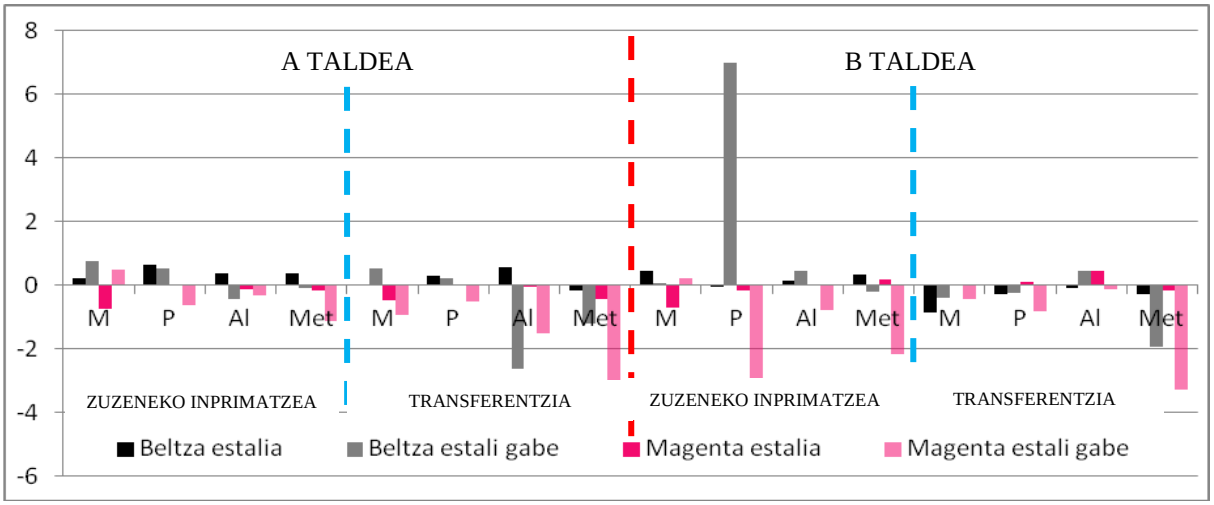
1) Bai zuzeneko inprimatzea bai irudi-transferentzia prozesu konplexueak dira daramaten material kopuru eta aniztasunagatik. Lortutako emaitzen bidez argitu ahal izan da laginetan agertutako narriadurak harreman estuagoa dutela inprimazio/euskarria interakzioarekin, berezko materialekin baino.

2) Seguraski teknika bakoitzaren geruza egitura dela eta, zuzeneko inprimatzeak kalte fisikoen aurrean ahulagoak dira eta dekoloraziorako joera dute. Transferentzien kasuan ordea, tintak euskarriaren eta patentatutako inprimazioaren artean galkatuta daude, eta beraz koloreek iluntzeko joera dute, nahiz eta azalerak narriadura fisiko eta baldintza klimatiko txarrekin egonkorragoak izan.

3) Entseguen ostean desberdintasun handia dago erreferentzia-laginen eta estali eta estali gabeko laginen artean. Honek berriz ere argi eta garbi frogatzen du arte lanatarako orokorrean, eta Julián Irujoren lanetarako zehazki, zein kaltegarriak diren izpi ultramoreak.

4) Entseguetan zehar produzitutako aldaketa kromatikoak beste edozein teknika piktorikoetan gertatzen denarekin bat doaz. Fenomeno hau pigmentuen egitura kimikoarekin erlazio zuzena du eta ez horrenbeste material desberdinen interakzioarekin.

**6.irudia. Magenta eta beltz koloreen aldaketak *GretagMacbeth®XTH* espektrofotometroarekin neurtuta.**




## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan esperimental hau artista zehatz baten metodologia berezian zentratu denez eta aldaketak fisikoetan (hezetasun erlatiboa, tenperatura aldaketak eta ultramore izpiak) soilik oinarritu denez gero, inprimatze digitalen kontserbaziorako ekarpen txikia da, baina teknologia digitalak sorkuntza artistikorako ahalbidetzen dituzten metodo askok eremu honetan oraindik alor asko aztertzeke daudela azpimarratzen du.

Lehen esan bezala, inprimatze digitalen behar bezalako kontserbazioa aurrera eramateko lehen pausoa lan hauen karakterizazio zuzena egitea da eta nola ez, profesionalen artean arazo honi irtenbidea bilatzeko garrantzia sustatzea, gerora, kontrol klimatiko, manipulazio eta biltegiratze egokirako protokoloak burutu ahal izateko.

Interesgarria izango litzateke, alde batetik inprimatze digitalak erabiltzen dituzten artistekin harremanetan jartzea euren artelanen kontserbazioarekiko daukaten pentsaera biltzeko eta bestetik, horrelako lanak dituzten bilduma arduradunekin kontaktuan jartzea, gai honi buruzko ikuspegi borobil eta osoago bat lortzeko helburuarekin, eta aldi berean katalogazioan eta identifikazioan gertatzen diren akatsetan sakondu ahal izateko.

## 6. Erreferentziak

Burge,D., Nishimura, D. eta Estrada, M. (2009): What do you mean when you say “digital print? *Archival Outlook March/ April*, Chicago, 6-25.

Equipo X-95 eta La Jirafa S.L. (2007): *Impresiones y Transferencias: Desarrollo de técnicas artísticas para soportes modulares decorativos: Aplicación a los proyectos artísticos de la empresa “La Jirafa” S.L.* Universidad del País Vasco, Leioa.

Jürgens, M.C. (2009): *The digital print: Identification and preservation*, Getty Conservation Institute.

Kipphan, H. (Ed.) (2001): *Handbook of print media technologies and production methods*.

McCormick, M. eta Wilhem, H. (2000): “Humidity-induced Color Changes and Ink migration Effects in Inkjet Photographs in Real-world Environmental Conditions*”. NIP 16 International Conference on Digital Printing Technologies and Digital Fabrication,* Austin, Texas, 74-77.

Salesin, E.; Burge, D.; Nishimura, D. eta Gordeladze, N. (2010): “Short-term High Humidity Bleed in Digital Reflection Prints”. *NIP 26: International Conference on Digital Printing Technologies and Digital Fabrication*, Austin, Texas, 26.liburukia, 386-389.

The Image Permanence Institute: *Digital Print Preservation Portal*, http://www.dp3project.org (2014/09/12)

## 7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau garatu ahal izateko Julián Irujo Euskal Herriko Unibertsitateko Katedratiko eta artistaren laguntzari esker burutu ahal izan da, proiekturako behar izan diren materialak eta laginen prestakuntzan laguntzeagatik.

# Sekuentziazio masiboaren erabilera izaki eukarioten garapena erregulatzen duten geneak identifikatu eta karakterizatzeko.

Oiartzabal-Arano E[1], Garzia A[3], Gorostidi A[4], Ugalde U[1], Espeso EA [2], eta Etxebeste O[1].
[1]*Kimika Aplikatua Saila, Kimika Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea, Manuel de Lardizabal Pasealekua, 3, 20018, Donostia.*
[2]*Biologia Zelular eta Molekular Saila, Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC), Ramiro de Maeztu, 9, 28040, Madril, Espainia.*
[3]*RNA Biologia Molekular Laborategia, Howard Hughes Institutu Medikoa, Rockefeller Unibertsitatea , 1230 York Avenue, Box 186 New York, NY* 10065.
[4]*Biodonostia Osasun Ikerketa Institutua, Genomika Plataforma, Begiristain Doktorea Pasealekua, 20014, Donostia.*
elixabet.oiartzabal@ehu.es

***Laburpena***

Garapen zelularra harizpi itxurako onddoetan zelula ez-espezializatuetan abiatzen da erregulatzaile goiztiarren bitartez, FlbB transkripzio faktorea (TF) barne. Bere eraginpean dauden beste geneen funtzioak identifikatzeko, Δ*flbB* mutante eta andui basatiaren (WT) transkriptomak konparatu dira RNA-seq teknikaren bitartez. TF honen funtzio erregulatzaile berriak aurkitu dira. Batetik, FlbBren ausentziak metabolito antibakteriano baten ekoizpenerako beharrezkoak diren geneen espresioa handitzen du. Bestalde, FlbBren bitartez erregulatzen den ustezko TF bat ere identifikatu da, UrdA, garapen mota ezberdinen erregulatzailea dena. Emaitzek FlbBren gabeziak garapen mekanismoak eta prozesu metabolikoak desorekatzen dituela erakusten dute.

Hitz gakoak: Gene Espresioa; Garapena; Metabolismo Sekundarioko klusterrak

***Abstract***

*Development in filamentus fungi is induced in non-specialized cells by a set of early regulators including the transcription factor FlbB. To identify genes under the transcriptional control of FlbB and determine their role, we compared ΔflbB and wild-type transcriptomes through the RNA-seq technique. We found additional regulatory roles for this TF. On one hand, the absence of FlbB increases the expression of a metabolic cluster that synthesizes an antibacterial metabolite. On the other hand, FlbB mediates the transcriptional control of urdA, coding for a putative TF which regulates the balance between the two developmental cycles of filamentous fungi. Taken together, our results open a new holistic outlook to the study of regulatory networks during development.*

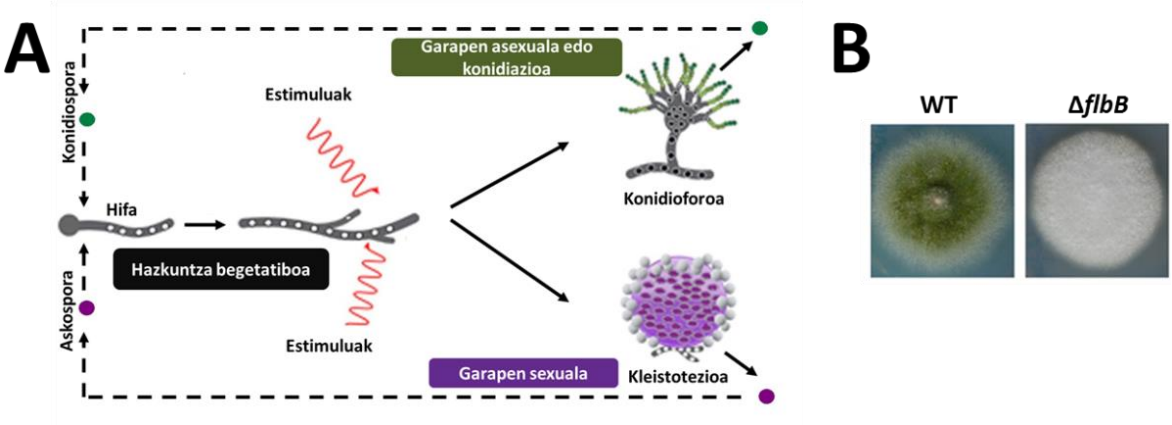
*Keywords: Gene Expression; Development; Secondary Metabolism clusters*

## 1. Sarrera eta motibazioa

*A. nidulans* harizpi itxurako onddoa aztertu da ikerketa honetan, organismo eukarioto konplexuago eta gizartean eragin ekonomiko garrantzitsua duten onddoen garapena ulertzeko organismo eredua. *A. nidulans*-en bizi zikloa fase ezberdinetan banatzen da. Nukleo bakardun zeluletatik (konidiospora edo askospora) hazkuntza begetatiboa abiatzen da. Hau da, zelula polarizatu eta harizipi itxura hartzen du, hifa deituriko egitura osatuz. Hazkuntza material berria hifaren puntan gehitzen gauzatzen da, neurona edo polen hodietako hazkuntza mekanismo bera erabiliz. Ondorioz, nukleo ugari dituzten egitura multizelular ez-espezializatuak sortzen dira: hifa begetatiboak.

Zelula kanpoko edo barneko estimuluek eraginda, hifak (egitura ez-espezializatuak) bi motako garapen edo espezializazio prozesua izan dezake (1. irudia A). Batetik, garapen asexuala edo konidiazioa, non errekonbinazio genetikoa jasan ez duten konidiosporak sortzen diren konidioforo izeneko egituretan. Prozesu honek onddoaren dispertsioa du helburu eta berau da onddo patogenoek erabiltzen duten zabaltze-bide nagusia. Bestetik, garapen sexuala dago, non errekonbinazio genetikoa jasan duten askosporak osatzen diren kleistotezioan. Ziklo honen helburua organismoaren biziraupena eta material genetikoaren elkartrukea dira.

**1. irudia. A) *A.nidulans*-en bizi zikloa. B) WT eta Δ*flbB* anduien fenotipo konidial eta akonidiala, hurrenez hurren. Eskala = 1 cm.**

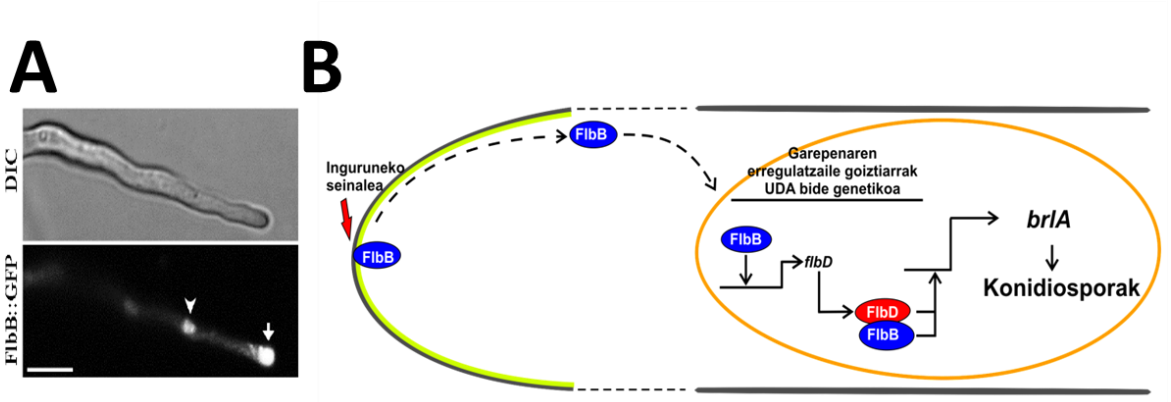



Hifa ez-espezializatutik konidiospora espezializaturako trantsizio genetikoa, edo beste hitzetan, garapen asexuala, sakonki aztertua izan da onddo honetan (Etxebeste et al., 2010; Park and Yu, 2012). Karakterizatutako geneen artean *brlA* transkripzio faktorea da prozesu horretan garrantzitsuenetakoa. BrlA konidiosporak sortzeko ezinbestekoa den proteina da eta bere gabeziak onddo akonidialak dakartza, konidiosporarik gabekoak (Park and Yu, 2012).

Konidiosporen sintesia estimulu jakin batzuk detektatu ondoren abiatzen dute hifa ez-espezializatuek (Fischer and Kües, 2006). Estimulu hauek modu egokian jaso eta transmititzeko mekanismo genetiko eta molekular efizienteak behar dira eta hori da garapenaren erregulatzaile goiztiarren lana (UDA bide genetikoa; Upstream Developmental Activators) (Wieser et al., 1994; Etxebeste et al., 2010). Ikerketa honetan UDA bide genetikoko FlbB proteina izan da aztergai.

FlbB proteina transkripzio faktore bat da, hau da, DNAren transkripzioaren erregulazioan parte hartzen du. Ezaugarri aipagarrienetako bat bere lokalizazio zelularra da. Hifaren puntatik gertuen dagoen nukleoan kokatzeaz gain, nukleotik kanpo ere aurkitzen da, hifaren puntan, puntatik nukleorako garraio dinamika bat jarraituz (Etxebeste et al., 2010) (2. irudia A). Puntan inguruneko baldintzen detektore gisa jokatzen duela proposatu da, inguruaren baldintzen arabera zelularen hazkuntza baldintzatuz. Horregatik, oso esanguratsua da FlbB puntan egotea, bertan inguruneko seinale bat jaso eta nukleora eramateko gaitasuna izan dezakeelako.

**2. irudia. A) FlbB-ren lokalizazioa hifan. Eskala = 10 µm. B) Garapen asexualaren indukzio modeloa FlbBren bitartez.**




Behin nukleoan, FlbB nuklearrak beste UDA baten espresioa aktibatzen du lehenik, *flbD* TFa, eta ondoren bi faktoreak batera *brlA*-ren espresioa aktibatzen dute (2. irudia B). FlbB proteinaren funtzio galtzeak ere onddoa akonidiala izatea dakar, FlbBren ausentzian *brlA*-ren espresioa inhibitua baitago (Wieser et al., 1994) (1. irudia B).

Garapen asexualean duen eginkizunaz gain, oso gutxi ezagutzen da hifaren puntatik nukleorako bidea egiten duen transkripzio faktore honen inguruan. Horregatik, FlbBren aktibitatearen ulermen zabalago bat izan eta FlbBren transkripzio diana berriak ezagutu ahal izateko egin da ikerketa lan hau.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Ikerketa honetan ikasgai izan den organismoa *Aspergillus nidulans* onddo haritsua da. Organismo modeloa izanik, onddo honetan lortutako jakintzak interes ekonomiko edo interes klinikoa duten harizpi itxurako beste onddoetan ere aplika daitezke. *Aspergillus* generoaren baitan patogeno garrantzitsuak daude, hala nola, inmunoeskasia duten gaixo eta animaliak infektatu ditzaketen espezieak, *A.fumigatus* esaterako (Bennett, 2010). Beste espezie batzuk, *A.parasiticus* adibidez, uztan aurkitu ohi dira eta elikagai industriarentzat arazoak dakartzaten mikotoxina deritzen sustantzia toxiko eta kantzerigenoak ekoizten dituzte (Weidenborner, 2001). Azkenik, *Aspergillus* generoan industrialki interes handia duten espezieak ere aurki daitezke, entzima edo elikagai hartzidura (*A.oryzae*, Abe and Gomi, 2008) eta farmakoen (*A.terreus*; Bizukojc and Ledakowiez, 2009) ekoizpenerako erabiltzen direnak adibidez.

Bestalde, harizpi itxurako onddoen garapenaren ikerketan erreferente nagusia da *A.nidulans* (Etxebeste et al., 2010; Park and Yu, 2012). Meiosi bidez espora sexualak sortzeko gaitasunak (Dyer et al., 2003) eta genetika eta biologia zelularreko lanetan duen maneiu estandarizatuak besteak beste, hainbat prozesu biologiko ulertzeko modelo esperimental gisa erabiltzera eraman dute. Adibidez, organismo modelo bezala erabili da DNAren errekonbinazio eta konpontzea, ziklo zelularraren kontrola edo metabolismoaren erregulazioa ikertzeko (Nierman et al., 2005).

Azken urteotan bada ere antibiotiko berrien iturri izan daitekeelako oso ikertua izaten ari den beste arlo bat, onddo haritsuen metabolismo sekundarioa. Metabolito sekundarioak ingurunera moldatzeko garaian eginkizun garrantzitsua izan ohi duten konposatu organikoak dira eta aktibitate antibiotikoa izan dezakete. Konposatu hauen sintesiaz onddoen metabolismo sekundarioko (MS) gene klusterrak arduratzen dira (Yaegashi J, 2014), hau da, genoman elkarren aldamenean dauden gene multzoak (Yu and Keller, 2005).

FlbBren aktibitatearen ulermen zabalago bat izan eta FlbBren transkripzio diana berriak ezagutu ahal izateko helburuarekin, Δ*flbB* mutantearen eta bere andui basati (WT) isogenikoaren transkriptomak sekuentziatu dira RNA-seq teknikaren bidez. Emaitzek adierazten dute FlbB garrantzitsua dela ez soilik garapen asexualaren indukzioan, baizik eta garapen sexualaren aktibazio goiztiarraren errepresioan ere. Bestalde, FlbBren gabeziak sortzen duen garapen asexualaren ezintasunak aktibitate antibakterianoa duen metabolito baten sintesian ere eragiten du.

## 3. Ikerketaren muina

*flbB*ren espresioa hifa begetatibo eta konidiofoaren garapeneko hasierako fasean ematen dela kontsideratuta (0 eta 6 ordu 3. irudia A), bi fase horietan erauzi ziren mRNA totalaren laginak andui basati (WT) eta Δ*flbB* mutantetik. RNA totalaren kontzentrazio eta osotasuna Nanodrop (Thermo Scientific) eta Bioanalyzer 2100 (Agilent Technologies) aparatuen bitartez egiaztatu zen eta sekuentziazioa EMBL (European Molecular Biology Laboratory, Heidelberg, Alemania) ikerketa zentruan egin zen. GAIIx Sekeuentziagailua (Illumina) izan zen erabilia, lerro bakoitzeko lau lagin korriaraziz (multiplexing). Datuen analisi bioinformatikoa Aitor Garzia doktorearekin (Rockefeller University, NY, AEB) kolaborazioan egin zen.

Emaitzetan, *flbB* genearen delezioak gene guztien %10-aren espresio jaitsiera dakarrela ikusi da eta soilik gene gutxi batzuen espresioaren igoera (%0,5). Beraz, FlbBk transkripzio aktibatzaile izaera erakutsi du inhibitzailearena baino gehiago.

RNAseq emaitzek aurretik garapen asexualarentzat proposatutako eredu genetikoa berresten dute. Eredu honek FlbB eta FlbD TF-ek *brlA*-ren espresioa aktibatzen dutela babeste du (Garzia et al., 2010). RNAseq esperimentuak emandako emaitza berriei dagokienez, FlbBren eraginpean dauden geneei buruz ondorengoa ezagutu da:

### 3.1 FlbB metabolismo sekundarioko lau klusterren erregulazioarekin erlazionatuta dago.

Garapen asexualaren indukzioak metabolito sekundario espezifikoen aktibitatea behar du (Ugalde eta Rodriguez-Urra, 2014). Hauen biosintesitarako beharrezkoak diren geneak klusterretan multzokatuta egon ohi direnez (Inglis et al., 2013), RNAseq datuetatik Δ*flbB* fondo genetikoan espresioa adierazgarriki aldatzen duten klusterrak identifikatu ziren: 1) emerizelamidaren (EAS) klusterra, ziklo sexuala duten *Aspergillus* espezietan ekoizten den depsipeptido ziklikoa sortzen duena (Chiang et al. 2008); 2) aspernidine A klusterra, morfogenesi prozesuaekin erlazioa duena (Ahuja et al., 2012); 3) *An2030* gentik *An2038* genera doan klusterra, funtzio ezezagunekoa eta 4) orain dela gutxi karakterizatua izan den *dba* klusterra (Gerke et al., 2012), DHMBA metabolito antibakterianoaren sintesiaz arduratzen dena. Gainerako gene klusterrekin konparatuz *dba*-k gene espresio aldaketa handiena erakusten zuenez, sakonki aztertzeko hautatua izan zen.

RNAseq esperimentuaren arabera *An7893*tik *An7903*rako *dba* klusterreko geneak adierazgarriki gehiago espresatzen dira *flbB* genearen gabezian WT anduiarekin konparatuz. Espresio patroi hau qPCR bidez konfirmatu da klusterreko hiru generekin: *An7895/cipB*, espresio aldaketa handiena erakusten duen genea, eta *An7896/dbaA* eta *An7901/dbaG*, klusterreko gainerako geneen espresioa erregulatzen duten bi TFak kodifikatzen dituztenak geneak (Gerke et al., 2012). qPCR bidez, WT eta Δ*flbB* zepen arteko espresio aldaketa baieztatzeaz gain, Δ*brlA* mutantean espresio azterketa egin da (Adams et al., 1998; Wieser et al., 1994). Emaitzek, Δ*flbB* eta Δ*brlA* mutanteetan *dba* klusterreko hiru gene horien espresioa adierazgarriki igotzen dela erakusten dute (irudia ez dago artikuluan).

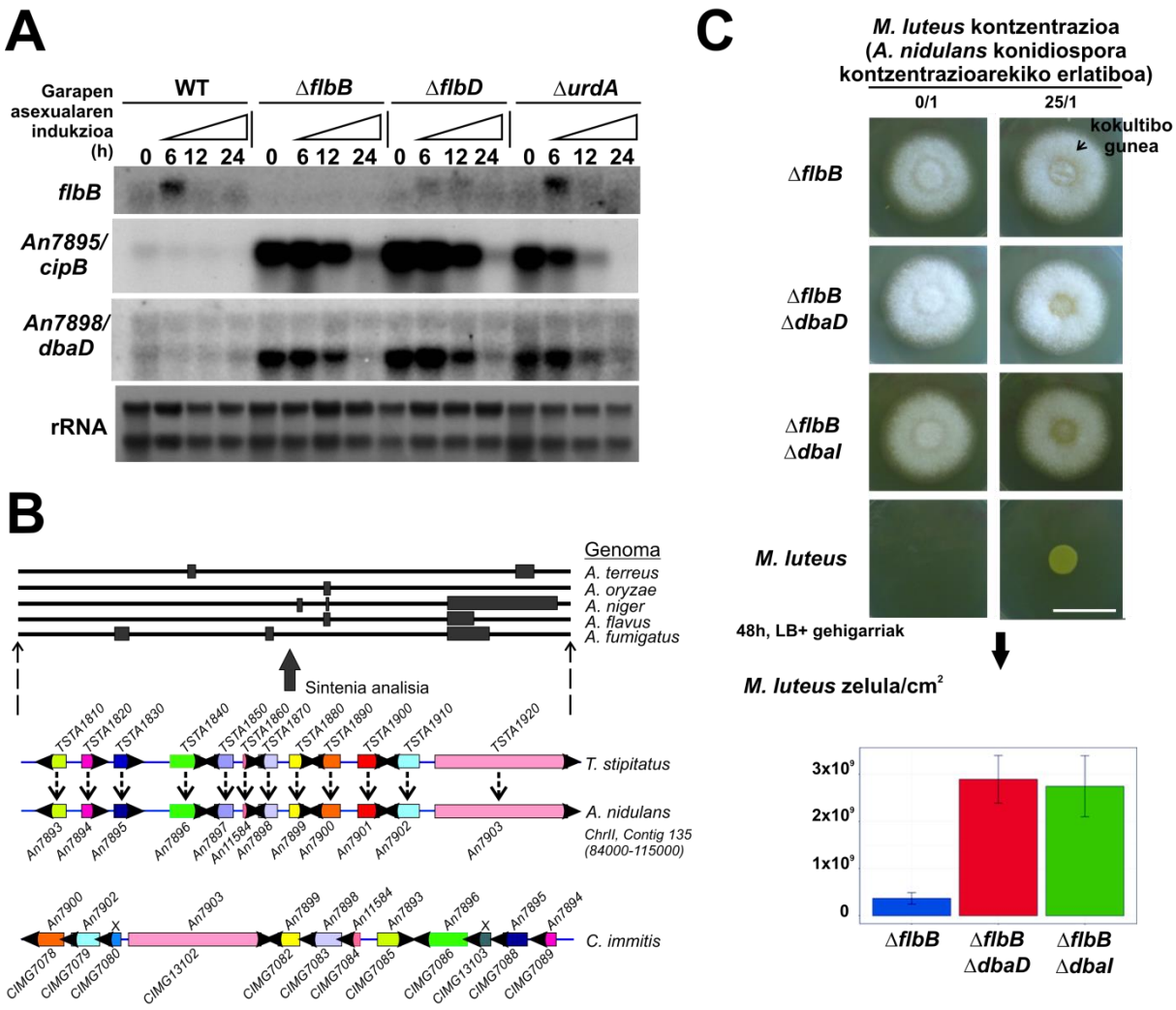
Northern-blot teknika ere erabili da Δ*flbB*, Δ*flbD* eta Δ*An4394/urdA* (ikus aurrerago) UDA mutanteetan klusterraren espresioa analizatzeko (3. irudia A). *An7895/cipB* eta *An7898/dbaD* geneen espresioa aztertu da garapeneko denbora ezberdinetan eta kasu honetan ere aztertutako UDA muntaneetan *dba* klusterreko geneen espresioa adierazgarriki igotzen dela ikusi da (3. irudia A).

Azterketa bioinformatikoen bitartez, *dba* klusterra *Aspergillus* generoko beste espezieetan kontserbatzen ez dela baina txoko ekologikoa elkarbanatu dezaketen espezietan kontserbatu daitekeela erakutsi da. Batetik, sintenia edo espezie ezberdinen arteko gune genomiko baliokideen alineamenduak egin dira kontserbazio ezaren adierazgarri (3. irudia B, goian). Karratu gris ilunek *Aspergillus* generoko beste espezietan *A.nidulans*-en genoma nola kontserbatzen den erakusten dute eta bertan *dba* klusterraren ausentzia garbi ikusten da. Bestetik, blast edo proteinen alineamentuak egin dira. Kasu honetan, *An7893*tik *An7903*-rako gene guztien homologoak aurkitu dira *Talaromyces stipitaus* lurreko onddoko kluster batean, gene guztiek *dba* klusterrarekiko posizio eta orientazioa mantentzen dutelarik. *dba*-ren gene gehienen homologoak dituen kluster bat ere aurkitu da *Coccidioides immitis* eta *C. Posadasii* giza patogenoetan. Hala ere, gene hauek posizio eta orientazio erlatibo ezberdinak dituzte *dba* klusterrarekin konparatuz (3. irudia B, behean).

*dba* klusterrak ekoizten duen DHMBA metabolitoak aktibitate biologikoa du *M.luteus* bakterioaren aurka (Gerke et al., 2012), lur, hauts, ur, aire eta gorputzeko hainbat ehunetan aurki daitekeen bakterioa. *dba* klusterraren espresioa aktibatzeak *M.luteus*-en kontrako tolerantzia handitzen duen aztertzeko, Δ*flbB* anduia (non *dba* klusterraren espresioa modu esanguratsuan handitua dagoen) eta *M.luteus* bakteria elkarrekin kultibatu dira. Inkubazioaren ondoren, ezberdintasun handiak ikusten dira Δ*flbB* eta Δ*flbB;*Δ*dba* anduien artean kokultiboaren gunean. Δ*flbB* hifek agarraren gainazala kolonizatzen dute, eta hifa aereoak sortzen dituzte bakteriaren presentzian (gezi beltza 3. irudia C). Patroi horrekin kontraesanean, onddoaren hifa dentsitatea jaitsi egiten da Δ*flbB;*Δ*dbaD* eta Δ*flbB;*Δ*dbaI* mutante bikoitzetan eta bakterio lehiakideak zelula kopuru esanguratsuki handiagoak sortzen ditu (3. irudia C). Hau da, Δ*flbB* fondo genetiko batean *dba*-ren espresioa aktibatua dagoenez, *M.luteus*-en aurrean tolerantzia handiagoa erakusten du onddoak. Δ*flbB* fondo genetikoan *dba* klusterreko gene bat ezabatzean (adibidez, Δ*flbB;*Δ*dbaI*) metabolitoa egiteko gaitasunarekin batera erresistentzia gaitasuna ere gutxitzen da.

Oro har, FlbB-ren ausentziak metabolismo sekundarioko kluster espezifikoen aktibitatea aldatzen duela ikusten da eta *dba* klusterraren espresioa handitzeak aktibitate antibiotikoa handitzen duela.

**3. irudia. A) *dba* klusterreko geneen espresioa aztertzeko northern-blot esperimentua. B) Analisi bioinformatikoak. Goian, sintenia analasia; behean, blast analisia. C) *Aspergillus nidulans* eta *Micrococcus luteus* espezieen kultiboa elkarrekin. Eskala= 2 cm.**



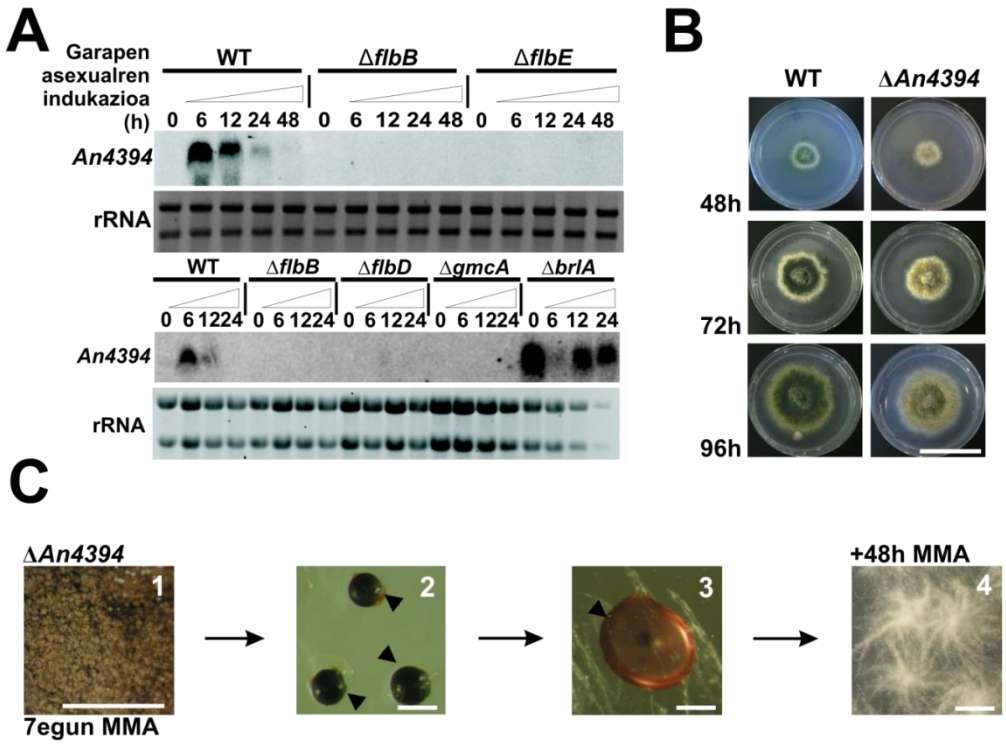

## 3.2 FlbBren aktibitatea beharrezkoa da *An4394*ren espresioa aktibatzeko, garapen sexuala inhibitzen duen TFa kodifikatzen duen genea.

RNAseq esperimentuak *An4394* genearen espresioa Δ*flbB* fondo genetikoan inhibitu egiten dela adierazten du. Gainera, analisi bioinformatikoek, *An4394*ren ortologoak garapen asexualaren erregulazio positiboan inplikatuta daudela iradokitzen dute. Beraz, *An4394* genearen espresioa garapen asexualeko denbora desberdinetan aztertzea erabaki zen Northern-blot teknikaren bidez.

Emaitzek *An4394*ren espresioaren inhibizioa konfirmatzen dute ez bakarrik Δ*flbB* fondo genetikoan, baita beste UDA mutanteetan ere (4. irudia A). Bestalde, *An4394* genea kentzeak ez du *flbB*ren espresio patroian eraginik sortzen, andui basatian bezala mantentzen da (3. irudia A). Beraz, FlbBk *An4394*ren espresioa kontrolatzen du, baina ez alderantziz.

*A.nidulans*-en garapenean *An4394*ren papera hobeto ulertu ahal izateko, genea delezionatu eta bere fenotipoa karakterizatu da. Horrela, Δ*An4394* anduiak garapen asexualaren inhibizio handia erakusten duela aztertu da. Konidiospora produkzioa 27 aldiz txikiagoa du WT-arekin konparatuz (72h, 4. irudia B). Garapen sexualari dagokionez, Δ*An4394* anduiak kleistotezio deritzen egitura sexual ugari sortzen du, WT anduiak baina bost aldiz gehiago (96h, 4. irudia B). Kleistotezioak isolatu, puskatu eta askosporen hazkuntza aztertuz hauen bideragarritasuna egiaztatu da (4. irudia C).

**4. irudia. A) Northern-blot esperimentuan *An4394*ren espresioa. B) Δ*An4394* anduiaren fenotipoa. Eskala= 3cm. C) Kleistotezioen isolatzea eta askosporen hazkuntza Δ*An4394* zepan. Eskala 1) 0.2 cm; 2) 100 µm; 3) 0.3 mm; 4) 3 mm.**




Erakutsitako emaitzetan oinarrituta, *An4394* geneari *urdA* izena jarri zitzaion, bere UDA bide genetikoarekiko menpekotasuna adieraziz (UDA-dependent role in the Regulation of Development in *A. nidulans*). *urdA*-k ustezko TF bat kodifikatzen du, *flb*-en ondoren kokatzen dena garapen asexualaren bide genetikoan eta ez da soilik garapen asexualerako beharrezkoa, garapen sexuala ere inhibitzen du, bi garapen zikloen orekaren erregulatzaile bihurtuz.

## 4. Ondorioak

FlbBri buruzko adostutako modeloak dio FlbBk lehenik *flbD*ren espresioa aktibatzen duela eta gero bi faktoreek batera *brlA* aktibatzen dutela (Garzia *et al.* 2010). Lortutako emaitzek modelo hori sostengatzen dute, baina FlbBren eginkizuna *brlA*ren indukzioa baino haratago doala frogatzen dute. Elkarrentzat baztertzaile diren garapen asexual eta sexualaren denborak modulatzen funtzio garrantzitsua du. Funtzio hau UrdAren bitartez egiten du, proteina honen gabeziak garapen sexual goiztiarra induzitu eta konidia produkzioa inhibitzen duelarik. Horregatik, UrdA-k, UDA bide genetikoa garapen sexualaren erregulazioarekin konektatzen duela proposatzen dugu.

Garapena metabolito sekundarioen produkzioarekin estuki erlazionatua dagoela ezaguna da (Ugalde eta Rodriguez-Urra, 2014). Horren harira, lan honetan, *flbB*, *flbD*, *urdA* edo *brlA* geneen delezioak *dba* klusterreko geneen espresio igoera adierazgarria dakarrela erakutsi da. Beraz, UDA garapen eta metabolismo sekundarioko bideak elkarri konektatua daude. Gainera, kontutan hartu behar da, aurretik *dba* klusterraren indukzioa deskribatu den bi artikuluetan, klusterra genoman bere ondoan kokatzen den azido ortselinikoaren klusterrarekin batera aktibatzen dela deskribatu dela. Ondorioz, bi klusterren erregulazioa lotuta egon daitekeela proposatu da eta metabolito sekundarioen produkzioan bien arteako kooperazioa egon daitekeeela. Gure kasuan ordea, *dba* klusterreko geneak aktibatzen dira baina ez azido ortselinikoaren klusterrarenak. Beraz, nahiz eta azterketa honen esanahi biologikoa oraindik ezezaguna den, klusterren espresio eta metabolito sekundarioen sintesiaren malgutasuna agerian dago, kluster bat metabolito ezberdinak sintetizatzeko gai izan daitekeela proposatu delarik (Zaehle *et al.*, 2014)

*A.nidulans* eta *T.stipitatus*-en dagoen *dba*-ren kontserbazioa gene transferentzia horizontal (horizontal gene transfer process (HGT)) baten ondorioa izan daitekeela erakusten dute azterketa bioinformatikoek, hau da, organismo batek bere ondorengoa ez den zelula bati material genetikoa

transferitu ahal izan diola (Fitzpatrick, 2012). HGT prozesu hipotetiko honen ondorioz onddoek bizirauteko abantailak izan ditzakete beste organismo batzuekin lehian daudenean, adibidez, txoko ekologiko batean. Era honetan, *dba* klusterrak sortutako DHMBA metabolitoak *M.luteus* bakterioaren hazkuntza inhibitzen du (Gerke *et al*. 2012). Beraz, zentzuzkoa izan daiteke *dba* klusterraren indukzioa estres biotikoaren erantzuna izan daitekeela proposatzea. Testuinguru honetan, hainbat generen ausentziak beste mikroorganismo batzuekin lehiak sortutako efektuak simulatu ahalko lituzke eta horrela, defentsa metabolitoen ekoizpena aktibatu, adibidez DHMBA. Horrela, UDA aktibitatearen ausentziak sortutako garapen asexualaren blokeoa (Etxebeste *et al*. 2010) aktibitate biologikoa duten konposatuen sintesia sortzeko seinale gisa interpretatu dezake onddoak.

Oro har, lan honek, UDA aktibitate ezak garapen eta prozesu metabolikoak desorekatu egiten dituenaren bi adibide esanguratsu ematen ditu. Hala ere, RNAseq esperimentuko emaitzetan espresioa adierazgarriki aldatzen duten gene kopuru eta aniztasunagatik, FlbBren aktibitateak prozesu zelular ezberdin gehiagotan eragin zuzena edo ez-zuzena izan dezakeela ematen du. Honek garapeneko erregulazio sareen azterketarako ikuspegi berri bat irekitzen du.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

FlbB-k nukleoan duen aktibitate transkripzionalari buruzko informazio oso zabala lortu da ikerketa honi esker. Baina badago oraindik FlbB-ren inguruan ezezagunak diren hainbat elementu. Horien artean, FlbB-ren puntatik nukleorako garraioa nola ematen den eta transkripzioa zein mekanismoren arabera erregulatzen duen jakitea.

FlbB lokalizazio zelular karateristikoa duen UDA transkripzio faktorea da, aurretik esan bezala. Hifa begetatiboko punta eta nukleorik apikalenean pilatzen da, beste UDA osagarrien jarduera behar duen mekanismo batean. FlbBren puntako akumulazioa FlbE egokitzailearen bitartez gertatzen da eta etorkizunean, puntatik nukleorako garraioa aztertu nahi da.

FlbBren nukleorako garraioa proteinaren N-terminalean kokatutako NLS (Nuclear Localization Signal) baten bitartez gauzatzen da, baina ez da garraioan eragina duen elementu bakarra, FlbDren aktibitatea FlbB nukleoan pilatu dadin funtsezkoa da. Bi proteina hauek interakzionatu egiten dute eta interakzio eremuak definitzea da orain gure helburua. Bestalde, *flbD* kentzean, FlbBren nukleoko pilaketa jaisteaz gain, puntako fluoreszentziaren intentsitatea adierazgarriki handitzen da. FlbB-ren bi noranzkoko mugimendu modu askoz errazagoan aztertu daiteke andui honekin eta hori aprobetxatuz garraio mekanismoari buruzko informazioa gehiago lortzea da helburua.

Azkenik, FlbBren transkripzio mekanismoa garapenaren fase ezberdinetan definitzeko, FlbB eta DNAren arteko interakzio analisiak egingo dira (EMSA, ChIP). Honen bitartez, FlbB eta FlbD-k gene ezberdinak erregula ditzakeen konplexu transkripzional bat osatzen duten aztertu nahi da eta garapenaren fase ezberdinetan nola jokatzen duen aztertu.

## 6. Erreferentziak

Abe, K. and Gomi, K. (2008). Food products fermented by *Aspergillus oryzae*. *The Aspergilli: Genomics, Medical Aspects, Biotechnology, and Research Methods*. Goldman GH y Osmani SA, Eds,. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca RAton, 429-439.

Adams, T. H., J. K. Wieser and J.H. Yu, (1998) Asexual sporulation in *Aspergillus nidulans*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 62: 35-54.

Ahuja, M., Y. M. Chiang, S. L. Chang, M. B. Praseuth, R. Entwistle et al. (2012) Illuminating the diversity of aromatic polyketide synthases in *Aspergillus nidulans*. *J.Am.Chem.Soc*.134: 8212-8221.

Bennet, JW (2010) An overwiev of the genus Aspergillus. *Aspergillus Molecular Biology and Genomics*. Machida M eta Gomi K Eds. Caister Academic Press, Norfolk (UK), 1-17.

Bizukojc, M and Ledakowicz S (2009) Physiological, morphogelogical and kinetic aspects of lovastatin biosynthesis by *Aspergillus terreus*. *Biotechnol. J*. 4, 647-664.

Chiang, Y. M., E. Szewczyk, T. Nayak, A. D. Davidson, J. F. Sanchez et al. (2008) Molecular genetic mining of the *Aspergillus* secondary metabolome: discovery of the emericellamide biosynthetic pathway. *Chem.Biol*. 15: 527-532.

Dyer,P.S., Paoletti,M., and Archer, D.B. (2003) Genomics reveals sexual secrets of *Aspergillus*. *Microbiology* 149: 2301-2303.

Etxebeste,O., Garzia,A., Espeso,E.A., and Ugalde,U. (2010) *Aspergillus nidulans* asexual development: making the most of cellular modules. *Trends Microbiol* 18: 569-576.

Fischer,R., and Kües,U. (2006) Asexual Sporulation in Mycelial Fungi Growth, Differentiation and Sexuality. Kües,U., and Fischer,R. (eds). *Springer Berlin Heidelberg*, pp. 263-292.

Fitzpatrick,D.A. (2012) Horizontal gene transfer in fungi. *FEMS Microbiol Lett* **329**: 1-8.

Garzia,A., Etxebeste,O., Herrero-Garcia,E., Ugalde,U., and Espeso,E.A. (2010) The concerted action of bZip and cMyb transcription factors FlbB and FlbD induces brlA expression and asexual development in *Aspergillus nidulans*. *Mol Microbiol* 75: 1314-1324.

Gerke, J., O. Bayram, K. Feussner, M. Landesfeind, E. Shelest et al. (2012) Breaking the silence: protein stabilization uncovers silenced biosynthetic gene clusters in the fungus *Aspergillus nidulans*. *Appl.Environ.Microbiol*.

Inglis, D. O., J. Binkley, M. S. Skrzypek, M. B. Arnaud, G. C. Cerqueira et al. (2013) Comprehensive annotation of secondary metabolite biosynthetic genes and gene clusters of *Aspergillus nidulans*, *A. fumigatus*, *A. niger* and *A. oryzae*. *BMC.Microbiol*.13: 91.

Nierman,W.C., May,G., Kim,H.S., Anderson,M.J., Chen,D., and Denning,D.W. (2005) What the *Aspergillus* genomes have told us. *Med Mycol* 43 Suppl 1: S3-S5.

Park,H.S., and Yu,J.H. (2012) Genetic control of asexual sporulation in filamentous fungi. *Curr Opin Microbiol* 15: 669-677.

Rodriguez-Urra,A.B., Jimenez,C., Nieto,M.I., Rodriguez,J., Hayashi,H., and Ugalde,U. (2012) Signaling the induction of sporulation involves the interaction of two secondary metabolites in *Aspergillus* nidulans. *ACS Chem Biol* **7**: 599-606.

Weiderborner, M. (2001) *Encyclopedia of Food Mycotoxins* (Berlin:Springer).

Wieser,J., Lee,B.N., Fondon,J., III, and Adams,T.H. (1994) Genetic requirements for initiating asexual development in *Aspergillus nidulans*. *Curr Genet* 27: 62-69.

Yaegashi,J., Oakley,B.R., eta Wang,C.C. (2014) Recent advances in genome mining of secondary metabolite biosynthetic gene clusters and the development of heterologous expression systems in *Aspergillus nidulans*. *J Ind Microbiol Biotechnol* 41: 433-442.

Yu,J.H., and Keller,N. (2005) Regulation of secondary metabolism in filamentous fungi. *Annu Rev Phytopathol* 43: 437-458.

Zaehle,C., Gressler,M., Shelest,E., Geib,E., Hertweck,C., and Brock,M. (2014) Terrein biosynthesis in *Aspergillus terreus* and its impact on phytotoxicity. *Chem Biol* **21**: 719-731.

## 7. Eskerrak

Lan hau Eusko Jaurlaritza, Ministerio de Economía y Competitividad eta Euskal Herriko Unibertsitateak (UVP /EHU) babestu dute. Halaber, eskerrak eman nahi dizkiogu Julio Rodríguez-Romero doktoreari (UPM, Espainia) eta Reinhard Fischer-i katedradunari (Karlsruhe-ko Unibertsitatea, Alemania) RNA erauzketa eta datuen prozesamenduan emandako laguntzagatik.

# Nanogarraiatzaileen Garapena Molekula Terapeutiko Txikiak Modu Eraginkor Batean Ehun Linfatikoetan Askatzeko

Nieto-Garai JA[1,+], Benet S[2,+], Pino M[2], Bilbao E[1], Itziar Erkizia[2], Fernandez-Figueras M[3], Contreras FX[1,4], Prado JG[2], Martinez-Picado J[2,5], Izquierdo-Useros N[2,*] and Lorizate M[1,*]

*korrespondentzia egileak maier.lorizate@ehu.eus
[+]ekarpen berdina
*[1]Biofisikako Unitatea, Biokimika eta Biologia Molekularra saila CSIC, UPV/EHU, [2]IrsiCaixa Institut de Recerca de la Sida, [3]Hospital Germans Trias i Pujol, [4]IKERBASQUE, Basque Foundation for Science, [5]ICREA*

## *Laburpena*

Giza Immunoeskasiaren Birusa 1-ek (GIB-1) zelula mieloideoetara sartu eta inguruan dabiltzan CD4+T zelulak infektatzen ditu. Horretarako, zelulan dagoen Siglec-1 molekula-hartzailea birusaren mintz gangliosidoak (GM) ezagutu eta estekatzen ditu. Siglec-1 infektatutako pazienten monozitoetan gainadierazita dago, baita ehun linfatikoetan aurkitzen diren zelula mieloideoetan ere. Lan honetan GIB-1-arekiko tamainan eta lipido konposaketan antzeko diren nanoliposomak eratu ziren, bere baitan zeramatzaten molekulak espezifikoki ehun linfatikoetara bideratu eta askatzeko. Latenteki infektatutako zelulak GIBaren patogenesiaren adierazleak dira. Zelula hauek birus-gordailu gisa jarduten dute eta horri aurre egiteko nanoliposoma hauetan latentziaren konposatu berraktibatzaileak txertatu nahi ditugu. Nanoliposoma hauek zelula latenteak berraktibatzeko gai izan ziren, eta Siglec-1 adierazten duten zelula mieloideoengaitik harrapatuak izan ziren GM-ekiko dependentea den prozesu baten bitartez.

Odol periferikoan zein ehun linfatikoetan kokatutako zelula mieloideoek daramaten Siglec-1-ekiko espezifikoa den nanogarraiatzaile sistema garatu dugu. Teknologia honen bidez GIB-1 latentzia-berraktibatzaileak zein molekula-txertoak "santutegi anatomikoetara" bideratuko ditugu.

Hitz-gakoak: GIB-1, mDC, Gangliosidoak, nanoliposomak, latentzia-erreaktibatzaileak, harrapaketa, Trans-infekzioa

## *Abstract*

*HIV-1 enters myeloid cells and infects bystander CD4$^+$ T cells via Siglec-1 recognition of viral membrane gangliosides. Siglec-1 is up-regulated on monocytes of infected patients, and we also detected this receptor on myeloid cells residing in lymphoid tissues. Here we aimed to engineer liposomal nanocarriers to mimic HIV-1 membranes and target Siglec-1 for efficient delivery of therapeutic cargo to lymphoid tissue. Nanoliposomes bearing latency reactivators efficiently reactivated latently infected cells and were captured by Siglec-1+ myeloid cells in a GM dependent manner.*

*We have developed a nanocarrier system highly specific for Siglec-1+ myeloid cells located in peripheral blood and lymphoid tissues, a technology that could aid to deliver HIV-1 latency-reactivation molecules or candidate vaccines to key anatomical sanctuaries.*

Keywords: HIV-1, mDC, Gangliosides, nanoliposomes, latency reactivators, capture, Trans-infection

## 1. Sarrera eta motibazioa

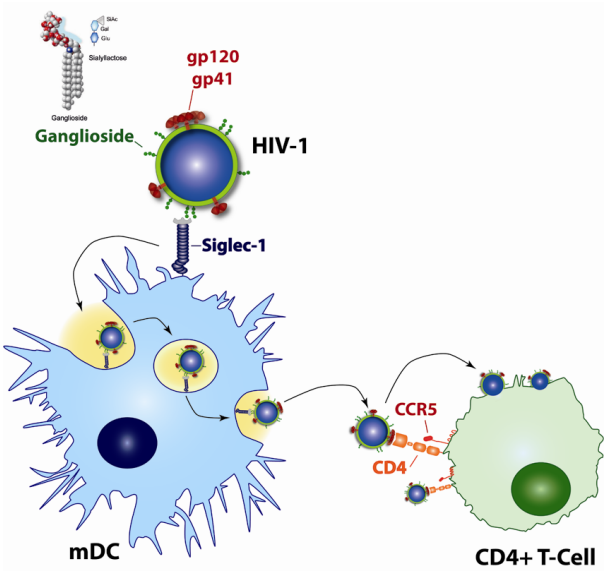
Giza Immunoeskasiaren Birusa-1 (GIB-1-a) HIES-aren erretrobirus eragilea da sistema immunearen infekzio kronikoa sortarazten baitu. 1980.urte aldera aditzera eman zenetik orain arte, 30 milioi heriotza baino gehiagoren eragilea izan da, eta egun, munduan, 34 milioi pertsona inguru dira GIB-arekin kutsatuta daudenak (UNAIDS 2012). Oraindik ordea, ez da sendagai edo txerto eraginkorrik aurkitu. Hala ere, birusa identifikatu zenetik, aurrerapen esanguratsuak egin dira arlo biologiko eta patologikoan, eta honek birusaren propagazioa behintzat kontrolarazten duten terapia berrien aurkikuntza ekarri du, gaixotasuna kronikoa bihurraraziz. Normalean, erretrobirusen aurkako farmakoak terapia konbinatu moduan erabiltzen dira (HAART; ingelesetik, highly active antiretroviral therapy) eta patologia- eta heriotza-tasen jaitsiera ekarri dute. Dena den, atxikipen terapeutikoa, tolerantzia eta luzarorako toxikotasuna, berauen erabilpenaren muga nagusi izaten darraite. Horrez gain, birusak mutazio-ratioa eta errekonbinazio maiztasun altuak ditu. GIB-ari aurre egitea, beraz, ez da lan erraza, eta ikertalde ugari dira arlo honetan ekarpenak egiteko asmoz dihardutenak.

Gaur egungo GIB infekzioa pairatzen dutenek egunero erretrobirusen aurkako farmakoak hartu behar dituzte. Pertsona horiei kontrolak egiten dizkietenean birus-kopurua detektaezina bihurtzen da; baina botikak alde batera utziz gero gaixotasuna berpizten da. Horren erantzulea infektatutako zelula latenteak dira. Zelula hauek, gaur egungo teknikentzako detektaezinak diren, birus kantitateak "sor" dezakete eta sistema immunitarioa ez da ohartzen zelula horiek infektatuak daudenik; beraz ez dira suntsitzen. Horrela "santutegi anatomikoak" bihurtzen dira non botikak ez dira erraz irixten. Gainera zelula latenteak bereizgarri egiten dituen "etiketa" molekularrak zeintzu diren ez dakizkigunez, zelula hauen suntsiketa zaildu egiten ari zaigu. Egoera honi aurre egin ahal izango bagenio, tratamenduak eraginkorragoak izango lirateke.

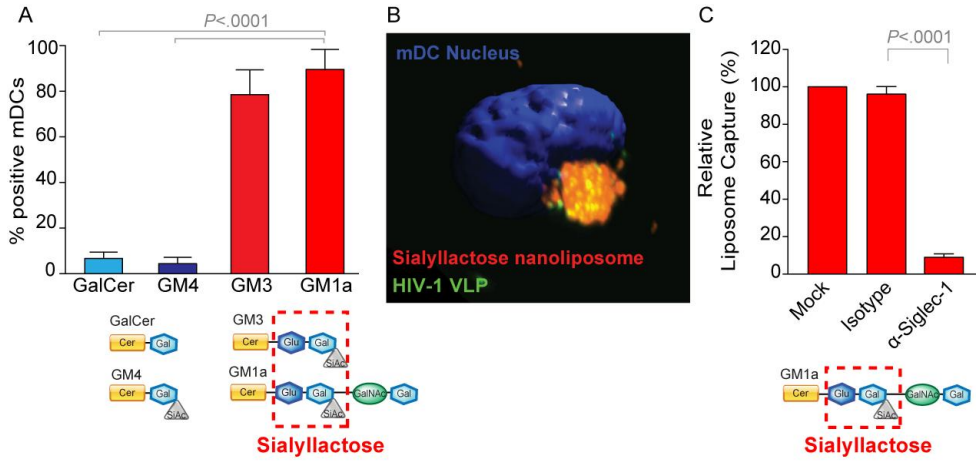
Gaur egungo erretrobirusen aurkako terapia, esan bezala, GIB-1-aren erreplikazioa inhibitzeko gai da, baina, besteak beste, ez du oztopatzen infektatutako zelula latenteen barruan birus-biltegiak ezartzea. Zailtasun handiena GIB-1 birus-biltegien berpiztean eta "santutegi anatomikoetatik" desagertaraztean datza (Izquierdo-Useros, et al., 2014). Zoritxarrez, eta berraktibatze konposatu ugari eskuragarri izan arren, batek ere ez du eraginkortasunik frogatu orain arte. Hori dela eta, estrategia konbinatuak eta berritzaileak behar dira birusa desagerrarazteaz gain, birusaren kontrako immunitate-kontrola sustatzen dutenak.

GIB-1-a estalki lipidiko batez inguraturik dago eta bertan, zelula ostalaria ezagutu eta infektatzeaz arduratzen diren fusio-proteinak (env) aurkitzen dira. Birusak ostalaria ezagutzen duenean (CD4+ zelulak) env CD4 hartzailera eta CXCR4 edo CCR5 kohartzaileetara lotzen dira, fusio prozesua ematen delarik. Modu honetan CD4+ zelula berria infektatzen da. Zelula dendritiko helduak (ingelesetik mDC), ez direnak GIBagatik infektatzen, antigeno aurkezle indartsuak dira etengabe T zelulekin elkarreragiten dutenak erantzun immuneei hasiera emateko. Hala ere, GIB-1-ek estrategiak garatu ditu mDC-ak dituen birus-aurkako ahalmena asaldatzeko. Horrela, CD4+ T zelulen infekzioa sustatzen du mekanismo berezi baten bidez: *trans-infekzioa,* alegia. Infekzio mekanismo honetan birusak mDC-ak dituen gainazaleko molekula-hartzaile bati estekatu eta zelulan barneratua izango da, mDC infektatu gabe. Azkenik, gongoil linfatikoetan dauden CD4+ T zelulei pasarazi egingo zaie aurretik mDCak barneratutako birusak, bukaeran CD4+ T zelulak infektatuko dituelarik (1. Irudia). Duela gutxi GIB-1-ek burutzen duen *trans-infekzio* prozesuaren mekanismo molekularraren oinarriak plazaratu genituen (1 eta 2. Irudiak). mDCaren gainazalean adierazten den Siglec-1 molekula-hartzaileak birusaren estalki lipidikoan dauden gangliosidoen sialil-laktosa molekulak ezagutu eta estekatzean oinarritzen da aipatutako mekanismo molekularra (Izquierdo-Useros/Lorizate, et al., 2012; Izquierdo-Useros et al., 2012).

Bide berri hau latenteki infektatutako zelulen berpiztea sustatzeko eta GIB-1 desagerrarazteko aukera paregabea da, Siglec-1 adierazten duten mDC-ei zuzendutako nanoliposomen bidez. Gainera, Siglec-1 bidezko ituraketa jarraitzen duten liposomek *in vivo* antigenoen aurkezpenean dihardutela frogatu da (Kawasaki et al., 2013).




**1. Irudia. mDC-ak bideratutako GIB-1-aren Trans-infekzioa**




**2. Irudia. Nanoliposomen harrapaketa sialil-laktosarekiko dependentea da.** A) Nanoliposoma fluoreszenteen mDC bidezko harrapaketa gangliosido motaren arabera. Irudiaren azpialdean gangliosidoen marrazkia, sialil-laktosadunak soilki harrapatuak dira. B) Mikroskopia konfokalaren bidez lorturiko mDC-harrapaketa irudiak. Gorriz nanoliposomak, berdez GIB-1 partikula eta urdinez nukleoa. C) Harrapaketaren inhibizioa Siglec-1 hartzailearen estekaunean antigorputz bat lotu ostean (Izquierdo-Useros/Lorizate, et al., 2012).

## 2. Ikerketaren Helburuak

1) Siglec-1 adierazten duten Zelula Dendritiko helduak itu-zelula gisa erabiliko duten nanoliposomak diseinatu eta sintetizatzea. Nanoliposomen formulazioa hobetzea, hauen harrapaketa ahalik eta eraginkorren izan dadin.
2) Latenteki infektatutako CD4+T zelulen berraktibazioa eragitea. Horren ondorioz askatuko liratekeen GIB-1 berriek eragingo luketen berrinfekzioa inhibitzea. Hortarako mDCek aurretik harrapatutako berraktibatzaile eta birus aurkako konposatuak daramatzaten nanoliposomak askatuko lituzkete. Baina etorkizun batean, sistema immunitarioaren bide zitotoxikoa aktibatu nahi dugu, berpiztutako zelula latenteak suntsituak izateko.

## 3. Ikerketaren Muina

Latenteki infektatutako CD4+ T zelulak berraktibatzeko, mDC-en bidezko transmisio bidea ustiatuko dugu, mDC hauek berez GIB-1-ek erabiltzen duen Siglec-1 adierazten dutelarik. Horretarako GIB-1-arekiko tamainan eta lipido konposaketan antzekoak diren nanoliposomak eratuko ditugu, bertan berraktibazio konposatuak daramatzatenak. Modu honetan nanoliposomak mDC-arengaitik harrapatuak izateaz gain, berraktibazio konposatuak eta erretrobirusen aurkako konposatuak CD4+T zeluletara bideratzeko gaitasuna

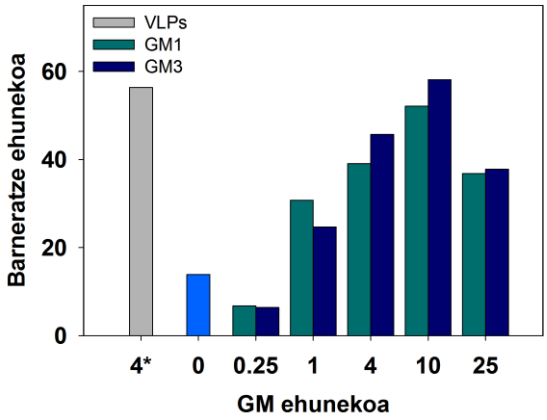
izango dute. Horrela nanoliposoma hauek barreiaturik dauden bigarren mailako organo linfoideetara iritsiko dira. Gainera, barneratu egiten diren konposatuen erdi-bizitza eta potentzia handitu daiteke, eta toxizitatea, solubilitatea eta egonkortasuna hobetu daiteke honela.

### 3.1. Nanoliposomen formulazioa eta mDC bidezko harrapaketa.

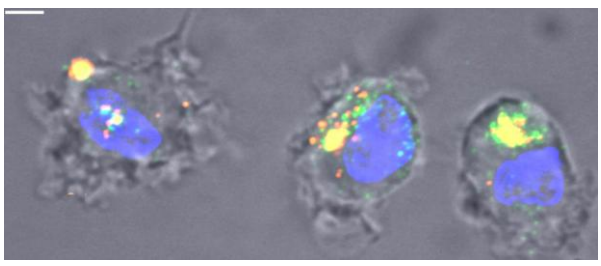
GIB-1ek bere estalki lipidikoa infektatutako zelula ostalariaren mintz plasmatikotik eskuratzen du gemazioz. Birusaren askapena ematen deneko mintzaren inguruneak *raft* motako ezaugarriak dituela dirudi (Lorizate eta Kräusslich, 2011). *Raft* lipidoak mintzeko mikrodomeinu dinamikoak dira eta kolesterol, esfingolipido eta saturaturiko glizerofosfolipidoetan aberastuta daude, $l_o$ deritzon likido-fase ordenatu egitura dutelarik (Simons, eta Ikonen, 1997). Birusaren mintz lipidikoa masa espektrometria bidez kuantifikatu ondoren, esfingolipidoetan, kolesterolan eta gantz azido aseetan aberatsa dela ikusi zuten (Brügger et al., 2006; Lorizate et al., 2013). Esfingolipidoen artean gangliosidoak bazeudela ere antzeman zen (Chan et al., 2008).

Duela gutxi, birusaren mintzaren gainazalean dauden zenbait gangliosidoren sialil-laktosa molekula mDC-tara sartzearen arduraduna dela aurkitu genuen. mDC-ek patroi-molekular hau daramaten edozein partikula (birusak, exosomak, liposomak etab.) harrapa dezakete. Jakin badakigu harrapaketa hau birusen fusio-glikoproteinarekiko guztiz independentea dela (Izquierdo-Useros/Lorizate et al., 2012). Nanoliposoma hauen eraginkortasuna ahalik eta altuena lortzearren gangliosido desberdinez eta gangliosido kantitate aldakorrez osaturiko nanoliposoma fluoreszenteak eraiki ziren eta beraien harrapaketa mDC-engaitik FACS bidez neurtua izan zen (3A. Irudia). Berriz ere, nanoliposoma hauek soilik gangliosidoak zituztenekoetan harrapatuak izaten ziren eta eraginkortasuna eta garraio-bidea GIB-1-ek egindakoaren berdina zela ikusi genuen (2. Irudia eta 3B irudia). Monozitoek jarduera berdina erakutsi zigun, honekin odolean zehar aurki daitezkeen partikulak harrapatu daitezkeela ondoriozta daiteke, aurretik propozaturiko sistema erakargarriagoa bihurtuz. Erabilitako gangliosidoen artean ez zen desberdintasun argirik ikusi, hortaz GM1-ekin jarraitzea erabaki genuen gangliosidoen tamaina handiak nanoliposomei egonkortasuna ematen baitio. Kantitateari dagokionez, %10eko gangliosido kontzentrazioa izan da aukeraturikoa, hortik aurrerako kontzentrazioek eragin negatiboa baitzeukan harrapaketan, ziurrenik oztopo esterikoaren ordainez.

A



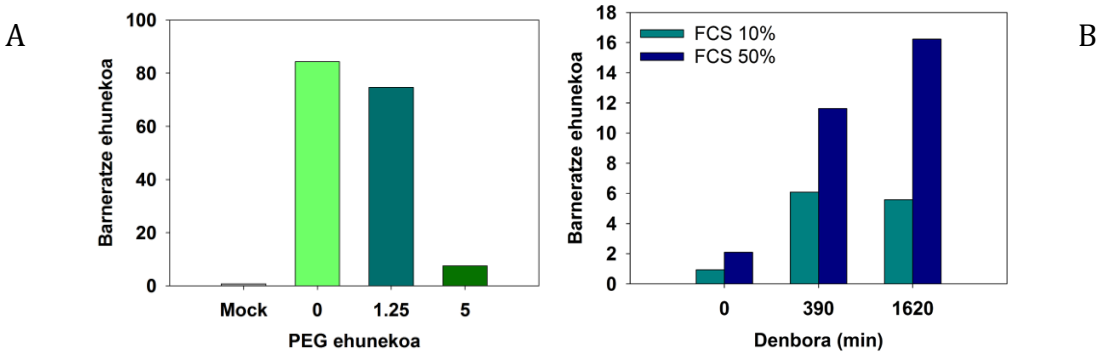

B



**3. Irudia. mDC eta monozitoen bidezko nanoliposomen harrapaketa.** A) Gangliosido kantitate desberdina erabili da eta GIB-1 birusaren harrapaketarekin konparatu da (VLP). B) Mikroskopia konfokalaren bidez lorturiko mDC-harrapaketa irudiak. Gorriz nanoliposomak eta berdez GIB-1 partikulak. Hori kolorea aurreko bi koloreak kolokalizatzean agertzen da. Marratxoak 2μm adierazten ditu. * argitaratutako GIBern GM3 kantitatea (Chan et al., 2008).

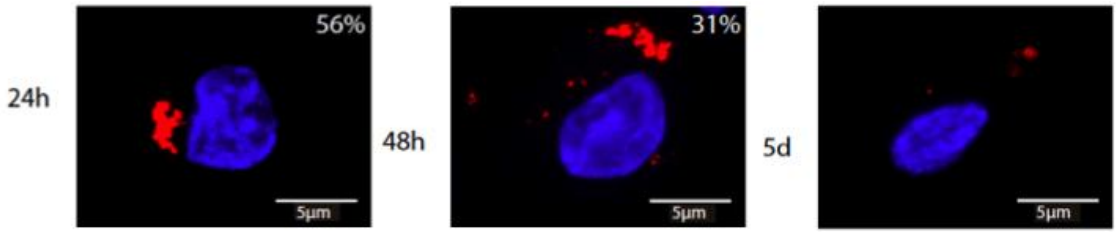
### 3.2. Nanoliposomen egonkortasuna eta *ex vivo* erretentzioa

Nanoliposomen egonkortasuna oso ezaugarri garrantzitsua da, izan ere organismoan zehar barreiatuak izan behar dira eta hainbat egunetan zehar modu egonkor batean mantendu behar dira. Gainera sistema immunearen erasoa ekiditu behar dute. Honetarako lipido baten buru polarrean polietilenglikola (PEG) atxikituta duen lipidoa erabili genuen eta gangliosidodun nanoliposomen egonkortasuna *in vitro* eta *ex vivo*, mDC-tan, aztertu genituen (4. Eta 5. Irudiak).




**4. Irudia. Nanoliposomen egonkortasuna *in vitro* eta *ex vivo*.** A) PEG lipidodun portzentaia desberdinetako nanoliposomek mDC-aren bidezko harrapaketan duen eragina. Geziak hurrengo sailaketarako erabiliko den nanoliposoma mota adierazten du. B) PEG portzentaiadun nanoliposoma horiek duten egonkortasuna sero portzentaia desberdinen aurrean.

Nanoliposomen konposaketan PEG-dun lipidoak izatea mDC bidezko harrapaketan eragina eduki dezakeela espero genuen, PEG-aren egiturak nanoliposoman dauden gangliosidoen sialil-laktosa molekula ezkuta baitezake, hortaz zenbat eta PEG gehiago eduki, harrapaketa portzentaia murrizten da (4A irudia). Erabilitako portzentaien artean %1,25 PEG ehunekoak, PEG-rik gabeko nanoliposomen harrapaketa maila berean aurkitzen zenez, eta *in vitro* saioek nanoliposoma hauek egonkorrak zirela adierazten zutenez (4B irudia), aurrerantzean portzentaia hori erabili genuen gainerako frogetan.



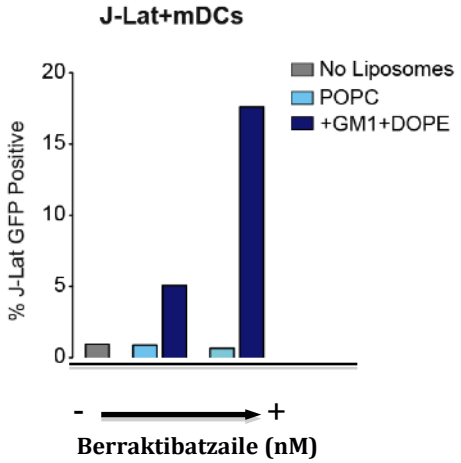

**5. Irudia. Nanoliposomen harrapaketa eta denbora zeharreko erretentzioa mDC-tan.** Nanoliposomak mDC-rekin kontaktuan jarri eta gero denboran zehar aurkezten duten erretentzio maila adierazten da. Gorriz nanoliposomak eta urdinez nukleoa.

Nanoliposoma egonkor hauek mDC-en barruan aurkezten duten erretentzio-denbora ikertu nahian, harrapaketa osteko denbora-tarte desberdinetan zelula barruan aurki genezakeen nanoliposomen seinalea mikroskopio konfokalez behatu genuen. Zelula hauek antigenoen aurkezleak izanik, barneratutako nanoliposoma edota birus kantitate bat degradatuak izatera bideratuko du, geroxeago antigenoen aurkezpena egin ahal izateko; beraz denboraren poderioz seinale murrizketa espero da. Hori bai, Birusarekin gertatzen zen bezala (Izquierdo-Useros/Naranjo, et al., 2009) luzaroan mantentzen dira nanoliposomak. Emaitza honek nanoliposomen funtzionaltasunari buruzko ideia bat ematen digu; luzaroan gure nanoliposomak mDC-tan mantenduko dira T zelulekin elkarrekintzak emateko probabilitatea handituz.

### 3.3. Erreaktibazio eta erretrobirus aurkako konposatuen txertaketa

Erretentzio handiko eta egonkorrak diren nanoliposomak garatu eta gero, latentziazko berraktibatzaileak txertatzea izan zen hurrengo pausua. Kasu honetan aukeratutako berraktibatzaileak gaur egun OMEk onarturiko konposatuak dira. Bere izaera hidrofobikoei esker nanoliposomaren mintzean txertatuta geratzea

espero genuen. Eginiko lehen saio batek berraktibatzailedun nanoliposomak, mDC-ak harrapatu ostean, CD4+T zelula ereduak berraktibatzeko gai direla adierazten digu (6. Irudia).




**6. Irudia. Nanoliposomen bidezko CD4+ T zelula ereduaren berraktibazioa.** Berraktibazioa nanoliposomen konposaketa eta berraktibatzailearen kontzentrazioaren araberakoa da.

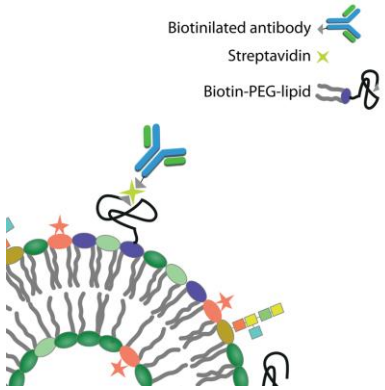
## 4. Ondorioak

Nanogarraiatzaile sistema egonkorra garatu dugu. Odol periferikoan zein ehun linfatikoetan kokatuta dauden zelula mieloideoek daramaten Siglec-1-ekiko espezifikoa den nanogarraiatzaile sistema hain zuzen ere. Teknologia honen bidez GIB-1 latentzia berraktibatzaileak txertatu eta CD4+T zelulak berpiztea lortu dugu. Zelula latenteak berpiztea gaur egungo erronka nagusi bat bihurtzen ari baita GIB inguruko ikerketa munduan.

Garrantzitsua da ohartzea garatutako sistema honen bidez mDC-ak edozein farmako ituratu dezakela organo linfoideetara, kasu honetan GIBaren aurkakoa, baina bestelako gaixotasun mieloideotara estrapola liteke.

## 5. Etorkizunerako iradokitzen den norabidea

Lortutako nanogarraiatzaileak mDCarekiko espezifikoak dira baldin eta bere baitan GM badaramatzate; baina CD4+ T zeluletara ituratzeko espezifikotasuna garatzea falta zaigu. Nanoliposomen ituraketa CD4+ T zeluletara izan dadin, antigorputza espezifikoak daramatzaten immunonanoliposomak garatu behar ditugu (7. Irudia). CD4 hartzaile ezagutu, estekatu eta endozitosia piztuko duen antigorputz bat nanoliposometan lotzean datzana.




**7. Irudia. Immunoliposomen garapena**

Bestalde zelula latenteak berpizterakoan zelula horiek suntsitu behar dira. Hortarako CD8+T ren erantzun zitotoxikoa piztu egin behar da. GIB-1-tik eratorritako proteinak beste nanoliposometan kapsulatu nahi

ditugu. mDCak antigenoen aurkezleak izanik, prozesatutako proteinak euren mintz plasmatikoan antigeno moduan erakutsiko dituzte, CD8+ T zelulen GIB-1 aurkako erantzun zitotoxikoa piztuz.

## 6. Erreferentziak

Brügger B, Glass B, Haberkant P, Leibrecht I, Wieland FT eta Kräusslich HG. (2006) The HIV lipidome: a raft with an unusual composition. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 103(8):2641-6.

Chan R, Uchil PD, Jin J, Shui G, Ott DE, Mothes W eta Wenk MR.(2008) Retroviruses human immunodeficiency virus and murine leukemia virus are enriched in phosphoinositides. *J Virol.* 82(22):11228-38. doi: 10.1128

Izquierdo-Useros N, Lorizate M, Contreras FX, Rodriguez-Plata MT, Glass B, Erkizia I, Prado JG, Casas J, Fabriàs G, Kräusslich HG eta Martinez-Picado J. (2012) Sialyllactose in viral membrane gangliosides is a novel molecular recognition pattern for mature dendritic cell capture of HIV-1. *PLoS Biol.* 10(4):e1001315. doi: 10.1371

Izquierdo-Useros N, Lorizate M, McLaren PJ, Telenti A, Kräusslich HG eta Martinez-Picado J. (2014) HIV-1 capture and transmission by dendritic cells: the role of viral glycolipids and the cellular receptor Siglec-1. *PLoS Pathog*. 10(7):e1004146. doi: 10.1371

Izquierdo-Useros N, Lorizate M, Puertas MC, Rodriguez-Plata MT, Zangger N, Erikson E, Pino M, Erkizia I, Glass B, Clotet B, Keppler OT, Telenti A, Kräusslich HG eta Martinez-Picado J. (2012) Siglec-1 is a novel dendritic cell receptor that mediates HIV-1 trans-infection through recognition of viral membrane gangliosides. *PLoS Biol.* 10(12):e1001448. doi: 10.1371

Izquierdo-Useros N, Naranjo-Gómez M, Archer J, Hatch SC, Erkizia I, Blanco J, Borràs FE, Puertas MC, Connor JH, Fernández-Figueras MT, Moore L, Clotet B, Gummuluru S eta Martinez-Picado J. (2009) Capture and transfer of HIV-1 particles by mature dendritic cells converges with the exosome-dissemination pathway. *Blood.* 113(12):2732-41. doi: 10.1182

Kawasaki N, Vela JL, Nycholat CM, Rademacher C, Khurana A, van Rooijen N, Crocker PR, Kronenberg M eta Paulson JC. (2013) Targeted delivery of lipid antigen to macrophages via the CD169/sialoadhesin endocytic pathway induces robust invariant natural killer T cell activation. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 110(19):7826-31. doi: 10.1073

Lorizate M eta Kräusslich HG. (2011) Role of lipids in virus replication. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2011 Oct 1;3(10):a004820. doi: 10.1101/cshperspect.a004820.

Lorizate M, Sachsenheimer T, Glass B, Habermann A, Gerl MJ, Kräusslich HG eta Brügger B. (2013) Comparative lipidomics analysis of HIV-1 particles and their producer cell membrane in different cell lines. *Cell Microbiol.* 15(2):292-304. doi: 10.1111

Simons K eta Ikonen E. (1997) Functional rafts in cell membranes. *Nature.* 387(6633):569-72.

UNAIDS 2012. http://www.unaids.org/es/dataanalysis/

## 7. Eskerrak eta Oharrak

Aurkezten zaizuen lan hau amfAR Mathilde Krim Fellowship 108676-55-RKRL bidez dago finantziatua. JA. Nieto-Garai Eusko Jaurlaritzako beka predoktoral baten onuraduna da.

# DOPC:esfingomielina:kolesterol lipido nahasketa hirutarraren Laurdan bi-fotoi azterketek fase bakarra erakusten dute 1 baino txikiago diren esfingomielina:kolesterol erlazioetan.

Carravilla P.[1,2], Nieva J.L.[1,2], Goñi F.M.[1,2], Requejo-Isidro J.[1], Huarte N.[1,2]

*[1]Biofisika Unitatea (CSIC, UPV/EHU), Sarriena Auzoa, 48490 Leioa*
*[2]Biokimika eta Biologia Molekularra Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), 644 Kutxatila, 48080 Bilbao*

***Laburpena***

DOPC:esfingomielina:kolesterol lipido nahasketa zelularen mintz plasmatikoaren eredu gisa erabili ohi da. Nahasketa hau Laurdanez markatutako besikula lamelabakar erraldoietan ikertu da bi-fotoi fluoreszentzia mikroskopia erabilita. Aurretik argitaratutako fotoi bakarreko ikerketetan ez bezala, zeinetan antolaketa heterogeneoa (fase banaketa) proposatzen den 1 baino txikiagoak diren esfingomielina:kolesterol erlazioa molarretan, diagramaren eremu honi dagozkion nahasketetan fase bakarreko antolaketa detektatu dugu. Fase banaketa makroskopikoa fotoi bakarreko kitzikapenaz artifizialki eragin daitekela frogatu dugu ere, baita bi-fotoiaz eragotzi daitekela. Laurdanak inguruaren polaritatea antzemateko duen gaitasunaz baliatu gara mintzaren ordena-diagrama eraikitzeko.

Hitz gakoak: Polarizazio Orokortua, Bi-fotoi Mikroskopia, Mintz Domeinuak

***Abstract***

*The ternary lipid mixture DOPC:sphingomyelin:cholesterol has been studied in the form of giant unilamellar vesicles using two-photon fluorescence microscopy. Previous publications based on single-photon fluorescence microscopy had reported heterogeneous phase behavior (phase coexistence) in the region of the phase diagram corresponding to sphingomyelin:cholesterol molar ratios <1. We have examined this region and have found that, under our conditions, only a single liquid phase exists. We have shown that macroscopic phase separation in the above region can be artifactually induced by one-photon excitation, and is prevented using two-photon excitation. The measurement of Laurdan generalized polarization allowed the representation of membrane lateral packing along the diagram.*

*Keywords: Generalised Polarisation, Two-photon Microscopy, Membrane Domains*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Mintzak zelulen osagairik garrantzitsuenetarikoak dira, izan ere bizitza eta heriotzaren arteko muga izateaz gain zelularen funtzio desberdinetan ezinbesteko papera betetzen dute: bizirauteko beharrezkoak diren prozesu biokimikoak espazialki banatzen dituzte, baita hauetan parte hartu modu zuzen edota zeharkakoan, hala nola, energia ekoizpenean, zelulen arteko komunikazioan, zelula barneko zein kanpoko molekulen garraioan... Lipidoak zelulen mintz plasmatikoen osagai nagusiak izanik, lipido hutsez eratutako bigeruzak mintz hauen eredu gisa erabiliak izan ohi dira.

Azkeneko hamarkadetan alorrean onartutako kontzeptu berri eta garrantzitsua da lipidoak mintzaren planoan modu homogeneoan ez antolatzea; are gehiago segregatutako domeinuak eratzen dituztela onartua da, lipido eta proteina zehatz batzuetan aberatsak diren *raft* izeneko domeinu zurrunak (Goni et al. 2008, Sankaram and Thompson 1990, Simons and Ikonen 1997). Nahiz eta *raft* delako hauen hainbat prozesuetako parte hartzea deskribatu den haien ezaugarri asko ezezagunak dira, adibidez tamaina edo biziraupena.

Laborategian mintz modelo sinpleak ezinbestekoak dira honi lotutako prozesuak ikertzeko. Zelulen mintzak fisikoki imitatzeko, domeinuetan banatzeko joera hau betetzen duten lipido

nahasketak erabili ohi dira, mintz plasmatikoetan nagusi diren hurrengo hiru lipidoez eratuta: fosfokolina (PC) espezie asegabea:fosfokolina espezie asea (edo esfingomielina (SM)):kolesterola (CHOL), azken bi lipidoak *raft* domeinuetan aberastuta daudelarik. Nahasketa-eredu hauen inguruko berrikuspena (Veatch and Keller 2003b)-n aurkitu daiteke. Mintz-eredu hauen propietate fisiko-kimikoak hainbat teknika erabiliz aztertu dira, haien artean: fluoreszentzia, mikroskopia, elektroi-spin erresonantzia edo erresonantzia magnetiko nuklearra.

Gure taldeko aurretiko GIBaren inguruko ikerketak (Apellaniz et al. 2014) kolesterol kopuru handiko mintzen azterketara bultzatu gintuen, lipido hau birusaren mintzaren osagai nagusia baita (%46) (Brugger et al. 2006) eta infekziorako lehen urratserako ezinbestekoa; izan ere, birusak kolesterola behar du bere mintza eta linfozitoarena fusionatu ahal izateko. Horrela SM:CHOL erlazioa 1 baino txikiagoa den fase diagramaren eremua aztertu da, kolesterol baino esfingomielina gehiago duten mintzak alegia, birusarena kasu. Argitaratutako lan anitzetan oinarrituta, gune honetan bi faseetan antolaturiko mintza espero genuen. Bestalde besikula lipidikoak ikusi ahal izateko beharrezkoak diren fluroforoak kitzikatzean mintzaren osagaien aldaketa kimikoak eragiteko arriskua dagoela deskribatua izan da aldez aurretik. Hau guztia kontuan hartu eta DOPC:CHOL:eSM (*eggSM*, arraultzetik erauzitako SMa) nahasketaren ikerketari ekin genion. Horretarako Laurdan fluoroforoa erabili genuen besikulak markatzeko, banaketa lateralari eta ordenari buruzko informazioa eskaintzen duena.

## 2. Arloko egoera eta ikerketa helburuak

PC:SM:CHOL lipido nahasketa hirutarraren inguruko ikerketa ugari argitaratu dira. SM:CHOL < 1 eremua bereziki garrantzitsua da, birus eta zelula mintz gehienetan kolesterola SMa baino kopuru handiagoan agertzen delako. Giro tenperaturan egindakoak soilik kontuan hartuta (lan honetan bezala), eremu honetan desadostasun handiak daudela agerikoa da: batzuen arabera mintzak fase bakarrean antolatzen dira, beste batzuk ordea, lipidoak bi fasetan antolatzen direla proposatzen dute. Ezberdintasun hauen oinarrian teknika desberdinak erabili izana egon daiteke. Adibidez mikroskopio optikoen ebazpen mugak (200 nm ingurukoa) nanodomeinuen detekzioa ekiditen du, teknika espektroskopikoetaz baliatuz gainditu daitekeena. Hala ere, gure kezka nagusia foto-eragindako domeinu makroskopikoak izan dira.

Ikerketa anitzen arabera floreszentzia mikroskopian erabili ohi diren zunda askok nahasketa lipidikoen fase portaerari eragin diezaiokete. Texas Red edo DiIC12 zundek ez bezala, Laurdan-ak fase banaketan eraginik ez izatea frogatzen duten lanak aipagarriak dira (Leung et al. 2014). Are gehiago, zunda honek ez du inongo zaletasunik fase espezifikoekiko, hau da, modu homogeneoan banatzen da mintzaren barne. Azken ezaugarri honek mintzaren ordena molekularraren kuantifikazioa ahalbidetzen du.

Lan honen helburua DOPC:CHOL:eSM lipido nahasketaren fase diagrama eraikitzea izan da, fase portaera eta mintzaren ordenaren inguruko informazioa barnean hartuko dituena. Aipaturiko guztia kontuan hartuz, artefaktuak ekiditeko arretaz jardun gara.

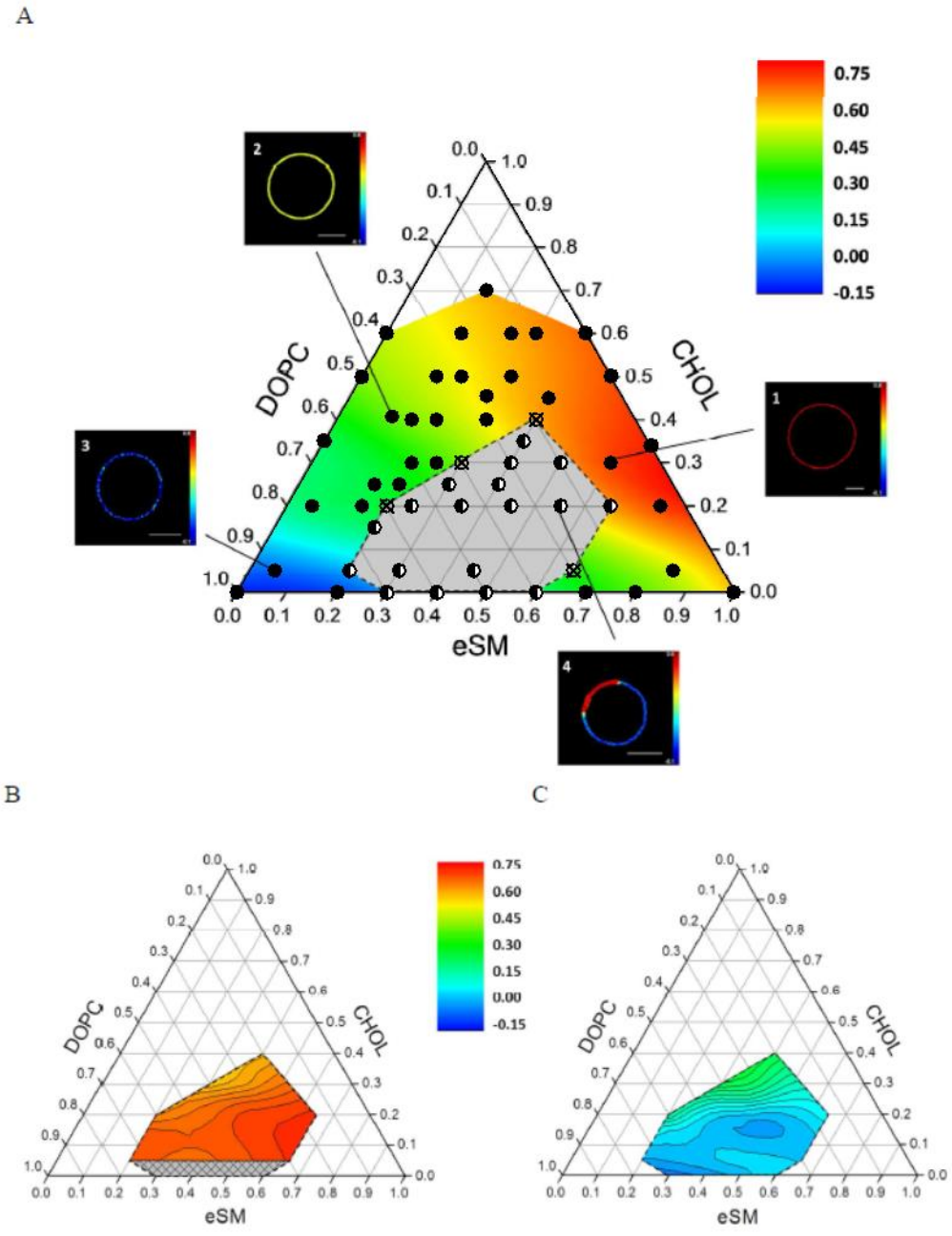
## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Kolesterol:esfingomielina erlazio molarrak zuzentzen du mintzen banaketa lateral makroskopikoa

Hemen aurkezten dugun lana sakonki deskribatutako Laurdan zundaren erabilpenean oinarritzen da eta DOPC:eSM:CHOL nahasketaz osatutako besikula erraldoien bigeruzen banaketa lateralaren portaera deskribatzen du. Nahasketa lipidiko hauek mintzetako *raft* domeinuak aztertzeko eta erreproduzitzeko erabili dira, beraz hauen izaera sakonki deskribatzea izango dugu helburu.

Laurdan zunda mintzen banaketa laterala jarraitzeko erabili ohi da, bere igorpen fluoreszentea uhin-luzera handiagoetara (gorriruntz) mugitzen baita ingurune polarretan eta txikiagoetara (urdineruntz) apolarretan. Mintzetan aldaketa hau zurruntasunarekin zuzenki lotuta dago, beraz Laurdan-a bigeruzen ordena molekularra kuantifikatzeko zunda erabilgarria da. Zoritxarrez Laurdan-aren txuritzeko joera oso handia da, hau da, kitzikapen-igorpen ziklo kopuru txiki bat jasan dezake. Desabantaila honi aurre egiteko energia erdiko bi-fotoietako laser infragorria erabili izan zen argi-iturri bezala, horrekin kitzikapena plano fokalera mugatzen delako. Plano honetatik at zundak bi fotoi xurgatzeko probabilitatea txikia izango da, beraz ez da kitzikatuko eta argiak induzitutako kaltea murriztuko da.

**1. irudia. DOPC:eSM:Chol nahasketaren GP fase diagrama**



Lehen irudian neurtu ditugun lipido nahasketa desberdin guztiak ikus ditzakegu irudikatuta Gibbs-en triangelu batean, non puntu bakoitza lipido bakoitzaren proportzio zehatzei dagokion. Fase bakarra erakusten duten nahasketak (1-3 besikulen kasua) zirkulu beltz moduan irudikatuta daude eta banaketa laterala erakusten dutenak (4 besikula adibidez) zirkulu zuri-beltzak bezala. Irudikapen hirutar honetan argi ikus daiteke, momenturarte argitaratu denaren aurka, 1 baino txikiagoak diren SM:CHOL erlazio molarra aurkezten duten lipido nahasketetan ez dela fase banaketarik antzematen (Bezlyepkina et al. 2013, Kahya et al. 2003, Lindblom et al. 2006, Tian et al. 2007). Gainera, esfingomielina eta kolesterol kantitate berberak dauzkaten nahasketek besikula populazio heterogeneoak osatzen dituzte: bai fase desberdinak dauzkaten besikulak zein mintz homogeneoak ikuskatzen dira kasu guztietan, aurretik deskribatua izan den moduan (Veatch and Keller 2003a), bi lipido hauen arteko erlazioa faktore kritiko bat dela iradokiz.

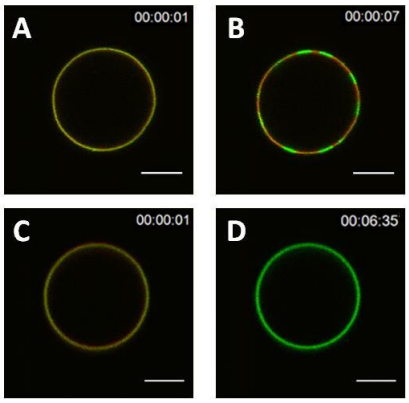
Laurdan zundak, mintzen antolaketa lateralari buruzko informazio kualitatiboa eskaintzeaz gain, konposaketa bakoitzari dagokion lipidoen ordena maila zehatza kuantifikatzeko ahalmena ematen digu. Mintz lipidikoen ordena hauen propietate oso garrantzitsua da, proteina zen ligando desberdinen gerturatze eta txertatzeko ahalmena baldintzatuko baitu. Mintzen paketatze maila Polarizazio Orokortua deitutakoaren bidez kuantifikatuko da (GP, ingelesezko *Generalized Polarization*) eta 1 irudian azaltzen da Gibbs-en hiruki bat osatzeko kolore eskala bat erabiliz: kolore gorriak mintzen zurruntasun maximoa emango du eta urdinak minimoa. Fase banaketarik azaltzen ez duten nahasketak 1A irudian azalduko dira deskribatuta, 1B eta C irudiek ordena desberdineko gunetan banatzen diren mintzak erakusten dituzten bitartean: 1B irudiak gune zurrunen GP balioak erakutsiko ditu eta 1C-ak gune fluidoenak.

Argi ikus daitekeen moduan, fase banaketarik erakusten ez duten lipido nahasketen artean, esfingomielina gutxi daukaten konposaketetan kolesterol ehunekoa handiagotzeak mintzaren paketatze maila areagotzen du, alderantziz gertatzen den moduan. Mintz zurrunetan (DOPC gutxi) eta fase bakarra duten mintzetan ordea, Laurdan zunda bidez neurtutako fluidotasuna esfingomielina:kolesterol erlazioaren bidez modulatuta dagoela ikusten da, bietako lipido bakar baten arabera izan beharrean. X-izpien difrakzio teknika erabiliz argitaratu berri den beste lan baten harian (Quinn 2013), ondoko irakurketa egin daiteke: kolesterol gutxi duten mintzetan, honek esfingomielina molekulen arteko elkarrekintza sustatuko du, beste modu batean molekula barruko edo urarekiko hidrogeno loturak izango liratekeenak, honela mintzaren paketatzea handituz eta neurtutako ordena maxima jasoz SM:CHOL 80:20 erlazioan.

### 3.2 Bi-fotoiko mikroskopiak argiaren bidez eragindako domeinu artifizialen eraketa ekiditen du

Laurdan zunda erabiliz ikuskatutako emaitzek mintz homogeneoak deskribatzen dituzte 1 baino txikiagoak diren SM:CHOL erlazioetan, orain arte literaturan azaldu denaren aurka. Honek Laurdan zundaren eragina zein den aztertzera eraman digu. Lagin berdinak beste ohiko zunda fluoreszente batzuk erabiliz prestatu dira: TopFluor-Kolesterola (argi berdea emititzen duen kolesterolaren analogoa, mintz gune zurrunetan, kokatuko dena) eta Rhodamine-DOPE-a (argi gorria igortzen duen DOPE lipidoaren analogoa, mintz gune fluidoetan, ikusiko duguna).

**2. irudia. Argiarekin eragindako mintz banaketa**




Bigarren irudian ikus daiteken moduan, jatorrian homogeneoak diren mintzen (2A Irudia) fase segregazioa eragin daiteke segundu gutxi batzutan ikuskatu ahal izateko argi txuria erabiltzen denean (2B Irudia). Ordea, zunda berdinak daramatzan lipido nahasketa bi-fotoi argia erabiliz aztertzen badugu, aurreko efektua ekidinda geratzen da, benetazko mintzaren antolaketa jasoz minutu luzez begiratzen egonda ere (2 C eta D irudiak). Hau da, esan genezake, sistema aztertzeko erabiltzen dugun teknikak eragin zuzena izango duela azken honetan, Edwin Schrödinger-ek bere katuaren paradoxa edo saioarekin azaldu zuenarekin bat eginda. Aurreko lan desberdinetan deskribatua izan da argi bidez lipidoen portaera aldatzeko efektua (Veatch and Keller 2003b), baita prozesu hau ekiditeko saiakerak agente antioxidatzaileak edo erreduzitzaileak erabiliz (Sezgin et al. 2013). Gure lanak, ordea, argi eta garbi frogatzen du argiak eragindako artefaktua den fase banaketa hau ekidin daitekeela bi-fotoi bidezko zunden kitzikapena eraginez.

## 4. Ondorioak

DOPC:CHOL:eSM nahasketetan SM:CHOL < 1 denean mintza fase bakarrean antolatzen dela frogatu dugu. Diagramaren eremu honetan fotoi bakarreko kitzikapenak fase segregazioa eragin dezakela baieztatu dugu ere; honek aurretik argitaratutako fase diagramekiko desadostasunak azaldu dezake. Artefaktu hau baldintza egokiak finkatuz ekidin daitekela frogatu dugu, adibidez Laurdan zunda eta bi-fotoieko kitzikapena erabiliz. Azkenik mintzaren ordena SM:CHOL erlazioarekiko menpekoa dela frogatu dugu, bai mintz homogeneotan baita domeinuetan banatutakoetan ere.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honetan deskribatutako fase diagrama erreminta erabilgarria izan daiteke mintz modeloekin lan egiteko orduan. Laurdan-a zelulen edo birusen mintzen ordena kuantifikatzeko erabili izan da aldez aurretik, beraz hauen Polarizazio Orokortua neurtu daiteke eta zurruntasun berdina izango duen nahasketa bat aukeratu diagraman oinarrituta. Nahasketa modelo hauen propietate fisikoetan agente desberdinek, proteinak adibidez, duten eragina kuantifikatu daiteke. Gure asmoa GIB-aren gp41 fusio proteinak birusaren eta linfozitoaren mintzak fusionatzeko mekanismoa ulertzea da eta horretarako mintz hauen eredu zehatzak behar ditugu, bai lipido bakoitzaren eginkizuna ulertzeko, baita beharrezkoak diren aldaketa fisikoen eragileak identifikatzeko.

## 6. Erreferentziak

Apellaniz, B., Rujas, E., Carravilla, P., Requejo-Isidro, J., Huarte, N., Domene, C. and Nieva, J. L. (2014), Cholesterol-Dependent Membrane Fusion Induced by the gp41 Membrane-Proximal External Region-Transmembrane Domain Connection Suggests a Mechanism for Broad HIV-1 Neutralization, *J Virol,* 88(22): 13367-13377.

Bezlyepkina, N., Gracia, R. S., Shchelokovskyy, P., Lipowsky, R. and Dimova, R. (2013), Phase diagram and tie-line determination for the ternary mixture DOPC/eSM/cholesterol, *Biophys J,* 104(7): 1456-1464.

Brugger, B., Glass, B., Haberkant, P., Leibrecht, I., Wieland, F. T. and Krausslich, H. G. (2006), The HIV lipidome: a raft with an unusual composition, *Proc Natl Acad Sci U S A,* 103(8): 2641-2646.

Goni, F. M., Alonso, A., Bagatolli, L. A., Brown, R. E., Marsh, D., Prieto, M. and Thewalt, J. L. (2008), Phase diagrams of lipid mixtures relevant to the study of membrane rafts, *Biochim Biophys Acta,* 1781(11-12): 665-684.

Kahya, N., Scherfeld, D., Bacia, K., Poolman, B. and Schwille, P. (2003), Probing lipid mobility of raft-exhibiting model membranes by fluorescence correlation spectroscopy, *J Biol Chem,* 278(30): 28109-28115.

Leung, S. S., Brewer, J. R., Thewalt, J. L. and Bagatolli, L. A. (2014), Effects of fluorescent probes on lipid membrane physical properties, *Biophys J,* 106: 507a-508a.

Lindblom, G., Oradd, G. and Filippov, A. (2006), Lipid lateral diffusion in bilayers with phosphatidylcholine, sphingomyelin and cholesterol. An NMR study of dynamics and lateral phase separation*, Chem Phys Lipids,* 141(1-2): 179-184.

Quinn, P. J. (2013), Structure of sphingomyelin bilayers and complexes with cholesterol forming membrane rafts, Langmuir, 29(30): 9447-9456.

Sankaram, M. B. and Thompson, T. E. (1990), Modulation of phospholipid acyl chain order by cholesterol. A solid-state 2H nuclear magnetic resonance study, *Biochemistry,* 29(47): 10676-10684.

Sezgin, E., Chwastek, G., Aydogan, G., Levental, I., Simons, K. and Schwille, P. (2013), Photoconversion of Bodipy-Labeled Lipid Analogues, *Chembiochem,* 14(6): 695-698.

Simons, K. and Ikonen, E. (1997), Functional rafts in cell membranes, *Nature,* 387(6633): 569-572.

Tian, A., Johnson, C., Wang, W. and Baumgart, T. (2007), Line tension at fluid membrane domain boundaries measured by micropipette aspiration, *Phys Rev Lett,* 98(20): 208102.

Veatch, S. L. and Keller, S. L. (2003a), A closer look at the canonical 'Raft Mixture' in model membrane studies, *Biophys J,* 84(1): 725-726.

Veatch, S. L. and Keller, S. L. (2003b), Separation of liquid phases in giant vesicles of ternary mixtures of phospholipids and cholesterol, Biophys J, 85(5): 3074-3083.

## 7. Eskerrak eta oharrak

J.L.N., P.C. eta N.H.-k AEB-etako National Institutes of Health 1R01AI097051-01 eta Eusko Jaurlaritzako IT838-13 diru-laguntzak jaso dituzte. J.R.I.-k Ministerio de Economía y Competitividad MINECO FIS2009-07966 laguntza eskertzen du.

Lan hau *Langmuir* aldizkarian 2015eko otsailaren 6an argitaratutako *Two-photon Laurdan studies of the ternary lipid mixture DOPC:SM:cholesterol reveal a single liquid phase at sphingomyelin:cholesterol ratios lower than 1* artikuluan (doi: 10.1021/la504251u) oinarrituta dago, egileak hemen gaineratutako berdinak izanik.

# *BCL2-related ovarian killer* (BOK) proteinak heriotza zelular programatuan eta mitokondrioen morfologiaren eraldaketan parte hartzen du

**Bustillo-Zabalbeitia I, Flores H, Landeta O, Basañez G* eta Terrones O***

*Biofisika Unitatea (CSIC-UPV/EHU) eta Biokimika eta Biologia Molekularra Saila (EHU).P.O.Box 644, 48080 Bilbao*

**Lanaren zuzendaritzan ekarpen berdina*

*Kontakturako e-posta: Bustillo-Zabalbeitia I (itsasne.bustillo@ehu.es); Terrones O (oihana.terrones@ehu.es)*

***Laburpena***

BCL2 familiako proteinak heriotz zelular programatua (apoptosia) erregulatzen duten osagai zelular nagusiak dira. BCL2 familiako proteinak bi taldetan bana daitezke funtzioaren arabera: kide pro-apoptotikoak eta kide anti-apoptotikoak. Nahiz eta BOK orain dela ia bi hamarkada aurkitu zen, BCL2 familiako kideen arteko ezezagunenetako bat da. Kide pro-apoptotikoekin (BAX/BAK) zenbait antzekotasun erakusten dituenez, proteina pro-apoptotikoekin funtzionalki eta mekanistikoki errendundantea dela onartu izan da. Hala ere, uste hori zehazki egiaztatzear dago. Lan honetan, BOKek BAX/BAKekin ezaugarri komunak elkarbanatzeaz gain, desberdintasun garrantzitsuak dituela adierazten duten zenbait ebidentzia erakusten ditugu.

Hitz gakoak: Apoptosia, BCL2 familiako proteinak, mitokondrioen dinamika, minbizia

***Abstract***

*BCL2 family proteins are the main regulators of program cell death (apoptosis). Depending on their function, BCL2 proteins can be divided in two main groups: the pro-apoptotic members and the anti-apoptotic members. Although BOK was identified almost two decades ago, it remains as one of the least understood BCL2 family members. Because BOK present certain similarities with pro-apoptotic proteins (BAX/BAK), it has been often been assumed that BOK is functionally and mechanistically redundant with BAX/BAK. However, this assumption remains to be explicitly proven. Here, we present distinct lines of evidence indicating that the cellular behaviour of BOK shares some common features but also important differences with BAX/BAK.*

.

*Keywords: Apoptosis, BCL2 family proteins, mitochondrial dynamics, cancer*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Mitokondrioak zelula eukariotikotan dauden organuluak dira. 1840. urtean deskribatu ziren lehenengo aldiz, nahiz eta *mitokondria* izena 1894rarte eman ez zitzaien. Berrogeita zortzi urte beranduago, 1946ean, arnasketa zelularra mitokondrioetan gertatzen zela frogatu zen, eta 1952. urtean mitokondrioetako bereizmen handiko lehenengo irudiak lortu ziren, mitokondrioak bi mintz desberdin dituela ondorioztatuz. Azken hamarkadetan mitokondrioaren inguruko ikerketak berpizte bat izan du bi aurkikuntza garrantzitsu direla eta. Batetik, mitokondriak etengabe fusionatu eta fisionatzen den sare dinamiko bat osatzen dutela behatu da, prozesu hau zelulen funtzionamendu egokirako oso garrantzitsua izanik. Mitokondrioen dinamika, dinamina-moduko GTPasak erregulatzen dute batik bat, eta hauen artean, mitokondrioen fisioan garrantzi handiena duena DRP1 deritzana da. Bestetik, mitokondrioek apoptosian paper garrantzitsua jokatzen dutela ere aurkitu da. Apoptosia, animalia zelula orok duen erahilketa prozesu kontrolatua da, zeinak enbrioaren garapenarako, erantzun inmunerako edo infekzio-agenteen aurkako babeserako berebiziko garrantzia duen. Apoptosiaren erregulazioan akatsek arazo larriak ekar ditzakete, hala nola, minbizia edo endekapenezko gaixotasunen sorrera.

Ugaztunetan, apoptosia erregulatzen duten proteina nagusiak, BCL2 familiako proteinak dira. Proteina hauen funtzioa mitokondrioko kanpo mintzaren (MKM) iragazkortasuna (MKMI) erregulatzea da. BCL2 familiako proteinak bi taldetan sailkatu daitezke betetzen duten funtzioaren arabera: kide pro-apoptotikoak eta kide anti-apoptotikoak (Czabotar et al., 2014). BCL2 proteinen hasierako azterketek,

kideen artean sekuentzia homologia duten zenbait guneen identifikazioa ekarri zuten, BCL2 homologia (BH) domeinuak izendatu zirenak. Irizpide honen arabera, BCL2 familiako proteina pro-apoptotikoak bi azpitaldetan bana daitezke: BH3 domeinua soilik duten BID edo BIM bezalako kideak eta BH1, BH2, eta BH3 domeinuak dituzten BAK, BAX eta BOK bezalako kideak. Dena den, BOKen BH domeinuak BAX eta BAKen domeinuekin alderatzean desberdintasun nabariak daudela erakutsi da berriki. Gainera, badirudi BOK genearen jatorri ebolutiboa ez dela BAX/BAK geneenaren berdina (Aouacheria et al., 2013). Nahiz eta BAX eta BAKen mekanismo molekularren azterketa sakonak burutu diren, bi proteinek mekanismo pro-apoptotiko oso antzekoa dutela erakutsiz, oso gutxi dakigu BOKen funtzio eta mekanismo molekularrari buruz.

Egindako azterketetan oinarrituz, gaur egun badakigu baldintza osasuntsuetan BAX eta BAK proteinak era ez aktibo batean aurkitzen direla. Apoptosia eragiterakoan, BH3-domeinu bakarreko proteinek eta mitokondriako lipido espezifikoek BAX eta BAK aktibatzen dituzte MKMI eragiteko, c zitokromoaren (cyt c) askapena baimenduko duten poro proteolipidikoak eratuz (Landeta et al., 2011; Terrones et al., 2004). Nahiz eta sekuentzia, egitura eta funtzio oso antzekoak dituzten, BAX eta BAK proteinen zelula barneko kokapena ez da berdina. Baldintza osasuntsuetan, BAX nagusiki zitosolean eta BAK MKMean kokatzen dira, bi proteinen frakzio txiki bat Erretikulu Endoplasmatikoan (EE) eta Golgi aparatuan ere aurkitu daitekeelarik (Dumitru et al., 2012; Klee et al., 2009; Walensky, 2012; Wang et al., 2011). Apoptosian zehar BAX MKMan pilatzen dela argi dago. BOK proteina, bestalde, MKMan bezain ugaria izan daiteke EEan eta Golgi aparatuan, nukleoan ere aurkitu daitekeelarik (Echeverry et al., 2013); hala ere, organulu hauetan BOKen funtzioa zehazki zein den ez da oraindik ondo ezagutzen.

Duela hamarkada bat baino gehiago, apoptosian zehar BCL2 familiako kideek erregulatzen duten MKMI prozesuarekin batera, sare mitokondriala fisionatzen zela ikusi zen (Desagher eta Martinou, 2000; Frank et al., 2001). Nahiz ete oraindik ez den guztiz argitu mitokondrioen fisioak MKMI prozesuan paper aktiboa jokatzen duen ala ez, DRP1en galerak c zitokromoaren askapena eta apoptosia atzeratzen dituela behatu izan da (Brooks *et al.*, 2007; Frank *et al.*, 2001). Fenomeno hau azaltzeko, bateraezinak ez diren bi azalpen desberdin proposatu dira: (i) DRP1ek eragindako mitokondriako mintzaren egitura aldaketak zuzenean MKMI faboratzen du (Youle & Karbowski, 2005), edota (ii) DRP1ek BAXen oligomerizazioa eragiten du, MKMI zeharka faboratuz (Montessuit *et al.*, 2010). Honetaz gain, deigarria da egoera ez apoptotikoan, BAX eta BAKek mitokondrioen fusioan ere parte hartzen dutela. Dena den, BAX eta BAKen kasuan ez bezala, ezezaguna da BOKen funtzioaren eta mitokondrioen dinamikaren artean konexiorik ba ote dagoen.

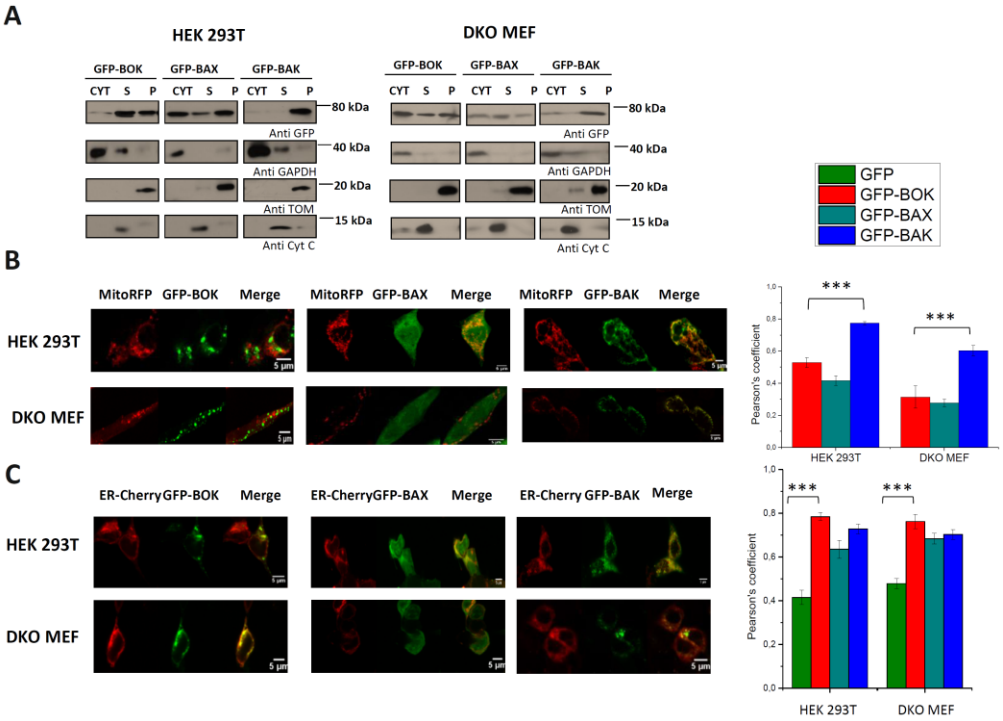
## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

BCL2 familiako proteinak MKMan kokatzen dira apoptosia erregulatzeko. Proteina hauek betetzen duten funtzioan ematen diren akatsek arazo larriak ekar ditzakete, hala nola, minbizia edo endekapenezko gaixotasunen sorrera. Arrazoi hau dela eta, ikerketa sakonak burutu dira proteina hauek maila molekularrean nola funtzionatzen duten ezagutu ahal izateko. Hala ere, sistemaren konplexutasuna dela eta, proteina hauetako askoren mekanismo zehatza ez da oraindik ondo ezagutzen; horien artean aurkitzen da lan honen aztergai den BOK proteina. Gure lanaren helburu nagusia, BCL2 familiako kide den BOK proteinaren mekanismo molekularren ezagutzan aurrerapausuak ematea da. Zehazki, (i) BOK proteinak ingurune zelularrean duen kokapena aztertu eta (ii) zelulan betetzen d(it)uen funtzio(ar)en inguruko ezagutza zehatzagoa lortzea.

## 3. Ikerketaren muina

BCL2 familiako proteina desberdinen zelula barneko kokapena desberdina izan daiteke, eta aldatu egin daiteke zelularen egoera fisiologikoaren arabera. BOKen kasurako, ikerketa desberdinek zelula barneko kokapen desberdina proposatu dute; zitosolikoa, mitokondriala, EE, Golgi aparatua eta baita nukleoa ere (Brown et al., 2004; Echeverry et al., 2013; Gao et al., 2005; Ray et al., 2010; Yakovlev et al., 2004). BOKen kokapen zehatza ezagutu nahian, BOK, BAX eta BAKen zelula barneko kokapenak konparatzea erabaki genuen. Horretarako, BOK, BAK eta BAX cDNAk pEGFP-C2 bektorean azpiklonatu genituen. Ondoren, GFP isatsa duten BOK, BAX eta BAK, HEK 293T zeluletan gainadierazi ziren transfekzio iragankorraren bidez, eta jarraian frakzionamendu azpizelularra burutu zen. Analisi honek, zelula osasuntsuetan gainadierazitako GFP-BOKen gehiengoa zelula barneko mintzei batuta aurkitzen dela

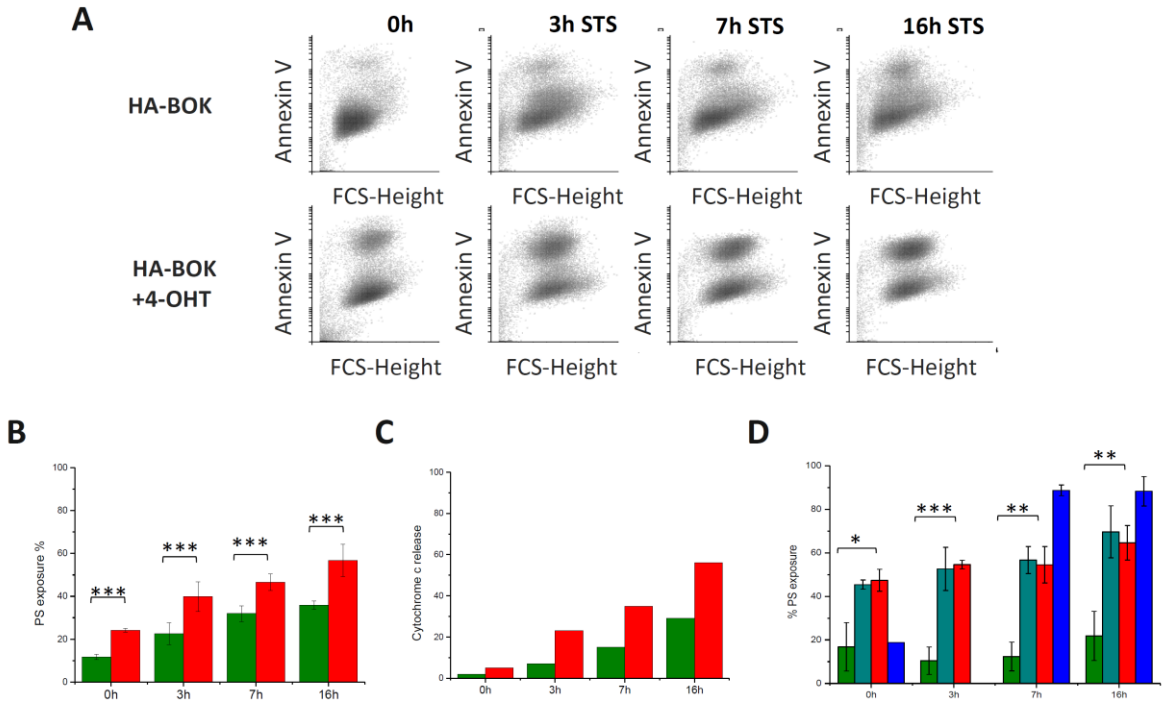
erakutsi zuen (S eta P frakzioak, 1A irudia). GFP-BOK mintz azpizelularren bigeruza lipidikoan txertatuta ote dagoen jakiteko, laginak sodio karbonatoarekin tratatu genituen. Mintz proteina periferikoak, bigeruza lipidikoan txertatuta ez daudenak, mintzetatik kanporatu daitezke karbonato alkalinoa erabiliz, baina mintz proteina integralak ordea, ez. Azterketa honen arabera, GFP-BOK proteinak banaketa nahasia aurkeztu zuen, sodio karbonato tratamenduaren osteko gainjalkinan ("S", mintz proteina periferikoak adierazten dituena) eta baita sodio karbonato tratamenduaren osteko jalkinan kokatuz ("P", mintz proteina integralak adierazten dituena). Aldiz, GFP-BAK, "P" frakzioan soilik agertu zen, aurreko ikerketek proposatutako bere mintz-integral naturarekin bat datorrena hain zuzen ere. Echeverry *eta lank.* (Ke et al., 2012) berriki deskribatu dute BOKek eragindako apoptosia BAX eta BAK proteinen menpekoa dela. Ondorioz, BAX/BAKek BOK proteinaren zelula barneko kokapena zehazten duten aztertu genuen BAX eta BAK adierazten ez duten arratoien enbrioien fibroblastoetan (DKO MEF). 1A irudian erakusten den bezala, gainadierazitako GFP-BOKaren frakzio handi bat ez zen DKO MEF zeluletako mintzetan kokatu, zelula hauen zitosolean ("Cyt") baizik.




**1 Irudia. BOKen zelula barneko kokapena. A)** Transfekzio iragankorraren bidez gainadierazitako GFP-BOK, GFP-BAX eta GFP-BAKen zelula barneko kokapena, frakzionamendu azpizelular baten bidez aztertua. Cyt: Frakzio zitosolikoa, S: Sodio karbonato tratamenduaren osteko gainjalkina (Mintz proteina periferikoak) eta P: sodio karbonato tratamenduaren osteko jalkina (Mintz proteina integralak). **B)** eta **C)** GFP-BOK, GFP-BAX edo GFP-BAK gainadierazten duten HEK 293T eta DKO MEF zelulen mikroskopia konfokaleko argazkiak. Zelulak mitoRFP-rekin (B) edo EE-Cherryrekin (C) kotransfektatu ziren. Kolokalizazio maila Pearson koefizientearen bidez neurtu zen. Batezbesteko balioak ±Errore Estandarra hiru esperimentu idenpendenteen emaitzak kontuan hartuz lortu ziren.**p < 0.01, ***p < 0.001.

BOKen zelula barneko kokapena sakonkiago aztertzeko, fluoreszentziazko mikroskopia konfokala erabili genuen. HEK 293T eta DKO MEF zelulak GFP-BOK, GFP-BAK eta GFP-BAX plasmidoekin transfektatu ziren, mitokondrioarekiko espezifikoa den mito-RFP markatzailearekin edo EE-rekiko espezifikoa den EE-Cherry markatzeailearekin batera. 1. Irudiko B atalean erakusten denez, baldintza osasuntsuetan, GFP-BOK/mitoRFP partzialki kolokalizatzen dute HEK 293T zeluletan, kolokalizazio maila baxuagoa delarik DKO MEF zeluletan, kasu honetan proteinaren agregatu ez-mitokondrial handiak ikusten direlarik. GFP-BOKek baldintza osasuntsuetan mitokondrioan duen kokapen maila kuantifikatzeko "Pearson´s correlation" analisia burutu zen "Rr" deritzan kolokalizazio faktorea kalkulatuz. Azterketa honen arabera, GFP-BOK eta mito-RFP, partzialki kolokalizatzen dute HEK 293T zeluletan (Rr = 0.53 ±0.03) eta maila baxuago batean DKO MEF zeluletan (Rr = 0.31 ± 0.06) (1B

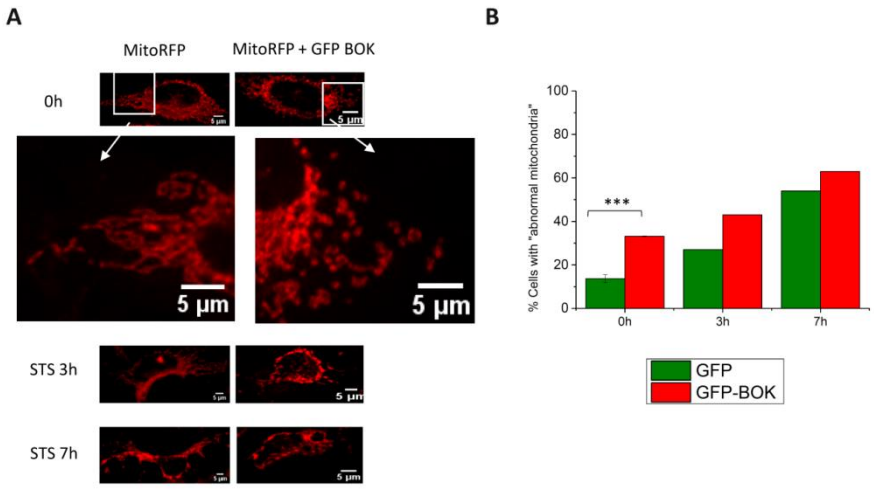
Irudia). Aztertutako bi lerro zelularretan GFP-BAX/mito-RFP kolokalizazio maila GFP-BOK/mito-RFPrena baino baxuagoa da GFP-BAK/mito-RFPrena handiagoa delarik. Bestalde, EE-Cherryrekin kotransfektatzerakoan, GFP-BOK, GFP-BAX, eta GFP-BAKek antzeko kolokalizazio maila erakutsi zuten EEko markatzailearekiko (1C Irudia). Gainera, pearson korrelazio analisiek adierazten dute EEra asoziatutako GFP-BOK kopurua HEK eta DKO MEF zeluletan antzekoa zela, BAX edota BAKek BOKen EE kokapena modulatzen ez dutela iradokituz.
Jarraian, BOKek apoptosia eragiteko gaitasuna ote zuen aztertu genuen. Transfekzio iragankorrak, aztergai den proteinaren adierazpen maila oso altu, eta beraz ez fisiologikoak, eragiten ditu, askotan bideragarritasun zelularra kaltetuz. Hau dela eta, Hydroxytamoxifen (4-OHT) bidez HA-BOK modu kontrolatu batean adierazi dezaketen zelula induzigarriak ekoiztu genituen. Ondoren, 4-OHTrekin 24 orduz tratatutako HeLa zelula induzigarriak estaurosporina (STS) agente apoptotikoarekin tratatu, eta 3, 7 eta 16 orduz inkubatu ziren. 2B eta 2C irudietan agertzen den bezala, HA-BOKen adierazpen hutsak apoptosiaren indikatzaile diren fosfatidilserinaren (PS) esposaketaren eta c zitokromoaren askapena eragiten du ("HA BOK, 0h" deitutako laginak, 2B eta 2C irudietan). Gainera, HA-BOKen gainadierazpen induzituak STSrekin tratatutako HeLa zelulak apoptosira sentsibilizatzen ditu (2A, 2B eta 2C irudiak).




**2.Irudia. BOKen gainadierazpenak apoptosia eragiten du. A)** eta **B)** HeLa zelula induzigarrietan HA-BOK adierazpenak eragiten duen PS esposaketa, Annexin-V kitarekin FACS bidez aztertua. 0h-k adierazten du zelula hauek ez direla STSrekin tratatu. **A)** Datu gordinak agertzen dira. **B)** Grafikoan hiru esperimentu independenteen batez bestekoa ±Errore Estandarra erakusten da. **C)** HeLa zelula induzigarrietan HA-BOK adierazpenak eragindako c zitokromoaren askapena, immunotindaketa eta mikroskopia konfokal bidez aztertua. **D)** DKO MEF zeluletan GFP-BOKen edo GFPren gainadierazpen iragankorrak eragiten duen PS esposaketa. Grafikan hiru esperimentu independenteen batez bestekoa ±Errore Estandarra erakusten da. **p < 0.01, ***p < 0.001.

Ondoren, BOKek eragindako apoptosia BAX eta BAKen menpekoa den aztertzea erabaki genuen. 2D irudiak erakusten duen bezala, GFP-BOKen gainadierazpen hutsak DKO MEF zelulen apoptosia eragiten du, PS esposaketa eta cyt c askapenarekin ikusi daitekeen moduan ("GFP-BOK, 0h" deituriko laginak 2D irudian). Gainera, GFP-BOKekin transfektatutako DKO MEF zelulak STSrekin tratatuz PS esposaketa eta cyt c askapena gehiago areagotzen da.

BCL2 familiako proteina batzuek, BAX eta BAK barne, dinamika mitokondrialean parte hartu dezaketenez, jarraian BOKek morfologia mitokondrialean eraginik eduki lezakeen aztertzea erabaki genuen. 3. irudian erakusten den bezala, GFP-BOKen gainadierazpenak HeLa zeluletako sare mitokondrialaren itxura orokorra aldatzen du (3A irudia).




**3 Irudia. GFP-BOKen gainadierazpenak HeLa zelulen mitokondrioen morfologia aldatzen du. A)** GFP-BOK plasmidoarekin iragankorki transfektatutako HeLa zeluletan mitokondrioen morfologia aldaketak behatu daitezke, GFP plasmido "hutsa"rekin transfektatutako zelulak sare mitokondrial normala mantentzen dutelarik. Zehazki, GFP-BOKekin transfektatutako zeluletan, mitokondrioen pilaketak ikusi daitezke nukleo inguruan eta baita mitokondrio fisionatuak ere. **B)** Ezohizko morfologia duten mitokondrioak (nukleo inguruan pilatutako mitokondrioak + fisionatutako mitokondrioak) dituzten zelulen portzentaia adierazten duen adierazpen grafikoa.

## 4. Ondorioak

BOKen zelula barneko banaketari dagokionez, gure emaitzak egoera osasuntsu (ez apoptotiko) batean, BOK mitokondrioetan eta EEan kokatzen dela erakusten dute. BOKen kokapen hau, BAXek zelula osasuntsuetan duen kokapen zitosolikoaren desberdina da, baina BAKek zelula osasuntsuetan duen kokapena gogorarazten du. Interesgarria da, BAX eta BAKen absentzian, BOKen kokapen mitokondriala partzialki galdu egiten dela, BOKen EEko kokapena aldatzen ez den bitartean. Nahiz eta fenomeno honen arrazoia zehazteke egon, zenbait aukera bistaratu daitezke. Aukera bat da, MKMean kokatzen den BAK, BOKen hartzaile bezala jokatzea, berriki BAXen kasurako erakutsi den moduan (Ma et al., 2014). Beste aukera bat da, BAX/BAKen gabeziak BOK MKMera bideratzen edota batzen parte hartu lezaketen mitokondrioko proteina edo lipidoengan eragin kaltegarria izatea. Bestalde, BOKen EEko kokapena BAX/BAKen menpekoa ez dela aurkitzeak iradokitzen du EEan eta mitokondrioan kokatutako BOKek organulu bakoitzera bideratzeko behar desberdinak dituela. Azken ikerketekin bat eginez, BOKen gainadierazpen hutsak zelularen bideragarritasunerako kaltegarria dela baieztatu dugu (Echeverry *eta lank*., 2013). Ez hori bakarrik, BOKen gainadierazpenak zelulak apoptosia eragiteko estimulu klasikoa den STSari sentsibilizatzen dituela ere ikusi dugu. Gure datuak kontutan hartuta hurrengoa proposatu dezakegu: (i) BOKen gainadierazpenak apoptosia eragiten duela BAX/BAKen beharra ez duen mekanismo baten bidez, eta (ii) BOKen kokapen mitokondrialaren galerak ez du BOKen gainadierazpenak eragindako apoptosia inhibitzen. Gure emaitzetatik eratortzen den galdera nagusia hurrengoa da: Nola eragin dezake MKM edo EEan kokatuta dagoen BOK proteinak c zitokromoaren askapena BAX/BAKekiko modu independente batean? Baliteke BOKek MKMetan poro proteolipidiko handiak eratzeko gaitasun intrintsekoa izatea, BAXek eta BAKek bezala. Beste aukera bat, EEan kokatutako BOKek bertako kaltzioaren askapena eragitea da, kaltzioaren metaketa mitokondrioan eraginez, mitokondrioen eztanda eta c zitokromoaren askapena ekarriko lukeena.

Lan honetan gainera, BOKen gainadierazpenak morfologia mitokondrialean anormaltasunak eragiten dituela erakutsi dugu. Ezin izan dugu frogatu BOKek mitokondrioan eragindako aldaketa

morfologikoak zuzenki erlazionatuak dauden ala ez BOKek apoptosia eragiteko duen ahalmenarekin. Interesgarria iruditzen zaigu hala ere, BOK, EE eta Golgi aparatuen fisioa eragiten duela proposatu izan dela, nahiz eta oraindik BOKen mintz-aktibitate hauen eta BOKek eragindako apoptosiaren arteko loturarik dagoen argitzeke geratzen den (Echeverry et al., 2013).

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Oso informazio gutxi dago eskuragarri BOKen funtzio eta akzio mekanismoari buruz, hori dela eta, guk burututako ikerketa honek emaitza garrantzitsu batzuk eta erantzutear geratzen diren galdera asko sortu ditu. Azken hauen artean, BOKek mitokondrioan kokatzeko BAXen edo BAKen beharra duen jakitea da, ez soilik egoera osasuntsuan baizik eta baita apoptosian ere. Funtsezko beste galdera bat da ea MKMean edo EEan kokatutako BOK proteinak zitokromo c-aren askapena nola eragiten duen. BOKek mitokondrioen morfologia aldatzeko erabilitako mekanismoa zein den, eta aldaketa hauek zelularen bideragarritasunean efekturik ote duten guztiz argitzear daude oraindik ere.

## 6. Erreferentziak

Aouacheria, A., Rech de Laval, V., Combet, C., & Hardwick, J. M. (2013). Evolution of Bcl-2 homology motifs: homology versus homoplasy. *Trends in Cell Biology*, *23*(3), 103–11. doi:10.1016/j.tcb.2012.10.010

Bartholomeusz, G., Wu, Y., Seyed, M. A., Xia, W., Kwong, K. Y., Hortobagyi, G., & Hung, M. C. (2006). Nuclear translocation of the pro-apoptotic Bcl-2 family member Bok induces apoptosis. *Molecular Carcinogenesis*, *45*, 73–83. doi:10.1002/mc.20156

Brooks, C., Wei, Q., Feng, L., Dong, G., Tao, Y., Mei, L., … Dong, Z. (2007). Bak regulates mitochondrial morphology and pathology during apoptosis by interacting with mitofusins. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*(28), 11649–54. doi:10.1073/pnas.0703976104

Brown, C. Y., Bowers, S. J., Loring, G., Heberden, C., Lee, R.-M., & Neiman, P. E. (2004). Role of Mtd/Bok in normal and neoplastic B-cell development in the bursa of Fabricius. *Developmental and Comparative Immunology*, *28*(6), 619–34. doi:10.1016/j.dci.2003.09.017

Czabotar, P. E., Lessene, G., Strasser, A., & Adams, J. M. (2014). Control of apoptosis by the BCL-2 protein family: implications for physiology and therapy. *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, *15*(1), 49–63.

Desagher, S., & Martinou, J. C. (2000). Mitochondria as the central control point of apoptosis. *Trends in Cell Biology*. doi:10.1016/S0962-8924(00)01803-1

Dumitru, R., Gama, V., Fagan, B. M., Bower, J. J., Swahari, V., Pevny, L. H., & Deshmukh, M. (2012). Human embryonic stem cells have constitutively active Bax at the Golgi and are primed to undergo rapid apoptosis. *Molecular Cell*, *46*(5), 573–83. doi:10.1016/j.molcel.2012.04.002

Echeverry, N., Bachmann, D., Ke, F., Strasser, a, Simon, H. U., & Kaufmann, T. (2013). Intracellular localization of the BCL-2 family member BOK and functional implications. *Cell Death and Differentiation*, *20*(6), 785–99. doi:10.1038/cdd.2013.10

Frank, S., Gaume, B., Bergmann-Leitner, E. S., Leitner, W. W., Robert, E. G., Catez, F., … Youle, R. J. (2001). The role of dynamin-related protein 1, a mediator of mitochondrial fission, in apoptosis. *Developmental Cell*, *1*(4), 515–25. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11703942

Gao, S., Fu, W., Dürrenberger, M., De Geyter, C., & Zhang, H. (2005). Membrane translocation and oligomerization of hBok are triggered in response to apoptotic stimuli and Bnip3. *Cellular and Molecular Life Sciences : CMLS*, *62*(9), 1015–24. doi:10.1007/s00018-005-4543-3

Ke, F., Voss, a, Kerr, J. B., O'Reilly, L. a, Tai, L., Echeverry, N., … Kaufmann, T. (2012). BCL-2 family member BOK is widely expressed but its loss has only minimal impact in mice. *Cell Death and Differentiation*, *19*(6), 915–25. doi:10.1038/cdd.2011.210

Klee, M., Pallauf, K., Alcalá, S., Fleischer, A., & Pimentel-Muiños, F. X. (2009). Mitochondrial apoptosis induced by BH3-only molecules in the exclusive presence of endoplasmic reticular Bak. *The EMBO Journal*, *28*(12), 1757–68. doi:10.1038/emboj.2009.90

Landeta, O., Landajuela, A., Gil, D., Taneva, S., Di Primo, C., Sot, B., … Basañez, G. (2011). Reconstitution of proapoptotic BAK function in liposomes reveals a dual role for mitochondrial lipids in the BAK-driven membrane permeabilization process. *The Journal of Biological Chemistry*, *286*(10), 8213–30. doi:10.1074/jbc.M110.165852

Ma, S. B., Nguyen, T. N., Tan, I., Ninnis, R., Iyer, S., Stroud, D. A., … Dewson, G. (2014). Bax targets mitochondria by distinct mechanisms before or during apoptotic cell death : a requirement for VDAC2 or Bak for efficient Bax apoptotic function, 1925–1935. doi:10.1038/cdd.2014.119

Montessuit, S., Somasekharan, S. P., Terrones, O., Lucken-Ardjomande, S., Herzig, S., Schwarzenbacher, R., … Martinou, J.-C. (2010). Membrane remodeling induced by the dynamin-related protein Drp1 stimulates Bax oligomerization. *Cell*, *142*(6), 889–901. doi:10.1016/j.cell.2010.08.017

Ray, J. E., Garcia, J., Jurisicova, a, & Caniggia, I. (2010). Mtd/Bok takes a swing: proapoptotic Mtd/Bok regulates trophoblast cell proliferation during human placental development and in preeclampsia. *Cell Death and Differentiation*, *17*(5), 846–59. doi:10.1038/cdd.2009.167

Terrones, O., Antonsson, B., Yamaguchi, H., Wang, H.-G., Liu, J., Lee, R. M., … Basañez, G. (2004). Lipidic pore formation by the concerted action of proapoptotic BAX and tBID. *The Journal of Biological Chemistry*, *279*(29), 30081–91. doi:10.1074/jbc.M313420200

Walensky, L. D. (2012). Stemming danger with Golgified BAX. *Molecular Cell*, *46*(5), 554–6. doi:10.1016/j.molcel.2012.05.034

Wang, X., Olberding, K. E., White, C., & Li, C. (2011). Bcl-2 proteins regulate ER membrane permeability to luminal proteins during ER stress-induced apoptosis. *Cell Death and Differentiation*, *18*, 38–47. doi:10.1038/cdd.2010.68

Yakovlev, A. G., Di Giovanni, S., Wang, G., Liu, W., Stoica, B., & Faden, A. I. (2004). BOK and NOXA are essential mediators of p53-dependent apoptosis. *The Journal of Biological Chemistry*, *279*(27), 28367–74. doi:10.1074/jbc.M313526200

Youle, R. J., & Karbowski, M. (2005). Mitochondrial fission in apoptosis. *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, *6*(8), 657–63. doi:10.1038/nrm1697

## 7. Eskerrak eta oharrak

HA-BOK adierazten duten zelula induzigarriak Genevako Unibertsitatean egindako egonaldi batean ekoiztu ziren Prof. Martinouren zuzendaritzapean.

Ikerketa hau hurrego proiektuekin finantzatua izan da: Eusko Jaurlaritza, IT838-13; EHU, EHU-1374; eta Espainiar Gobernuko Zientzia eta Berrikuntza Ministerioaren BFU 2011-28566.

Itsasne Bustillo-Zabalbeitia Eusko Jaurlaritzako doktoregutzarako diru-laguntza baten onuraduna izan da.

# Adenilato ziklasa toxinak bakterioen barneratzea eragiten du zelula ez-fagozitikoetan

Etxaniz A., Martin C.,Uribe K., Gonzalez-Bullon D., Etxebarria A., Arlucea J., Arechaga J., Goñi.F.M., Ostolaza H.

*Biokimika eta Biologi Molekularreko Departamentua eta Biofisikako Unitatea (CSIC, UPV-EHU), Euskal Herriko Unibertsitatea, 48080, Leioa*

***Laburpena***

*Bordetella pertussis* kukutxeztula deituriko arnas-aparatuko gaixotasunaren eragilea da. Prebentziorako txertoa egon arren, munduan umeen heriotza gehien eragiten duen bosgarren gaixotasuna da. Historikoki patogeno extrazelularra dela pentsatu den arren, bakterio hau *in vitro* eta *in vivo* zelula fagozitiko eta ez-fagozitikoen barnean ikusi da. Hala ere, bakterioak zelula barnean sartzeko erabiltzen dituen mekanismoak eta bere birulentzia fakoreetatik zeinek duen eginkizun hori ez da oraindik ezagutzen. Lan honetan aurkitu dugu Adenilato Ziklasa toxina (ACT) , *B. pertussis*-en birulentzia faktore garrantzitsuenetako bat, nahikoa dela bakterioaren barneraketa eragiteko zelula ez-fagozitikoetan.

***Abstract***

*Bordetella pertussis causes whooping cough, a respiratory infectious disease that is the fifth largest cause of vaccine-preventable death in infants. Though historically considered an extracellular pathogen, this bacterium has been detected both in vitro and in vivo inside phagocytic and non-phagocytic cells. However the precise mechanism used by B. pertussis for cell entry, or the putative bacterial factors involved remain largely unknown. Here we find that adenylate cyclase toxin (ACT), one of the important toxins of B. pertussis, is sufficient to promote bacterial internalization into nonphagocytic cells.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Kukutxeztula, *Bordetella pertussis* bakterio gram-negatiboak eragindako arnas aparatuaren gaixotasun kutxakorra da. Gaixotasun honen prebentziorako txertoa dagoen arren, azken hamarkadan gero eta infekzio kasu gehiago ari dira gertatzen herrialde garatuetan (Mills et al., 2014). Hori dela eta, gaixotasun hau sortzeko bakterio honek erabiltzen dituen infekzio-mekanismoak aztertzea osasun-intereserako beharrezkoa bihurtu da.

*B. pertussis*-en infekzio prozesuan onartzen da bakterioak arnas-aparatuko zelula epitelialen mintzera itsasten dela, eta hortik bere toxinak jariazis sistema-immuneko zelulak kaltezten dituela (makrofagoak,zelula dendritikoak…), bere fagozitozia ekidituz. Horrela arnas-aparatuan bere populazioa handitzen hasten da bakterio extrazelular bezala, gaixotasunaren efektuak garatuz (Melvin et al., 2014). Infekzio-eredu hau onartuena izan arren azken urteotan eredua zalantzan jartzen duten emaitzak agertzen hasi dira. Beste autore batzuk frogatu dute *B.pertussis* bakterio intrazelular bezala bizitzeko gaitasuna duela (Ishibashi et al., 2001). Datu honek garrantzi handia izan dezake giza sistema-immuneak bakterioaren kontra duen erantzuna aztertzeko, erantzun hau oso desberdina delako bakterioa extrazelularra edo intrazelularra bada (Higgs et al., 2012). Bi infekzio-mekanismo hauen eredu ezagun eta gehien aztertuenak *Vibrio cholerae*, kolera sortzen duen bakterio extrazelularra eta *Mycobacteriun tuberculosis*, makrofagoen barnean bizitzeko eta tuberkulosia sortzen duen bakterioak dira (Duclos and Desjardins, 2000).

*Bordetella*-k bere infekzioa aurrera eramateko bost birulentzia-faktore ezagun ditu eta hauetatik garrantsitsuenak Pertussis toxina eta ACT toxina dira (Fedele et al., 2013). Bi toxinak

itu-zelulen cAMP ikaragarri handitzeko gaitasuna dute ATP-a cAMP bihurtzeko duten aktibitate katalitikoarengatik. cAMP-a zelula barneko prozesu asko erregulatzen dituen bigarren-mezularia da.Toxina hauen eraginez cAMP igotzeak zelularen prozesu asko blokeatzen ditu, makrofagoen fagozitosi aktibitatea adibidez (Weingart and Weiss, 2000). Adenilato ziklasa aktibitateaz gain ACT (Adenylate Cyclase Toxin) toxinak zelulen mintzean poroak eratzeko gaitasuna du (Basler et al., 2007).

Adenilato ziklasa toxina (ACT) 1706 aminoazidoz osaturik dagoen eta 200 kDa –ko pisua duen RTX (Repeats in ToXin) familiako toxina da (Linhartová et al., 2010). Estrukturalki bi domeinutan banatuta dago, amino muturreko lehenengo 400 aminoazidoek adenilato ziklasa (AC) aktibitatea duen domeinua osatzen dute. Domeinu hau itu-zelularen mintzetik zuzenean translokatzen da, eta zelularen kalpainak moztu eta gero, bere aktibitatea zitosolean egiten du. Beste 1306 aminoazidoek toxinaren domeinu hemolitikoa osatzen dute. Domeinu honek zelulen mintzean txertatzeko eta poroak eratzeko gaitasuna du. Poro eraketa honek zelula kanpoko kaltzio-sarrera azkarra eta zelula barneko potasioaren irteera eragiten du, zelularen prozesu askotarako beharrezkoa den ioi-homeostasia desorekatuz.(Goyard et al., 1993). Domeinu hemolitikoaren bukaeran toxinaren hartzailea ezagutzen duen sekuentzia aurkitzen da. Hartzaile hau CR3 integrina da, makrofago eta zelula dendritikoetan aurkitzen dena, toxinaren itu zelula garrantzitsuenetan. Hala ere, toxinak hartzaile gabeko zeluletan txertatzeko ahalmena duela argi ikusi da. Zelula hauetan toxinak endozitosi mekanismoak aktibatu ditzakeela ikusi dugu gure taldean (Uribe et al., 2013). Efektu honek bakterioari ekarri diezaizkiokeen abantailak aztertzea gai interesgarria izan daiteke bakterioaren infekzio-prozesua hobeto ulertzeko.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

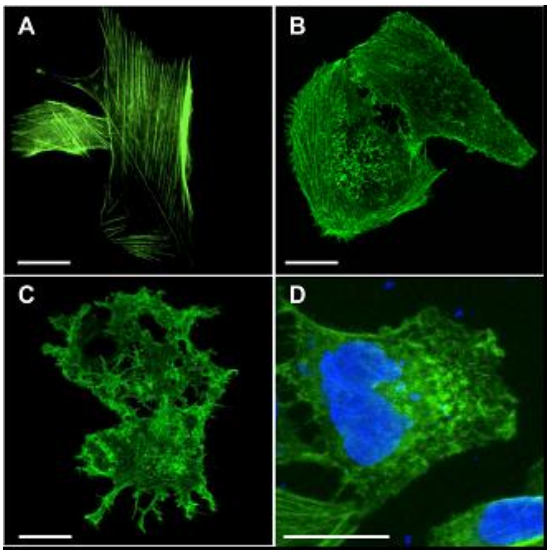
Lan honen helburua *Bordetella pertussi*-k fagozitosi gaitasun gabeko zeluletan barneratzeko duen mekanismoa aztertzea izango da, eta mekanismo horretan ACT toxinak jokatzen duen eginkizuna ikustea.

## 3. Ikerketaren muina

Ikerketa honetarako *B. pertussis*-en itu-zelula eredu bezala fibroblasto fenotipoa duten CHO-K1 zelulak erabili dira. Zelula hauek ACT toxinaren lan askotan erabili dira hartzaile gabeko titu-zelula eredu modura (Uribe et al., 2013). Lanaren helburua inbasio prozesuan ACT-ren eginkizuna ikustea denez, ez dugu *B. pertussis* basatia erabili, ACT-z gain beste birulentzia faktoreak ditu eta. Horren ordez, *B. pertussis* 18323H$^-$ mutantea erabili dugu. Mutante honek ez du birulentzia faktorerik eta bi baldintzetan erabiliko da, bera bakarrik edo ACT toxina kanpotik erantsita duela.

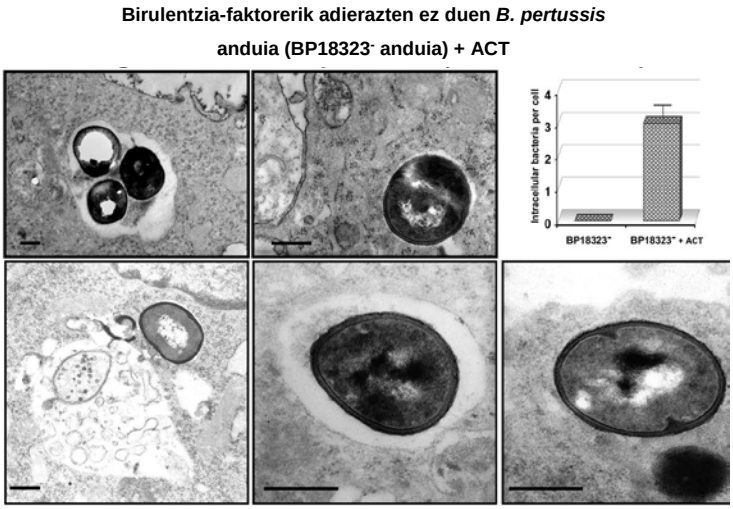
Fagozitosi mekanismorik ez duen zelula batetan printzipioz ezin da bakterio oso bat barneratu. Hau lortzen duten bakterio espezializatuek itu-zelularen zitoeskeletoaren antolakuntza desegiteko gaitasuna duten toxinak erabiltzen dituzte (Aktories et al., 2011) . Zitoeskeletoaren desantolaketa toxina hauen poro eraketen bidez eragindako kaltzio sarreraren zeharkako efektu bat izaten daiteke. ACT-k efektu hori eragiteko gaitasuna duen ikusteko, CHO-K1 zelulen zitoeskeletoa phalloidina bidez fluoreszenteki markatu genuen eta ACT kontzentrazio desberdinekin inkubatu ondoren mikroskopi-konfokal bidez argazkiak atera genituen. Lehenengo irudian ikusi daiteke nola CHO-K1 zelulek ondo antolatutako zitoeskeleto zurruna dutela (1.A irudia) eta toxinaren 2 µg/ml (1B irudia) eta 5 µg/ml-rekin (1C irudia) inkubatuak izatean zitoeskeletoaren antolakuntza desegiten dela. Hau ikustean esperimentu berdina baina *B. pertussis* (18323H$^-$ mutantea) zelulei gehituz egin genuen. Hoechst DNAren markatzaile fluoreszentea gehitu genuen zelulen nukleoaz gain bakterioak ikusi ahal izateko. 1D irudian ikusten den bezala, *B. pertussis* ACT-k eragiten duen zitoeskeletoaren desantolakuntzaz aprobetxatu daiteke CHO-K1 zeluletan barneratzeko, zelulen zitosolean bereizten diren puntu urdinak ( bakterioen DNA Hoechst-ekin markatuta) adierazten dutenez.

**1.irudia: Mikroskopi konfokalez ikusitako ACT toxinaren efektua CHO-K1 zelulen zitoeskeletoan**



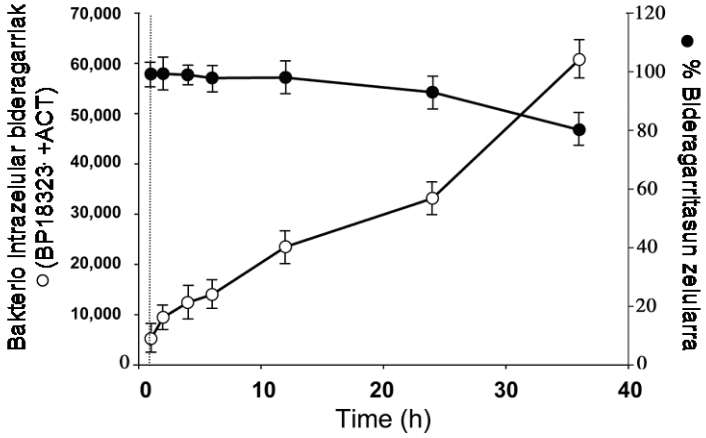

Inbasio prozesu hau hobeto ikusteko bakterio mutanteak ACTrekin eta ACT gabe CHO zelulekin inkubatu eta laginen argazkiak atera ziren mikroskopio elektronikoaren bidez. 2. irudian ikusten da bakterioak zelulen barnean ikusi zirela, gehienetan endosoma/lisosoma antzeko egituren barnean eta batzuetan zitosolean aske. Toxinarik gabeko bakterioekin ez zen bakterio barneraturik ikusi.

**2.irudia: Mikroskopi elektronikoz ikusitako *B. pertussis*-en barneraketa CHO zeluletan**



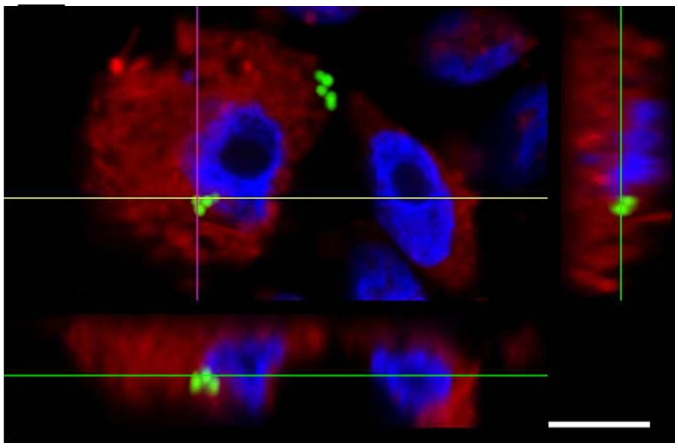

Inbasio prozesu honen kuantifikazio zehatza egiteko gentamizina inbasio-saio bat egin zen (Ishibashi et al., 2001). Saio honeta ACT gehituta duten bakterioak zelulekin inkubatu ziren eta bi ordu pasata gentamizina antibiotikoa gehitu zitzaien barneratu ez ziren bakterioak hiltzeko. Hurrengo pausuan ordu desberdinak pasa eta gero zelula guztiak lisatu ziren eta lagina petri-plaka batean gehitu zen, zelulen barnean zeuden bakterioak hazteko eta sortu ziren koloniak kuantifikatzeko. 3A irudian ikusi daiteke bakterioak zeluletan barneratzeaz gain barnean erreplikatzeko gaitasuna duela, gero eta ordu gehiago pasa bakterio intrazelular gehiago daudelako (kanpoaldeko guztiak gentamizina bidez hiltzen dira lehenengo 2h pasatzean). Kontrol modura saioko ordu desberdinetan zelulen bideragarritasuna neurtu zen, saioaren lehenengo 24 ordutan ez dagoela garrantzizko heriotza-portzentairik ikusiz.

**3. irudia: Bakterioen biziraupen eta bikoizketa zelulen barnean**




Inbasio mekanismo hau ACTak bakarrik eragin dezakeen edo bakterioaren beste osagai batzuekin batera lortzen duen aztertzeko bihiekin saio bat egin genuen . Bihiak 1 µm diametroa (bakterio baten antzeko tamaina) duten poliestirenozko bolatxo fluoreszenteak dira (Veiga et al., 2007). Saiorako ACT toxina atxikitzen zaie bihiei eta BSA proteína beste batzuei kontrol bezala. Bakterioekin egiten zen inbasio-saioaren baldintza berdinak erabili ziren eta mikroskopio konfokala bidez argazkiak atera ziren. BSA itsatsita zuten bihiekin ez zen zelula barnean bihirik aurkitu, ACT zutenekin ordea bai, 4.irudian ikusten den bezala. Zelularen mintzak DyeI-rekin markatu ziren, nukleoa Hoechts-ekin urdinez eta bihiak berezko fluoreszentzia berdea dute. 4 irudian barnealdean dauden bihiak ikusi daitezke plano desberdinetatik.

**4.irudia: ACT erantsita duten bihien barneraketa CHO zeluletan mikroskopi konfokalez ikusita.**



## 4. Ondorioak

Emaitza hauek aztertuta ondorioztatu daiteke *B. pertussis*-en ACT toxinak bakterio guztiaren barneraketa eragiteko gaitasuna duela bere kabuz. Horrez gain, oso interesgarria da jakitea bakterioa zelula barnean egonda bikoiztu egin daitekeela, endosoma/lisosoma barnean bizirauteko mekanismoren bat duelako seguraski. Itu-zelulen barnean bizitzeko gaitasuna duten bakterio gehienek poro-eratzaile toxinak edukitzen dituzte (Alonso and García-del Portillo, 2004). Toxina hauek bi funtzio garrantzitsu dituzte bakterio intrazelularrentzako, batetik itu-zelulen mintzean egiten dituzten poroek zelularren endozitosi mekanismoak aktibatzen dituzte

bakterioaren barneraketa bultzatuz (Fernandes et al., 2011). Bestetik, bakterioa barnean dagoela endosomaren mintza zulatuz endosomaren azidifikazioa geldiarazten dute, bakterioa endosomaren barnean bizirautea baimenduz (Duclos and Desjardins, 2000). Hau jakinda pentsa daiteke ACT-ren poro-eratzaile gaitasuna dela garrantzitsuena inbasio-faktore bezala jokatzeko. Hau ziurtatzeko saio gehiago egin beharko dira eta AC aktibitatea ez duen edo poroak eratzeko gaitasuna ez duten toxina mutanteak erabiltzea beharrezkoa izango da.

Lan honek *B. pertussis*-ren infekzio-prozesuan orain arte kontuan hartu ez diren urratsak daudela ikustarazteko balio dezake. *B. pertusiss* soilik patogeno extrazelular bat bezala ikusteak tratamendu desegokiak diseinatzea eragin dezake. Lan honek erakusten digu infekzio-prozesuan *B. pertussis* zelula ez-fagozitzaileen barnea biziraun eta bikoiztu daitezkeela ACT toxinari esker. Honek ACT toxina bakterioaren kontrako tratamenduen itu garrantzitsua bihurtzea ekarri beharko luke.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honen hurrengo saioentzako interesgarria izango litzake adenilato ziklasa aktibitate edo poroak eratzeko gaitasuna ez duten ACT toxina mutanteak erabiltzea. Honi esker aztertu daiteke ze domeinuk ematen dio ACT-ri inbasio-faktore bezala jokatzeko gaitasuna. Bakterioak zelula barnean biziraun eta bikoizteko behar dituen mekanismoak zeintzuk diren aztertzea gai interesgarria izango litzake, hau argitzeak patogeno intrazelularren kontrako tratamenduen hobetzea ekarri dezake eta.

## 6. Erreferentziak

Aktories, K., Lang, A.E., Schwan, C., and Mannherz, H.G. (2011). Actin as target for modification by bacterial protein toxins. FEBS J. *278*, 4526–4543.

Alonso, A., and García-del Portillo, F. (2004). Hijacking of eukaryotic functions by intracellular bacterial pathogens. Int. Microbiol. *7*, 181–191.

Basler, M., Knapp, O., Masin, J., Fiser, R., Maier, E., Benz, R., Sebo, P., and Osicka, R. (2007). Segments crucial for membrane translocation and pore-forming activity of Bordetella adenylate cyclase toxin. J. Biol. Chem. *282*, 12419–12429.

Duclos, S., and Desjardins, M. (2000). Microreview Subversion of a young phagosome: the survival strategies of intracellular pathogens. *2*.

Fedele, G., Bianco, M., and Ausiello, C.M. (2013). The virulence factors of Bordetella pertussis: talented modulators of host immune response. Arch. Immunol. Ther. Exp. (Warsz). *61*, 445–457.

Fernandes, M.C., Cortez, M., Flannery, A.R., Tam, C., Mortara, R. a, and Andrews, N.W. (2011). Trypanosoma cruzi subverts the sphingomyelinase-mediated plasma membrane repair pathway for cell invasion. J. Exp. Med. *208*, 909–921.

Goyard, S., Sebo, P., D'Andria, O., Ladant, D., and Ullmann, a (1993). Bordetella pertussis adenylate cyclase: a toxin with multiple talents. Zentralbl. Bakteriol. *278*, 326–333.

Higgs, R., Higgins, S.C., Ross, P.J., and Mills, K.H.G. (2012). Immunity to the respiratory pathogen Bordetella pertussis. Mucosal Immunol. *5*, 485–500.

Ishibashi, Y., Relman, D.A., and Nishikawa, A. (2001). Invasion of human respiratory epithelial cells by Bordetella pertussis: possible role for a filamentous hemagglutinin Arg-Gly-Asp sequence and alpha5beta1 integrin. Microb. Pathog. *30*, 279–288.

Linhartová, I., Bumba, L., Mašín, J., Basler, M., Osička, R., Kamanová, J., Procházková, K., Adkins, I., Hejnová-Holubová, J., Sadílková, L., et al. (2010). RTX proteins: a highly diverse family secreted by a common mechanism. FEMS Microbiol. Rev. *34*, 1076–1112.

Melvin, J. a, Scheller, E. V, Miller, J.F., and Cotter, P. a (2014). Bordetella pertussis pathogenesis: current and future challenges. Nat. Rev. Microbiol. *12*, 274–288.

Mills, K.H.G., Ross, P.J., Allen, A.C., and Wilk, M.M. (2014). Do we need a new vaccine to control the re-emergence of pertussis? Trends Microbiol. *22*, 49–52.

Uribe, K.B., Martín, C., Etxebarria, A., González-Bullón, D., Gómez-Bilbao, G., and Ostolaza, H. (2013). Ca(2+) Influx and Tyrosine Kinases Trigger Bordetella Adenylate Cyclase Toxin (ACT) Endocytosis. Cell Physiology and Expression of the CD11b/CD18 Integrin Major Determinants of the Entry Route. PLoS One *8*, e74248.

Veiga, E., Guttman, J.A., Bonazzi, M., Boucrot, E., Toledo-Arana, A., Lin, A.E., Enninga, J., Pizarro-Cerdá, J., Finlay, B.B., Kirchhausen, T., et al. (2007). Invasive and adherent bacterial pathogens co-Opt host clathrin for infection. Cell Host Microbe *2*, 340–351.

Weingart, C.L., and Weiss, A.A. (2000). Bordetella pertussis virulence factors affect phagocytosis by human neutrophils. Infect. Immun. *68*, 1735–1739.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrak ematen diogu gure laborategiko teknikaria den Rocio Alonsori bere laguntzarengatik eta SGIker UPV/EHU-ko zerbitzuari mikroskopi konfokal eta elektronikorako emandako laguntza teknikoarengatik.

# Ingeniaritza/Arkitektura

# Fasearen erabilera ahots sintetikoaren detekzioan

Jon Sanchez, Ibon Saratxaga, Eva Navas, Daniel Erro*, Inma Hernáez
*AHOLAB Taldea, Euskal Herriko Unibertsitatea. *IKERBASQUE*
*jon.sanchez@ehu.eus*

***Laburpena***

Hizlariaren Egiaztaketaren arloan posible da gaur egun ahots sintetikoak sortzea, sarrera sistema biometrikoak iruzurtzeko asmoz. Eraso hauek ekiditeko Ahots Sintetikoaren Detektagailu bat erabil daiteke, Hizlariaren Egiaztatzailearekin batera. Deskribatutako sistema GMMak erabiltzen dituen sailkatzaile bitarra da, WSJ datu-baseko seinale naturalak eta haien transkodifikatutako bertsioak erabiltzen dituena sistemaren ereduak entrenatzeko. Horretarako hiru bokoder erabiltzen dira, egun-egunekoak, eta bi parametro sorta desberdinen bidez aztertzen dira: *Relative Phase Shift* edo RPS izenekoak, eta, erreferentzia moduan, ohiko MFCCak.

Hitz gakoak: Ahots sintesia, Ahots Bihurketa, Ahots Sintetikoaren Detekzioa

***Abstract***

*In the field of Speaker Verification it is possible nowadays to create a synthetic voice to deceive a speech driven biometric access system. This can be avoided using a Synthetic Speech Detector connected at a standard SV system. The system described is a GMM based binary classifier that uses natural and copy-synthesized signals obtained from the WSJ database to train the system models. Three different state-of-the-art vocoders are chosen and modeled using two sets of acoustic parameters: Relative Phase Shift (RPS) and canonical MFCC parameters, as baseline.*

*Keywords: Voice Synthesis, Voice Conversion, Synthetic Speech Detection*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Azken urteotan, ahotsa pertsonak identifikatzeko parametro garrantzitsuenetarikoa bihurtu da: pertsona batek aldarrikatzen duen identitatea bere ahotsarekin bat datorren egiaztatzeko erabil daiteke. Honi hizlariaren egiaztaketa deritzo (*Speaker Verification*, SV)(Campbell, 1997).

Gaur egun asko hobetu dira ahots sintesia eta ahots bihurketa (Stylianou et al., 1998; Erro et al., 2013; Tokuda et al., 2013) eta ez da beharrezkoa datu-base handiak biltzea kalitate handiko ahots moldatua edukitzeko. Ondorioz, erraza izan daiteke pertsona baten ahotsa itxuratzea, ahotsaren bidez kontrolatutako sistema baten sarbidea lortzeko. Lan honetan, hori saihesteko diseinu berri bat proposatzen da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Sistema biometrikotarako mehatxuak diren itxurazko ahotsak detektatzeko bi estrategia desberdin garatu dira: lehenengoan, SV sisteman bertan inplementatu behar dena, erabiltzaileen ereduak landu behar dira, blokeatu ahal izateko bai giza-iruzurtiak eta baita sintetikoak ere (Masuko et al., 2000; Kons eta Aronowitz, 2013; Kinnunen et al., 2012). Bigarrenean, aparteko Ahots Sintetikoaren Detektagailu bat (Synthetic Speech Detector, SSD) garatzen da, SV sistema baino lehen edo ondoren erabiltzeko. SSD moduluan parametro eta detekzio teknika espezifikoak erabiltzen dira, ahots naturala eta sintetikoaren artean dauden aldeetan jarrita arreta: pitch-aren aldaketak (Steward et al., 2012), tramen arteko parametro batzuen antzekotasunak (De Leon et al., 2010; Alegre et al., 2013), fase informazioa (De Leon et al., 2012; Wu et al., 2012), denbora modulazioa (Wu et al., 2013), etab.

Aipatutako SSD sistema hauetariko batzuetan, hizlariko planteamendua aplikatzen da: bereizteko erabil daitezkeen ezaugarriak hizlari bakoitzeko aztertzen dira (Alegre et al., 2013; De Leon et al., 2012). Hauen eragozpenik handiena hizlari bakoitzeko eredu sintetiko espezifiko bat garatzearen beharra da. Badago ere beste hurbilketa desberdin bat, hizlariarekiko independentea dena. Honetan, ereduak hiztun ezezagunengandiko seinale sintetikoetan oinarritzen dira (Steward et al., 2012; De Leon et al., 2010; Wu et al., 2012; Wu et al., 2013).

Planteamendu hau oso interesgarria da, ez duelako behar SSD eredu berriak sortzea SV sisteman hizlari berri bat onartzen denean.

Literaturan topa daitezkeen sistema gehienetan iruzur teknika bakarra aztertzen da (ahots bihurketa, ahots moldatuaren sintesia, etab.). Ikerketa orokorragoa egiteko, seinale iruzurtiak sortzen dira transkodifikazioaren bidez. Horren helburua eredu orokorragoak garatzea da edozein sintesi sistema edo moldaketa teknika erabili arren ondo sailkatzeko gai direnak. Honen bidez ez da beharrezkoa moldatutako sintesia edo bihurketa funtzioak garatzea. Sistema honen baliagarritasuna (De Leon et al, 2012) lanean aztertu zen, eraso metodo espezifikoa baino ataza konplexuagoa dela, eta beraz, sailkatzailearen mugak frogatzeko sistema ona dela emaitzarekin. Hauxe da hain zuzen ikerketa honetan erabilitako teknika.

Edonola ere, ez da ikasketarik topatu sistema hauen eraginkortasunean, erasotzeko erabilitako sistemaren ezaugarrien berri ez dagoenean. Ahots sintesi edo bihurketa sistema ugari bokoderretan oinarritzen direnez, bokoderrarekiko menpekotasuna problema handia izan daiteke benetako egoeretan, erasoaren bokoderra ezezaguna denean.

Lan honetan hizlariarekiko independentea den SSD sistema baten eraginkortasuna aztertzen dugu, ahots sintesirako eta bihurketarako egun-eguneko bokoder desberdinak erabiliz. Bi parametro mota erabiltzen dira: seinalearen moduluan oinarritutako ohiko MFCC parametroak (Imai, 1983) eta fasean oinarritutako RPS parametroak (Saratxaga et al., 2009a; De Leon et al., 2012) lanean adierazten denez, gaur egun gehien erabiltzen diren bokoderretan ez da fasea erabiltzen, beraz jatorrizko seinalearen fasea eta sintetikoarena artean dagoen aldea garrantzitsua izan daiteke. RPS parametrizazioa dagoeneko erabili da hizlariaren menpeko ereduak lantzeko (De Leon et al., 2012; De Leon et al., 2011).

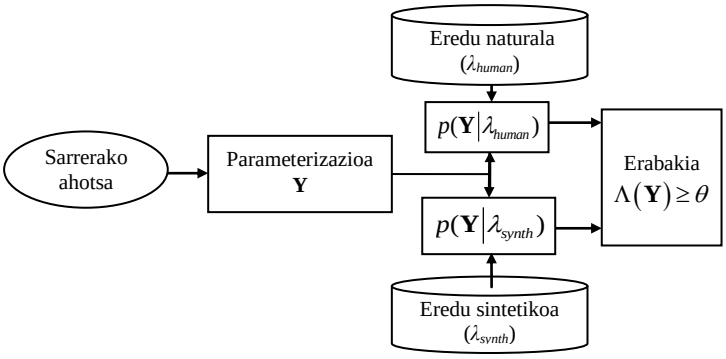
## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Sistemaren deskribapena

#### 3.1.1 Arkitektura orokorra

SSD sistemaren egitura orokorra 1. Irudian ikus daiteke. Bere helburua sarrerako seinalea naturala edo sintetikoa den erabakitzea da. Hizlariaren identitateari buruzko informazioa ez denez behar, ohiko SV sistema baino lehen, edo ondoren, koka daiteke.

**1. irudia. SSD sistemaren egitura**




Sistemaren entrenamendu fasean, 512 gaussiar nahasiko GMM ereduak sortzen dira, ahots naturalerako ($\lambda_{human}$) eta sintetikorako ($\lambda_{synth}$), bi parametro sorta desberdinak erabiliz: RPS eta MFCC. Sarrerako ahotsa sintetikoa denean, jatorrizko ahotsa naturalaren bertsio iruzurra izango da. Aurreko atalean aipatu denez, transkodifikazioa erabiliko da, eguneko bokoder desberdinen bidez, seinale sintetikoen edo bihurtuen ordezkari onargarriak direlako.

Detekzio ataza gauzatzeko, sistemak sarrerako ahotzaren parametrizatutako bektore sekuentzia bat (**Y**) hartzen du, eta eredu naturalarekin eta sintetikoarekin frogatu, bakoitzaren egiantza kalkulatzeko, $p(\mathbf{Y}|\lambda_{human})$ eta $p(\mathbf{Y}|\lambda_{synth})$. Ondoren, (1) ekuazioaren arabera kalkulatzen

da egiantz-arrazoia, $\Lambda$. Sarrera naturaltzat hartuko da arrazoia $\theta$ atari batek gainetik badago, errore-tasa berdineko (*Equal Error Rate*, EER) puntuan lan egiteko kalkulatu dena.

$$\Lambda(\mathbf{Y}) = \log p(\mathbf{Y}|\lambda_{human}) - \log p(\mathbf{Y}|\lambda_{synth}) \quad (1)$$

non

$$\log p(\mathbf{Y}|\lambda) = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} \log p(\mathbf{y}_n|\lambda) \quad (2)$$

### 3.1.2 Parametrizazioa

Erabilitako seinale bakoitzerako bi parametro sorta kalkulatzen dira: RPSak eta erreferentzia moduan erabiltzen diren MFCCak.

1) RPS parametroak: RPS fase harmonikoaren irudikapen bat da, (Saratxaga et al., 2009a; Saratxaga et al., 2010). Parametro hauek emaitza onekin aritu dira eredu estatistikoak behar dituzten beste ataza batzuetan, Ahotsaren ezagutza (Automatic Speech Recognition, ASR), SV edo SSD adibidez. 21 parametro dira, eta haien $\Delta$ eta $\Delta\Delta$. Guztira, 63 fase parametro kalkulatzen dira 10ms.-ro, soinu ahostunak daudenean.
2) MFCC parametroak: MFCC parametroak (Imai, 1983) kalkulatu era eredutuko dira erreferentzi moduan erabiltzeko. 13 parametro hartzen dira, MFCC-0 barik. Haien $\Delta$ eta $\Delta\Delta$ ere kalkulatzen dira, 10ms.-ro kalkulatutako 39 parametrotako sorta izateko, ahots aktibitatea dagoenean.

### 3.1.3 Bokoderrak

Hiru bokoder desberdin erabili dira:

1) MLSA: HTS demoaren barne dagoen oinarrizko bokoderra[1] (Yoshimura et al., 1999; Tokuda et al., 1994; Imai, 1983). Mel-cepstral koefizienteekin erlazioa duen analisia egiten du. Bokoderren detekziorako erabili da (Wu et al., 2012) lanean.
2) STRAIGHT: HTS demoaren barne dago bokoder hau ere[1] (Zen et al., 2007). STRAIGHT kalitate handiko lanabesa da ahotsaren analisirako, manipulaziorako eta birsortzerako. (Kawahara et al., 1999). STRAIGHT bokoderra SSDrako erabili da (De Leon et al., 2012; Wu et al., 2013). Askotan erabili da ere ahotsaren bihurketarako eta sintesirako.
3) AHOCODER: orain dela gutxi proposatu da bokoder hau, *Harmonic plus Noise Model (HNM)* ereduan oinarrituta (Erro et al., 2014; Erro et al., 2011). HNM-a erabiltzen da ere seinalearen analisirako eta birsortzerako. Ahots sintesirako aplikatu da (Erro et al., 2014; Erro et al., 2011) eta ahotz konbertsiorako (Erro et al., 2013).

Esperimentutarako jatorrizko ahozko seinaleak hiru bokoderrekin kodifikatu ziren, osagai jarraitua kendu eta energia normalizatu. Seinaleen polaritatea ere bateratu zen, RPS parametrizazioak behar duelako (Saratxaga et al., 2009b).

### 3.1.4 Datu-baseak

WSJ datu-basea (Paul eta Baker, 1992) erabili da, (De Leon et al., 2010) eta (Wu et al., 2013) lanetan bezala. Bere abantailarik nagusienak hizlari kopurua eta grabaketen seinale zarata erlazio handia dira. SI-284 sortatik 8599 seinale hartu ziren, hizlari guztietakoak. Guztiak kodifikatu ziren 3 bokoderren bidez, 8599x4 seinale lortzeko. Seinale guztien laginketa maiztasuna 8kHz-era pasatu zen, eta orduan parametrizatu. Sistemaren eragina neurtu zen orduan , hizlari kopuru desberdinetako ereduak erabiliz: 30-SPK (30 hizlari ereduak egiteko eta 253 testak egiteko), 50-SPK (50 hizlari ereduak egiteko eta 233 testak egiteko) eta 140-SPK (140 hizlari ereduak egiteko eta 143 testak egiteko).

1 "HMM-Based Speech Synthesis System (HTS)." http://hts.sp.nitech.ac.jp/.

## 3.2 Esperimentuak eta emaitzak

### 3.2.1 Hizlariarekiko menpekotasuna

Aurreko ataleko seinale-sortak erabili dira, aipatutako bokoderrekin eta parametrizazioekin. Bokoder bakoitza eta parametrizazio bakoitza independenteki ebaluatu da, eta, emaitzen balidazio estatistikoa izateko, esperimentuen errepikapen anitz egin dira hizlari sorta desberdinak erabiliz.

**1. taula. Batez besteko EER, bere desbideratzearekin, bokoder, parametrizazio eta hizlari kopuru desberdinetarako**

| | 30-SPK | | 50-SPK | | 140-SPK | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RPS | MFCC | RPS | MFCC | RPS | MFCC |
| AHOCODER | 0.60 (σ=0.16) | 5.93 (σ=0.75) | 0.51 (σ=0.20) | 5.60 (σ=0.57) | 0.46 (σ=0.14) | 4.86 (σ=0.67) |
| STRAIGHT | 0.62 (σ=0.19) | 0.25 (σ=0.13) | 0.42 (σ=0.27) | 0.13 (σ=0.08) | 0.15 (σ=0.09) | 0.10 (σ=0.07) |
| MLSA | 0.76 (σ=0.31) | 0.02 (σ=0.01) | 0.79 (σ=0.31) | 0.01 (σ=0.01) | 0.61 (σ=0.53) | 0.08 (σ=0.13) |

1. taulan erakusten diren esperimentu gehienetan, ereduak egiteko erabilitako hizlari kopurua handiagotzen denean, emaitzetan hobekuntza mehea ikusten da. Aldaerak txikiak direnez, hizlariarekiko independentzia aurreko edozein sortaz lor daitekeela onartuko dugu. Ondorengo esperimentuak SPK-50 sortarekin egin ziren.

### 3.2.2 Bokoderarekiko menpekotasuna

Bokoderarekiko dependentzia neurtzeko egin den lehenengo esperimentuan bokoder guztiekin sortutako seinaleak bokoder guztiekin sortutako ereduekin frogatzen dira. Helburua, bokoder batekin sortutako ereduaz beste bokoder baten seinale sintetikoak detektatzea posiblea den egiaztatzea da. Horretaz gain, test seinale sorta berezi bat sortu da bokoder guztien seinaleekin, erasoa ezezaguna den kasua simulatzeko.

**2. taula. Batez besteko EER bokoder desberdinetako frogetarako.**

| | AHOCODER eredua | | STRAIGHT eredua | | MLSA eredua | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RPS | MFCC | RPS | MFCC | RPS | MFCC |
| AHOCODER seinaleak | 0.51 | 5.60 | 2.80 | 25.59 | 11.17 | 50.73 |
| STRAIGHT seinaleak | 2.60 | 20.27 | 0.42 | 0.13 | 1.54 | 13.71 |
| MLSA seinaleak | 27.04 | 83.55 | 26.66 | 0.93 | 0.79 | 0.01 |
| Orotako seinaleak | 12.53 | 36.02 | 11.80 | 14.00 | 7.07 | 27.46 |

Ilundutako balioak, 1. Taulan daudenekin bat datoz. Bokoder desberdineko emaitzak bokoder egokiarenak baino txarragoak dira, orokorrean. Salbuespen batzuk badaude ere, sistema bokoderraren menpe dagoela esan daiteke.

### 3.2.2 Bokoder anitzeko ereduak

Aurreko esperimentuan ikusi denez, bokoder espezifiko batekin sortutako eredu bat ezin da onez erabili beste batekin sortutako seinalea detektatzeko. Baina bi bokoder desberdinetako seinaleak erabiliz sortutako ereduekin hirugarren bokoder bateko seinaleak detektatzea posible den jakitea interesgarria da. Horretarako, bokoder desberdinekin eredu konbinatuak garatu dira, eta seinale guztiekin testa egin.

Testeatzen den bokoderra ereduen barne ez dagoenean, emaitzak ez dira bokoder egokia erabiltzen denean bezain onak, baina, kasu gehienetan, bokoder oker bakar baten kasuarenak baino hobeagoak, RPS parametrizazioarekin gehien bat. Eskuineko zutabetan, hiru bokoderreko ereduaren emaitzak ikusten dira. Homogeneoki baxuak dira RPSen kasuan, eta detektagailu unibertsaleranzko pausu handia da.

**3. taula. Batez besteko EER bokoder desberdinetako frogetarako.**

| | A+S eredua | | S+M eredua | | A+M eredua | | 3 bokoderreko eredua | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | RPS | MFCC | RPS | MFCC | RPS | MFCC | RPS | MFCC |
| AHOCODER seinaleak | 0.92 | 8.67 | 4.70 | 41.34 | 1.12 | 27.61 | 1.16 | 27.05 |
| STRAIGHT seinaleak | 0.75 | 0.42 | 0.70 | 2.22 | 1.47 | 8.81 | 0.99 | 2.02 |
| MLSA seinaleak | 25.32 | 3.09 | 0.95 | 0.03 | 1.19 | 0.02 | 1.32 | 0.03 |
| Orotako seinaleak | 11.39 | 5.42 | 2.95 | 22.92 | 1.32 | 17.33 | 1.22 | 16.03 |

## 4. Ondorioak

Esperimentu hauekin bokoderren bidez sortutako ahots sintetikoa detekta daitekeela frogatzen dute, hizlariekin independenteak eta bokoderrarekin dependenteak diren ereduekin. Hizlari gutxi erabili daitezke ereduak sortzeko, eta RPS parametrizazioarekin gauzatzen denean emaitzak onak dira. Bokoderrarekiko menpekotasun handia daukate ereduak, baina posible da eredu bakar baten bokoder desberdin batzuen informazioa sartzea, detekzioa hobetzeko. Oso interesgarria da hau erasoaren jatorria ezezaguna denean.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Erabilitako bokoder guztiek fase minimoaren hurbilketa erabiltzen dute seinaleak birsortzeko. Aurkeztu berri diren beste batzuetan ez da teknika hau erabiltzen, eta RPS teknikaren baliagarritasuna ebaluatu behar da egoera berri horretan. Beste TTS teknika batzuk, aldiz, ez dute bokoderrak erabiltzen, eta estrategia berri bat garatu behar da hauek ekiditeko.

Bestalde, sistemaren eraginkortasuna seinale garbiekin frogatu da, baina benetako egoeretan, batzuetan, beharrezkoa izango da seinale zaratatsuak edo telefonikoak erabiltzea, eta egoera hori ere landu beharko da.

## 6. Erreferentziak

Alegre, F., Amehraye, A., eta Evans, N. (2013): "Spoofing Countermeasures to Protect Automatic Speaker Verification from Voice Conversion." In *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 3068–3072.

Campbell, J. (1997): "Speaker Recognition: A Tutorial." *Proceedings of the IEEE 85* (9): 1437–1462.

De Leon, P., Pucher, M. eta Yamagishi, J. (2010): "Evaluation of the Vulnerability of Speaker Verification to Synthetic Speech." in *Proc. Odyssey IEEE Workshop*, pp. 151-158, Brno, Czech Republic, 2010.

De Leon, P., Hernaez, I., Saratxaga, I., Pucher, M. eta Yamagishi, J. (2011): "Detection of Synthetic Speech for the Problem of Imposture." *2011 IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing ICASSP*: 4844–4847.

De Leon, P., Pucher, M., Yamagishi,J., Hernaez, I. eta Saratxaga, I. (2012): "Evaluation of Speaker Verification Security and Detection of HMM-Based Synthetic Speech." *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 20 (8): 2280–2290.

Erro, D., Sainz, I., Navas, E., eta Hernáez, I. (2011): "Improved HNM-Based Vocoder for Statistical Synthesizers." In *Proc.Interspeech 2001*, 1809 – 1812. Florence, Italy.

Erro, D., Navas, E., eta Hernáez, I. (2013): "Parametric Voice Conversion Based on Bilinear Frequency Warping Plus Amplitude Scaling." *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 21 (3) (March): 556–566.

Erro, D., Sainz, I., Navas, E. eta Hernaez, I. (2014): "Harmonics Plus Noise Model Based Vocoder for Statistical Parametric Speech Synthesis." *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing* 8 (2) (April): 184–194.

Imai, S. (1983): "Cepstral Analysis Synthesis on the Mel Frequency Scale." In *ICASSP '83. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 8:93–96. Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Kawahara, H., Masuda-Katsuse, I. eta de Cheveigné, A. (1999): "Restructuring Speech Representations Using a Pitch-Adaptive Time–frequency Smoothing and an Instantaneous-Frequency-Based F0 Extraction: Possible Role of a Repetitive Structure in Sounds." *Speech Communication* 27 (3-4) (April): 187–207.

Kinnunen, T., Wu, Z., Lee, K., Sedlak, F., Chng, E. eta Li, H. (2012): "Vulnerability of Speaker Verification Systems against Voice Conversion Spoofing Attacks: The Case of Telephone Speech." In *2012 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 4401–4404. IEEE.

Kons, Z., eta Aronowitz, H. (2013): "Voice Transformation-Based Spoofing of Text-Dependent Speaker Verification Systems." In *Proc. Interspeech 2013*, 945–949.

Masuko, T., Tokuda, K. eta Kobayashi, T. (2000): "Imposture Using Synthetic Speech Against Speaker Verification Based On Spectrum And Pitch." In *Proc. ICSLP 2000*, 302–605.

Paul, D. eta Baker, J. (1992): "The Design for the Wall Street Journal-Based CSR Corpus." In *Proceedings of the Workshop on Speech and Natural Language - HLT '91*, 357. Morristown, NJ, USA: Association for Computational Linguistics.

Saratxaga, I., Hernaez, I., Erro, D., Navas, E. eta Sanchez, J. (2009a): "Simple Representation of Signal Phase for Harmonic Speech Models." *Electronics Letters* 45 (7): 381.

Saratxaga, I., Erro, D., Hernáez, I., Sainz, S. eta Navas, E. (2009b): "Use of Harmonic Phase Information for Polarity Detection in Speech Signals." In *Proc. Interspeech 2009*, 1075–1078. ISCA.

Saratxaga, I., Hernáez, I., Odriozola, I., Navas, E., Luengo, I. eta Erro, D. (2010): "Using Harmonic Phase Information to Improve ASR Rate." In *Eleventh Annual Conference of the International Speech Communication Association*, 1185–1188.

Steward, B., De Leon, P eta Yamagishi, J (2012): "Synthetic Speech Discrimination Using Pitch Pattern Statistics Derived from Image Analysis." In *Proc. Interspeech 2012*, 370–373.

Stylianou, Y., Cappe, O. eta Moulines, E. (1998): "Continuous Probabilistic Transform for Voice Conversion." *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing* 6 (2) (March): 131–142.

Tokuda, K., Kobayashi, T., Masuko, T. eta Imai, S. (1994): "Mel-Generalized Cepstral Analysis - a Unified Approach To Speech Spectral Stimation." In *Proc. ICSLP 1994*, 1043–1046.

Tokuda, K., Nankaku, Y., Toda, T., Zen, H., Yamagishi, J. eta Oura, K. (2013): "Speech Synthesis Based on Hidden Markov Models." *Proceedings of the IEEE* 101 (5) (May): 1234–1252.

Wu, Z., Chng, E. eta Li, H. (2012): "Detecting Converted Speech and Natural Speech for Anti-Spoofing Attack in Speaker Recognition." In *Proc Interspeech 2012*: 2–5.

Wu, Z., Xiao, X., Chng, E. eta Li, H. (2013): "Synthetic Speech Detection Using Temporal Modulation Feature." In *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 7234–7238.

Yoshimura, T., Tokuda, K., Kobayashi, T., Masuko, T.eta Kitamura, T. (1999): "Simultaneous Modeling Of Spectrum, Pitch And Duration In HMM-Based Speech Synthesis." In *Eurospeech*, 2347–2350.

Zen, H., Toda, T., Nakamura, N. eta Tokuda, K. (2007): "Details of the Nitech HMM-Based Speech Synthesis System for the Blizzard Challenge 2005." *IEICE Transactions on Information and Systems* E90-D (1) (January 1): 325–333.

## 7. Eskerrak

Lan honen zati bat Eusko Jaurlaritzaren finantzaketa jaso du (Ber2Tek Proiektua, IE12-333) eta Ekonomia eta Lehiakortasun Ministerioarena ere (SpeechTech4All Proiektua, TEC2012-38939-C03-03).

# Haririk Gabeko Komunikazio Sistemen Azterketa Ingurune Konplexuetan 3D Ray Launching Metodo Deterministaren bidez

Lopez-Iturri P., Aguirre E., Azpilicueta L. eta Falcone F.
*Ingeniaritza Elektriko eta Elektronikako departamentua, Nafarroako Unibertsitate Publikoa*
*peio.lopez@unavarra.es*

***Laburpena***

Lan honetan, Nafarroako Unibertsitate Publikoan guztiz sortu eta garatu den 3 Dimentsioko Ray Launching (3D RL) softwarea aurkezten dugu. Metodo honek, haririk gabeko kanala sakonki aztertzea ahalbidetzen digu ingurune konplexuetan, haririk gabeko sentsore eta gailuen funtzionamendua aztertu ahal izateko. Gure algoritmoaren funtzionamendua azaltzeaz gain, haren laguntzaz lor daitezkeen emaitzak eta analisi motak aurkezten ditugu. Lortutako emaitzek erakusten dute honelako teknikak erabiltzeak haririk gabeko sareen optimizaziora hurbiltzen gaituela.

Hitz gakoak: 3D Ray Launching, Haririk Gabeko Komunikazioak, Uhin Elektromagnetikoen Propagazioa, Haririk Gabeko Kanalaren Azterketa

***Abstract***

*In this paper, an in-house developed 3D Ray Launching algorithm is presented. This simulation method can aid in the analysis of the variable nature of the radio channel within complex scenarios, in which wireless sensors and devices have been deployed. Then, the variety of complex scenarios that have been studied are presented, in which successful results have been obtained, as publications show. These results show that the use of this radioplanning technique aids in the deployment of more energy efficient elements, optimizing the overall performance of wireless communication systems.*

*Keywords: 3D Ray Launching, Wireless Communications, Electromagnetic Wave Propagation, Radio Channel Analysis*

## 1. Sarrera eta motibazioa

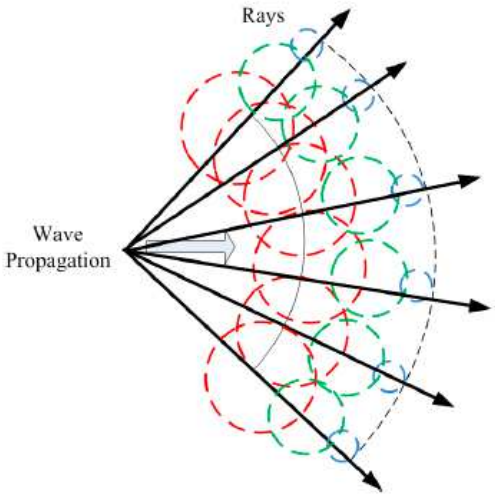
Azken bi hamarkadetan haririk gabeko komunikazioen gorakada ikaragarria bizi izan dugu, gero eta handiagoa bihurtzen ari dena. Honi aurre egiteko, haririk gabeko kanala aztertzeko lanabes zehatza eta erabilgarria behar dela uste dugu. Baina hau ez da eginbehar erraza. Haririk gabeko sareak gero eta ingurune konplexuagoetan ezartzen ari dira, eta ingurunearen topologiak eta morfologiak eragin handia dute uhin elektromagnetikoen propagazioan, eta hortaz, sarearen funtzionamendu orokorrean. Horregatik, Nafarroako Unibertsitate Publikoan hau guztia era azkarrean eta zehatzean aztertzeko balio duen simulazio softwarea sortu eta garatzen ari gara. Iristeko dauden eta gaur egun azaleratzen ari diren haririk gabeko teknologien arrakasta bermatzeko, ezinbesteko pausua da radio-plangintza ahalbidetzen duten hau bezalako teknikak garatzea eta erabiltzea.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Uhin elektromagnetikoen portaera eta propagazioa aztertzeko, batez ere estalduraren estimazioak lortzeko, metodo enpirikoak erabili izan ohi dira, hala nola COST-231, Walfish-Bertoni edota Okumura-Hata (Hata, 1980; Ikegami et al., 1984; Phaiboon eta Phokharatkul, 2009). Metodo hauek, neurketa enpirikoetan oinarriturik daudenak, emaitzak laster emateko gai dira, baina zehaztasun mugatukoak, lekuko berezitasunak kontutan hartzen ez dituztelako. Bestalde, metodo deterministak daude, Maxwell-en ekuazioen ebaztean oinarriturik daudenak (Kanatas et al. 1997; Lee eta Lee, 2000; Blas Prieto et al. 2009). Oso emaitza zehatzak ematen dituzte, baina askoz denbora gehiago behar dute horretarako, konputazio lan-zama askoz handiagoa baita. Metodo hauen artean, Method of Moment (MoM), Finite Difference Time Domain (FDTD) eta Ray Launching (RL) metodoak aurki ditzakegu (Seidel eta Rappaport, 1994; Schuster eta Luebbers, 1997; Yang, 1998).

Beste metodoekin alderatuta, RL metodoa da hiri inguruneak eta eraikin barruko ingurune konplexuak aztertzerako orduan abantaila gehien eskaintzen dituena: Optika fisikoaren (Physical Optics) eta difrakzio teoriaren (Physical Theory of Diffraction) ikuspuntuak eta laguntza erabiliz, oso RL metodo eraginkorrak lor daitezke, non konputazio denbora asko jaisteaz gain, emaitza zehatzak eskura daitezkeen (Weinmann, 2006). RL tekniketan, igorlea (antena) dagoen puntutik izpiak jaurtitzen dira, 1. irudian ikus daitekeen bezala. Izpiok uhin elektromagnetikoa ordezkatzen dute, haren propagazio ezaugarriak emulatuz. Izpiak espazioan hedatzen dira, bai teoria optikoan bai teoria elektromagnetikoan oinarrituz. Izpiek oztopo batekin topo egiten dutenean, Snell-en legeak dioen arabera (Hristov, 2000), izpi berriak sortzen dira: transmititutakoa eta islatutakoa; errefraktatutako eta islatutako uhinekin bat etortzen direnak hurrenez hurren. Honela, izpiak ingurunean zehar hedatzen dira, espazioko edozein gunetan jasotako uhin elektromagnetikoaren potentzia mailaren neurketa ahalbidetuz. Horretarako, gune jakin hori zeharkatu duten izpiak aintzat hartzen dira, bakoitzari dagokion propagazio efektuak aplikatuz, fase-konstantea eta atenuazioa esate baterako.

**1. irudia. Uhin elektromagnetikoaren propagazioa 2 dimentsioko RL teknikan, puntu jakin batetik izpiak jaurtiz**




Lan honetan, Nafarroako Unibertsitate Publikoan (NUP) guztiz sortu eta garatu den 3 Dimentsioko Ray Launching (3D RL) softwarea aurkezten dugu. Gure algoritmoa hobetu nahian ezarritako berrikuntzak azaltzeaz gain, haren laguntzaz lor daitezkeen emaitzak eta analisi motak aurkezten ditugu.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 3D Ray Launching metodoaren deskribapena

Gure 3D RL metodoaren bitartez, ingurune konplexuen topologiak eta morfologiak uhin elektromagnetikoen propagazioan duten eragina aztertzen ahal dugu. Uhin elektromagnetiko hauek haririk gabeko komunikazio sistemek igorritakoak dira normalean (WiFi, ZigBee, Bluetooth, etab.), baina zarata elektromagnetiko iturriak ere aztertzeko balio du. Adibidez, mikro-uhin labeek sortutakoa. Lehen aipatu bezala, metodo honek emaitza zehatzak ematen dizkigu, simulazio denbora onargarriak lortuz. Beste RL metodo batzuekin alderatuta, gureak 3 dimentsiotan jaurtitzen ditu izpiak, aurretik zehazten den bereizmen angeluarraz (bai horizontala bai bertikala), 2a irudian ikus daitekeen bezala. Izpi bakoitza espazioan hedatuz doa, oztopoekin topatzerakoan aldatuz joango dena: Islatutako eta errefraktatutako izpiez gain, gure algoritmoak difrakzioa ere aintzat hartzen du, Luebbers-ek enpirikoki aldatutako UTD koefizienteen metodoa jarraituz (Luebbers, 1988).

**2. irudia. (a) Izpiak jaurtitzeko era NUP-en garatutako 3D RL algoritmoan. (b) Izpiek oztopo bat aurkitzean gertatzen diren propagazio fenomenoak**




(a) (b)

Orokorki, gure 3D RL metodoa 3 fase ezberdinetan banatzen dela esan dezakegu:

- I. Fasea: Ingurunearen sorkuntza.
- II. Fasea: 3D RL simulazioa.
- III. Fasea: Emaitzen azterketa.

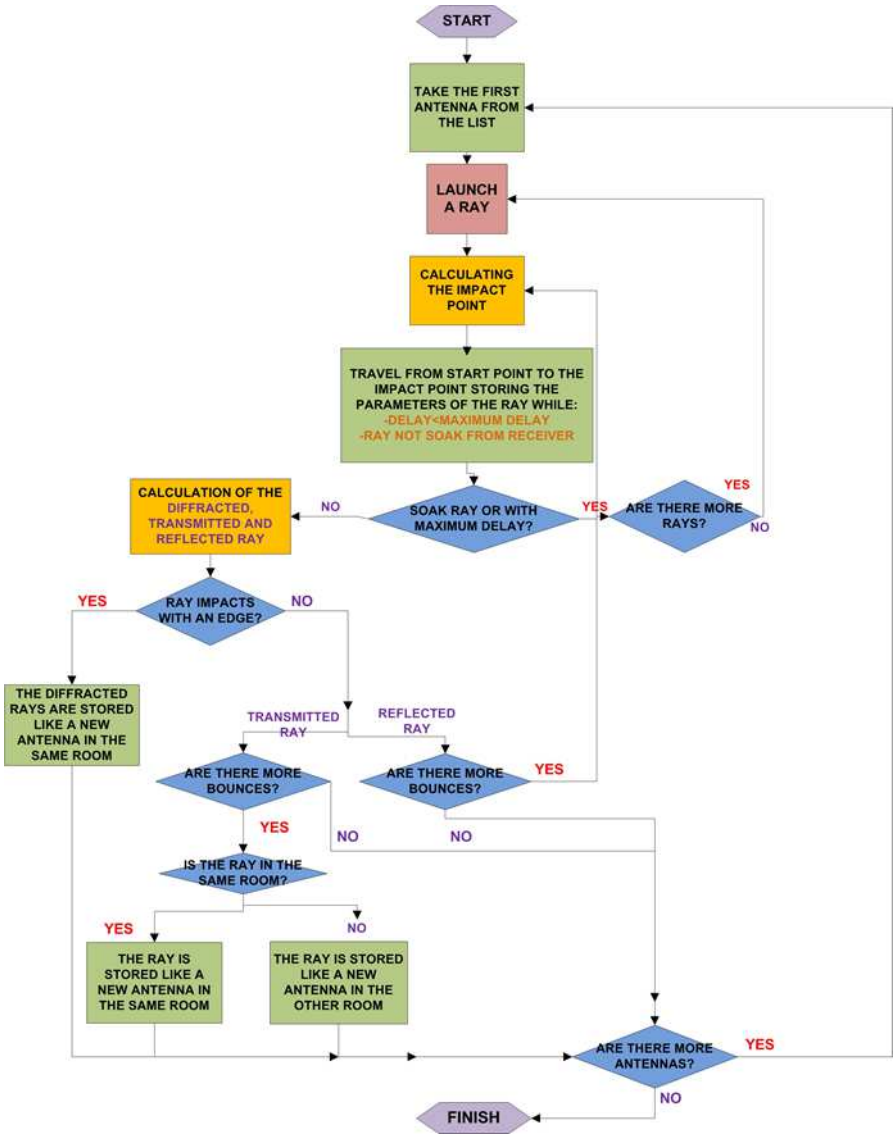
I. Fasean, ingurunearen eraketa egiten da, 3 dimentsioko espazioa sortuz. Horretarako, ingurunean dauden objektu guztiak definitzen dira: hormak, altzariak, pertsonak eta esanguratsua den objektu oro. Baita haririk gabeko komunikazioan parte hartuko duten igorlea(k) eta hartzailea(k) ere. Objektu guztien tamaina eta kokapena zehazteaz gain, material guztien parametroak definitu egiten dira (zura, igeltsua, burdina, adreilua, plastikoa, etab.), hots, konstante dielektrikoa edo konduktibitatea eta permitibitatea. Igorleari eta hartzaileari dagokienez, transmititutako energia maila (Watt), antenen erradiazio eskema, seinalearen maiztasuna (Hz), polarizazioa eta abiadura (bps) zehaztu egiten dira besteak beste.

II. Fasean, izpiak jaurtitzen dira eta inguruneko oztopoekin topatzean aipatutako fenomeno fisikoak gertatzen dira (2b irudia). Garrantzitsua da aipatzea sorturako espazio osoa lehendik zehaztutako hexaedrozko lauki-sare batean zatitu egiten dela. Laukiotatik igarotzen diren izpien datuak bertan gorde egiten dira, eta simulazioa amaitzean, datu eta emaitza guztiak matrizeetan ikusi ahal dira. Simulazioari ekin baino lehen, beste parametro batzuk zehaztu behar dira: hexagonoen tamaina, izpien gehienezko islapen kopurua eta izpien arteko bereizmen angeluarra. Parametro hauen aukeraketa arrunt garrantzitsua da, lortutako emaitzen zehaztasuna eta simulazioa betetzeko beharreko denbora baldintzatuko baititu.

Bukatzeko, III. Fasean lortutako eta matrizeetan gordetako emaitzen azterketa burutzen da. Horrela, haririk gabeko komunikazioaren azterketa sakona egin izan ahalko da ingurune jakin horretarako. Iritsiko den potentzia, haririk gabeko gailuen kontsumoa, haririk gabeko kanalaren kalitatea edo PER (Packet Error Rate), sarearen egonkortasuna eta fidagarritasuna zarata mailarekiko, etab. lortuko dugu. Prozesu honen xehetasunak dagoeneko argitaraturik daude (Azpilicueta et al., 2014a).

Jarraian agertzen den eskeman (3. irudia), 3D RL algoritmoaren diagrama erakusten da modu xehe batean.

**3. irudia. NUP-en garatutako 3D RL algoritmoaren diagrama**

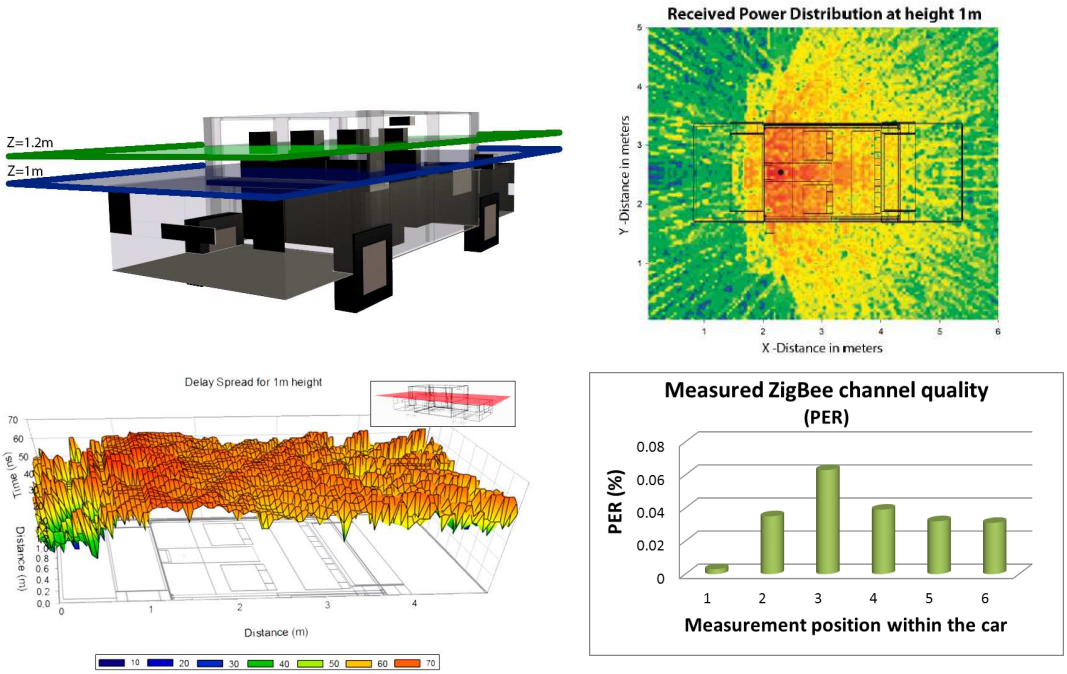



## 3.2 Lortutako emaitzak

Jarraian, 3D RL metodoaz arlo ezberdinetan lortutako emaitzak erakusten ditugu:

1) VANET (Vehicular Ad-hoc Network) ibilgailu sareak. Ibilgailuetan edota ibilgailuetatik beste lekutara komunikatzeko haririk gabeko sareak dira. Auto (Lopez-Iturri, P. et al. 2014a), autobus, furgoneta (Moreno et al., 2012), tren (Salaberria et al., 2014) eta hegazkinetan (Aguirre et al., 2013) aztertu izan dugu haririk gabeko kanala, aplikazio ezberdinetarako.

**4. irudia. 3D RL metodoaz eraikitako autoa eta lor daitezkeen emaitza mota batzuk**

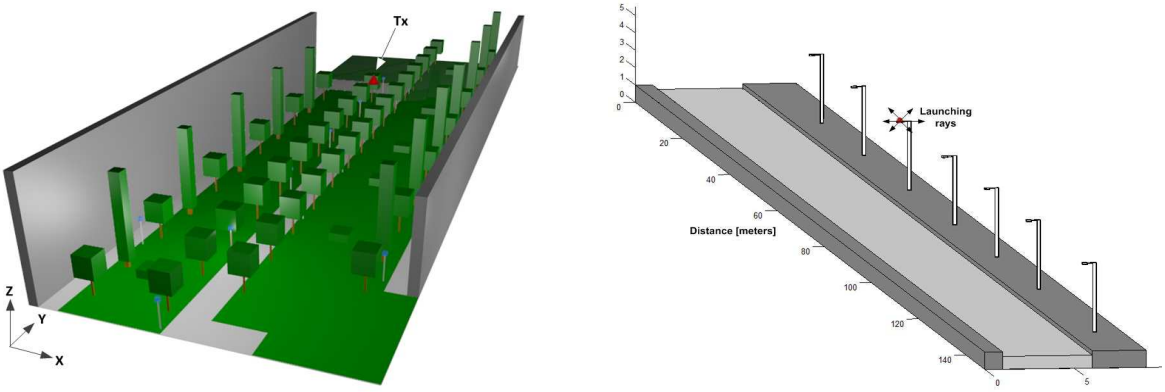



2) MANET (Mobile Ad-hoc Network) eta haririk gabeko sentsoreak. Haririk gabeko sentsore sareen optimizazioa ingurune konplexu ezberdinetan aztertu izan dugu, hala nola eraikin handietan (Aguirre et al., 2015), mahastietan (Gil et al., in Press) eta zuhaitz eremuetan (Azpilicueta et al., 2014b).

**5. irudia. WSN (Wireless Sensor Networks) edo haririk gabeko sentsore sareak aztertu izandako hainbat ingurune. a) Eraikin baten solairua, b) mahastia, c) zuhaitz eremua eta d) industrialde bateko karrika**



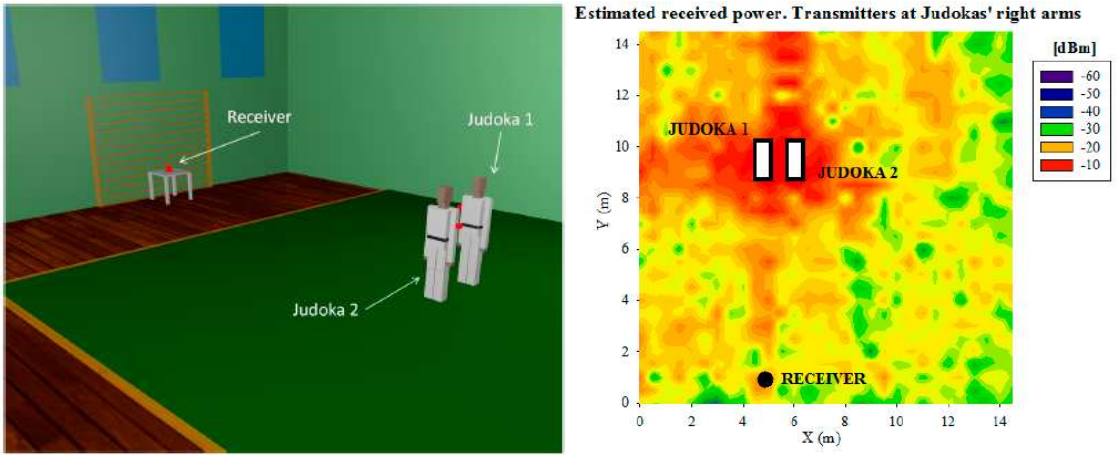

(a) (b)




(c) (d)

3) BAN (Body Area Network) giza gorputz inguruko sareak. Giza gorputza aplikazio askotan nahitaez agertzen den elementua da, eta beste objektuak bezala, uhin elektromagnetikoen hedapenean eragina dauka. Giza gorputz modelo propioa garatu ostean, honen eragina hainbat aplikaziotan aztertu dugu. Adibidez, Judorako aplikazioak (Lopez-Iturri, P. et al., 2014b), surferako aplikazioak eta elektrokardiograma eramangarrietakoa (Led et al., 2013).

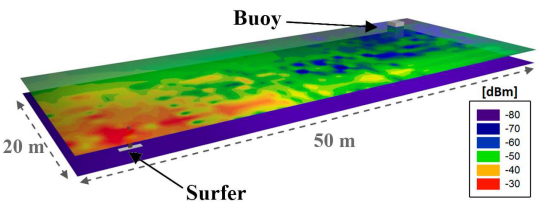
**6. irudia. Giza gorputzak haririk gabeko komunikazioan eragin zuzena duen aplikazioen azterketa. (a) Judo, (b) elektrokardiograma eramangarria eta (c) surf.**




(a)



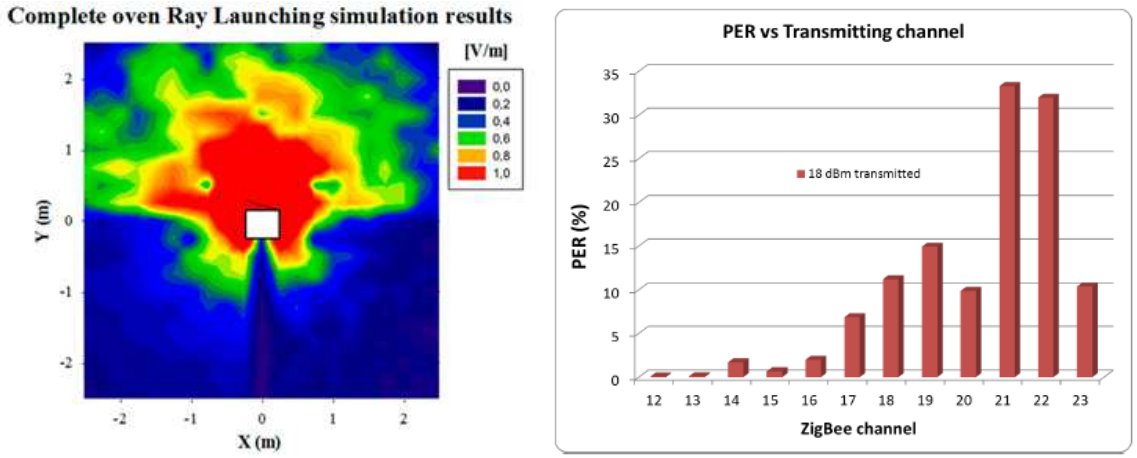

(b)




(c)

4) EMI-EMC bateragarritasun eta interferentzia elektromagnetikoa. Haririk gabeko komunikazio kanalaren azterketaren zati garrantzitsu bat interferentzia elektromagnetikoa da. Berezko komunikazio sistemez gain, egon badaude gailuak zarata elektromagnetikoa sortzen dutenak, haririk gabeko komunikazioak kaltetu ahal dituztenak. Gailu hauek nola irradiatzen duten ezjakina da normalean. Eta are zailagoa da elementu hauen modeloak lortzea simulatzaileetan erabiltzeko. Potentzia handiko gailua den mikro-uhin baten modeloa garatu dugu 3D RL metodoan erabili ahal izateko. Baita honek haririk gabeko komunikazioetan izan dezakeen eragina aztertu ere (Lopez-Iturri et al., 2012).

**7. irudia. Mikro-uhin labeak nola irradiatzen duen, 3D RL metodoaren arabera (ezkerrean). Labeak ZigBee haririk gabeko teknologian duen eragina (eskuinean)**




## 4. Ondorioak

Uhin elektromagnetikoen propagazioa ingurune konplexuetan aztertzea lan zaila da gertatzen diren fenomeno elektromagnetikoak direla eta: uhinaren islapena, errefrakzioa, difrakzioa, eta batez ere, 'multipath propagation' delakoagatik, oztopo asko dauden ingurunetan eragin handiena duena baita. Hemen aurkeztu den simulazio metodoa zehatza eta baliogarria dela egiaztaturik dago, hainbat ingurune konplexuetan egin diren lanek erakusten duten bezala. Haririk gabeko teknologien gorakadaren ondorioz, horrelako lanabes baten garrantzia areagotu egiten da, teknologia eta sistema hauen egonkortasuna bermatuko duena eta optimizatuko dituena ekonomia eta kontsumo energetikoaren ikuspuntutik.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Esan bezala, haririk gabeko teknologiak gora doaz, eta gure gizarteak gero eta behar handiagoa edukiko du uhin elektromagnetikoak eta haririk gabeko kanala aztertzeko. Erronka berri hauei aurre egiteko (haririk gabeko sentsore sareak etxebizitza eta beste eraikinetan, LTE mugikorren teknologia berria, Internet of Things, Smart Cities, etab.), ingurune ezberdin gehiagoren azterketa egin behar da, batez ere kontutan izanik haririk gabeko gailuen kopurua izugarri handituko dela uste dela. Ildo honetatik jarraituz, oso interesagarria iruditzen zaigu Smart Cities-ekin zerikusia duten inguruneak aztertzen hastea. Hauek, oso konplexuak izateaz gain, oso tamaina handiko inguruneak dira, haririk gabeko kanalaren azterketa benetan erronka handia bihurtuko duena.

Horrez gain, gure algoritmoa hobetzen dihardugu, konplexuagoa den beste fenomeno elektromagnetikoa gehitu nahian: Scattering-a.

## 6. Erreferentziak


Aguirre, E. et al. (2013): "Characterization and Consideration of Topological Impact of Wireless Propagation in a Commercial Aircraft Environment", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 5, 6, 240-258.

Aguirre, E. et al. (2015): “Analysis of Wireless Sensor Network Topology and Estimation of Optimal Network Deployment by Deterministic Radio Channel Characterization”, Sensors, 15, 2, 3766-3788.

Azpilicueta, L. et al. (2014)a: “Convergence Analysis in Deterministic 3D Ray Launching Radio Channel Estimation in Complex Environments”, *ACES Journal*, 29, 256–270.

Azpilicueta, L. et al. (2014)b: “Analysis of Radio Wave Propagation for ISM 2.4GHz Wireless Sensor Networks in Inhomogeneous Vegetation Environments”, *Sensors*, 14, 23650-23672.

Blas Prieto, J. et al. (2009): “A new metric to analyze propagation models,” *Progress in Electromagnetics Research*, 91, 101-121.

Gil, G. et al. (in Press): “Analysis of Topo-Morphological Influence of Vineyards in the Design of Wireless Sensor Networks for Smart Viticultural Management”, *International Journal of Sensor Networks.*

Hata, M. (1980): “Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 29, 3, 317-325.

Hristov, H. D. (2000): “Fresnel zones in wireless links, zone plate lenses and antennas,” *Artech House, Inc.*

Ikegami, F. et al. (1984): “Propagation factors controlling mean field strength on urban streets”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 32, 8, 822-829.

Kanatas, A. G. et al. (1997): “A UTD propagation model in urban microcellular environments,” *IEEE Transactions on Vehicular Technoloy*, 46, 1, 185-193.

Led, S. et al. (2013): “Analysis and Description of HOLTIN Service Provision for AECG monitoring in Complex Indoor Environments”, *Sensors*, 13, 4, 4947-4960.

Lee, D. J. Y. eta Lee, W. C. Y. (2000): “Propagation prediction in and through buildings”, *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, 49, 5, 1529-1533.

Lopez-Iturri, P. et al. (2012): “Impact of High Power Interference Sources in Planning and Deployment of Wireless Sensor Networks and Devices in the 2.4 GHz Frequency Band in Heterogeneous Environments”, *Sensors*, 12, 11, 15689-15708.

Lopez-Iturri, P. et al. (2014)a: “ZigBee Radio Channel Analysis in a Complex Vehicular Environment”, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 56, 4, 232-245.

Lopez-Iturri, P. et al. (2014)b: “Radio characterization for ISM 2.4GHz Wireless Sensor Networks for Judo Monitoring Applications”, *Sensors*, 14, 24004-24028.

Luebbers, R. J. (1988): “Comparison of lossy wedge diffraction coefficients with application to mixed path propagation loss prediction”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 36, 7, 1031-1034.

Moreno, A. et al. (2012): “IVAN: Intelligent Van for the Distribution of Pharmaceutical Drugs”, *Sensors*, 12, 5, 6587-6609.

Phaiboon, S. eta Phokharatkul, P. (2009): “Path loss prediction for low-rise buildings with image classification on 2-D aerial photographs”, *Progress in Electromagnetics Research*, 95, 135-152.

Salaberria, I. et al. (2014): “Ubiquitous Connected Train based on Train-to-Ground and Intra-Wagon Communications Capable of Providing On Trip Customized Digital Services for Passengers”, *Sensors*, 14, 5, 8003-8025.

Schuster, J. W. eta Luebbers, R. J. (1997): “Comparison of GTD and FDTD predictions for UHF radio wave propagation in a simple outdoor urban environment”, *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 3, 2022-2025.

Seidel, S. Y. eta Rappaport, T. S. (1994): “Site-specific propagation prediction for wireless in-building personal communication system design”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 43, 4, 879-891.

Weinmann, F. (2006): “Ray tracing with PO/PTD for RCS modeling of large complex objects”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 54, 6, 1797-1806.

Yang, C. F. (1998): “A ray-tracing method for modeling indoor wave propagation and penetration”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 46, 6, 907-919.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Lan honetan agertzen diren emaitza eta azterketa gehienak dagoeneko argitaratu ditugun artikuluetatik atera ditugu (testuan erreferentziatuak izan direnak), gure orain arteko lanaren laburpen bat egin nahirik.
- Orain arte gurekin kolaboratu duten pertsona eta ikerketa talde guztiei eskerrik beroenak eman nahi dizkiegu. Erreferentziatu ditugun lanetan agertzen dira.

# Maiztasunarekiko independentea den I/Q desorekaren azterketa banda zabaleko mikrouhin loturetan

**Ainhoa Rezola  Juan Francisco Sevillano  Igone Vélez**

Ikasketa eta Ikerkuntza Teknikoen Zentroa (CEIT-IK4) - Donostia

**Laburpena**

Etorkizuneko mugikor sareen eskakizunei aurre egiteko, puntuz puntuko mikrouhin loturen helburu nagusia hainbat Gigabit-eko datu tasak lortzea da, horretarako beharrezkoak diren banda zabala eta maila altuko modulazioak erabiliz. E-banda lan egiten duten eta zero-IF arkitektura duten sistemenek hautagai aproposenak dirudite helburu hau lortzeko. Hala ere, E-bandako igorgailu-hargailuen diseinuak erronka handiak aurkezten ditu, hala nola, I/Q desorekak nabarmen kaltetzen du sistemaren errendimendua. Artikulu honetan I/Q desorekak igorgailu-hargailuetan duen eragina aztertzeaz gain, seinalearen prozesatze digitalaren bitartez akats hau zuzentzeko teknikak ere ikusiko dira.

**Hitz gakoak:** banda zabala, RF akatsak, I/Q desoreka, mikrouhin

**Abstract**

*In order to cope with the requirements of future networks, mmW links should achieve Gigabit data rates. These data rates can be achieved using wide-band and high order modulations in E-Band. Zero-IF architectures are good candidates for integrated transceivers. However, the design of integrated transceivers in the E-band is a challenging issue. An important source of degradation is I/Q imbalance, which can significantly reduce the performance of a communication system. In this paper, the impact of the I/Q imbalance impairment on the transmitted and received signal is analyzed and suitable digital signal processing techniques are evaluated.*

**Keywords:** wide-band, RF impairments, I/Q imbalance, mmW

## 1 Sarrera eta motibazioa

Ukipen-pantaila duten gailuen, hala nola, smartphone eta tablet PC gisakoen sorrerarekin batera, erabiltzaileek beren telefono mugikorrak etxeko edo bulegoko konexio abiadura berdinarekin erabili nahi dituzte. Hala ere, egungo sare-azpiegiturak eta hauei loturiko negozio-ereduak ez daude eskari honi aurre egiteko prestatuak (Litjens *et al.*, 2014). Abiadura handiko konexioak lortu ahal izateko, nahitaezkoa da seinalearen banda gaur egun eskuragarria dena baino askoz ere zabalagoa izatea. Banda zabalaren eskari honen aurrean, Europar Batzordeak lehentasuna eman dio norabide honetan jarduteari, interneterako sarbide azkarragoak lortzeari, alegia.

Hainbat ikerketa lanen ondorioek dioten bezala, banda zabalak eta abiadura handiko interneterako sarbideak hazkunde ekonomikoan (BPG-ren bidez neurtua) eta enpleguaren sorpenean eragin positibo handia izango du. Gainera, zenbait ikerketek diote banda zabalaren hedapenak 2020.urteko klima helburuak betetzen lagun dezakeela. Banda zabala izateak etxetik lan egiteko aukera sor dezake eta ondorioz, lantokietara bidaia gutxiago egin, $CO_2$-aren emisioak murriztuz. Bestalde, banda zabalak sare adimentsuetako zerbitzuak erabiltzea ahalbidetzen du, 850 mila milioi euro gordinen aurrezpena ekar dezakeena.

Bestalde, pixkanaka dena internetera konektatuta dagoen mundu baterantz abiatzen ari gara. Gaur egun baditugu internetara konektatzen diren smartphone, tablet, ordenagailu, telebista eta baita autoak ere, baina hori ez da ezer etorkizunean izango dugunarekin alderatuz. Gauzen Interneta askoz haratago doa, izan ere, 2020an 100 milioi objektu baino gehiago elkarren artean konektatuta egongo direla uste da (Coetzee eta Eksteen, 2011).

Internet eta interneten oinarritutako teknologiek enpresen produktibitatea eta lehiakortasuna handitzen dute merkatu globalean. Teknologia digitalen hedapenak eta erabilera eraginkorragoak herritarrei

bizi-kalitate hobea eta zerbitzu publikoen eta eduki kulturalen sarbide errazagoa ahalbidetuko dute. Hezkuntzan ere banda zabalaren abantailak anitzak dira: produktibitatea bera banda zabalari esker hazi daiteke, internet bidezko ikastaroak ikasgela tradizionaleko ikastaroak baino %50 merkeagoak izan daitezkeelako; bestalde, internet bidezko hezkuntzaren hedapenak urrutiko hezkuntza jasotzeko aukera ematen du. Hori guztia dela eta, ezinbestekotzat jotzen da herritar guztiek banda zabaleko interneterako sarbidea izatea.

Konexio azkarrak lortu ahal izateako, zuntz optikoak aukera erakargarria dirudi, izan ere, abiadura azkarra ziurtatzen du. Hala ere, zuntzak desabantaila nabarmenak ditu, kostu handia eta malgutasun mugatua besteak beste. Horregatik, puntuz puntuko mikrouhin loturek zuntz optikoa ordezkatzeko aukera interesgarria dirudite gastu operatibo eta kapital-gastuei dagokienez (Rezola *et al.*, 2014). 2020rako Europako Agenda Digitalaren helburuarekin bat etorriz, E3Network proiektu europarraren helburu nagusia segundoko 10 gigabiteko (Gb) konexioa lortzea da, horretarako beharrezkoa den 2GHz-ko banda zabalera duen seinalea erabiliaz. Proiektuan diseinatuko den igorgailu-hargailuak E-bandan operatuko du, hau da, 71-76 GHz eta 81-86 GHz arteko maiztasunetan. Espektroko maiztasun hauetan lan egiteak abiadura azkarrak lortzea ahalbidetzen du, horretarako beharrezkoa den banda zabalera eskaintzen duelako.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gaur egun E-bandan lan egiten duten sistemek gehienez ere segunduko 2.5 Gb-eko abiadura lor dezakete (Zhang eta Cui, 2014). Etorkizuneko komunikazio sistemek, ordea, datu tasa handiagoak behar dituzte eta lortu ahal izateko, banda zabala ez ezik, maila altua duten modulazioak ere erabili behar dira. Hori dela eta, E3Network proiektuan 64-QAM modulazioa erabiliko da. Banda zabaleko eta maila altuko modulazioa duten komunikazio sistemen disenuak bi erronka nagusi ditu: Alde batetik, sistema osatzen duten zirkuitu elektronikoen fabrikazioa eta bestetik, seinalearen prozesatze digitala (Zhu. *et al.*, 2013).

Elektronikari dagokionez, zirkuitu integratuen teknologia hobetzen joan den heinean, transistoreen luzera murrizten joan da. Ondorioz, zirkuitu hauen fabrikazioa konplexuago bilakatzen ari da eta fabrikaturiko zirkuitu batetik bestera aldakuntza nabarmenak egon ohi dira. Gainera, radio-frekuentzian (RF) lan egiten duten zirkuitu guztiak, beren eraikuntzan berezko diren fabrikatze akatsekin datoz. Akats hauek, kontuan hartu ezean, eragin kaltegarriak sor ditzakete, hala nola, espektroaren hedapena, zarata eta interferentzia. Efektu hauek transmititzen edo jasotzen den seinalearen ezaugarriak kaltetzen dituzte eta ondorioz, komunikazio sistemaren errendimendua eta abiadura mugatu (Witt, 2011)(Ye *et al.*, 2014).

Fabrikazio prozesuan ez ezik, seinalearen prozesatze digitalean ere 2GHz-ko banda duen seinale batekin lan egitea erronka handia da. Seinalearen banda hain zabala izateak, bihurgailu digital/analogikoen (D/A) eta analogiko/digitalen (A/D) lagin-tasa handia behar izatea suposatzen du eta horrek seinalearen prozesatze lana nabarmen zailtzen du. Gainera, maila altua duten modulazioak RF akatsekiko oso sentikorrak dira.

Ezarritako zehaztapenak bete ahal izateko eta sistemaren funtzionamendu egokia bermatzeko, beharrezkoa da elektronika analogikoari loturiko akatsak zuzentzea (Mehrpouyan *et al.*, 2014). Horretarako, konpentsazio digitala da azken urteotan erabiltzen hasi den teknika bat. Goiburu analogikoaren zehaztapenak eta tolerantziak egokitu beharrean, kasu askotan irtenbide eraginkorragoa da akatsak eremu digitalean konpentsatzea, seinalearen prozesatze digitalaren teknika eta algoritmoak erabiliz.

Artikulu honetan seinale digitala prozesatzeko teknika berriak azalduko dira, igorgailu eta hargailuetako goiburu analogikoan sortutako akatsen eraginak estimatu eta konpentsatzeko. Modulazio koadratikoetako osziladore lokaletan suertatzen den akats garrantzitsuenetako batean zentratzen da artikulua, I/Q desoreka deritzona. Modulatzaile edo demodulatzaile koadratiko ideal batean seinalearen erreplika edo irudiak guztiz gaitzesten dira. I/Q desoreka ageri denean ordea, erreplikak ez dira guztiz desagertzen eta ondorioz interferentzia sortzen da sisteman (Valkama *et al.*, 2001). Artikulu honetan interferentzia honek sistemaren errendimenduan nola eragiten duen aztertzeaz gain, arazo honi aurre egiteko teknikak proposatuko dira.

Etorkizuneko Gauzen Internetaren testuinguruan, non objektuak beraien artean konektatuta dauden, oso garrantzitsua da horien artean konexio ona egotea. Hori lortzeko aukera bat prestakuntza oso onak dituzten eta ondorioz garestiak diren osagai elektronikoak erabiltzea da. Gure ikerketa lanarekin proposatzen duguna aldiz, osagai arruntagoak erabiliz akatsak konpentsazio digitalaren bidez konpontzea

da.

# 3 Ikerketaren muina

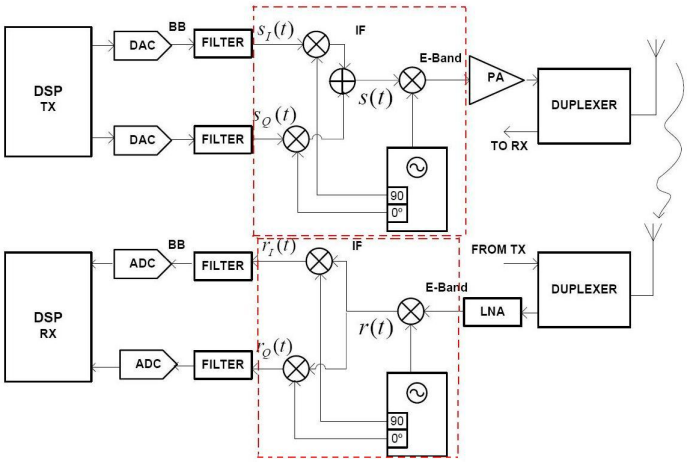
## 3.1 Igorgailu-hargailuaren arkitektura

Etorkizuneko komunikazio sareen eskariari aurre egiteko, E-bandan jarduten duen puntuz puntuko mikrouhin lotura kontsideratu da, 64-QAM modulazioa eta 2GHz-ko banda zabalera duena. 1 irudian proposaturiko igorgailu-hargailuaren (TRx) arkitektura ikus daiteke. Igorgailuaren (Tx) goiburu analogikoa honako atal hauetaz osaturik dago: I/Q modulatzaile bat, oinarri-bandako I eta Q seinaleak bitarteko maiztasun (IF) batera igotzen dituena; nahasgailu bat IF seinailea E-bandara igoko duena eta azkenik, potentzi anplifikadore bat (PA), E-bandako seinalea anplifikatzeaz arduratuko dena. Hargailuaren (Rx) lehen etapan anplifikadore batek (LNA) jasotako E-bandako seinailea anplifikatuko du. Ondoren, nahasgailu batek igorgailuko IF berera jaitsiko du seinalea eta azkenik, I/Q demodulatzaileak IF seinailea 0Hz-tara jaitsiko du.

Arkitektura honek D/A eta A/D bihurgailuen lagin-tasa minimizatzea ahalbidetzen du. Gaur egun, ia 3Gsps-eko (3 gigalagin segundoko) lagintze-tasa duten bihurgailu komertzialak aurki daitezke, nahikoak direnak zero-IF arkitektura erabiltzerako garaian. Beste arkitektura batzuk erabiliz gero, 4 Gsps baino lagintze-tasa handiagoa beharko litzateke, gaur egun eskuragarria ez dena.

Dena den, zero-IF arkitekturak ere baditu bere arazoak. Arkitektura honi RF-ko akatsek nabarmen eragiten diote eta kontuan hartu ezean, efektu kaltegarriak sor ditzakete eta ondorioz, komunikazio-sistemaren errendimendua eta abiadura mugatu (Mehrpouyan *et al.*, 2014). Goiburu analogikoen akats esanguratsuenetako bat I/Q desoreka da, ondorengo atalean xehetasunez azalduko dena.

1 Irudia: Igorgailu-hargailuaren arkitektura (Rezola *et al.*, 2014).




## 3.2 I/Q desorekaren azterketa

RF-ko modulazio koadratiko batean, oinarri bandako fase osagaia $s_I(t)$ oszilatore lokal (LO) batek sortutako seinalearekin nahasten da, 1 irudiko karratuan adierazten den bezala. Antzeko zerbait gertatzen da osagai koadratikoarekin $s_Q(t)$, LO-k sortutako seinale berberarekin biderkatzen dena, baina kasu honetan 90° desfasatua, 1 irudian ikusi daitekeen bezala. Oinarri bandan dagoen seinale bat LO-ren seinalearekin nahasteak, seinalearen frekuentzia translazioa dakar. Hau da, oinarri bandako seinailea

$$\tilde{s}(t) = s_I(t) + j s_Q(t) \tag{1}$$

bada, non $s_I(t)$ I adarreko osagaia den eta $s_Q(t)$ Q adarrekoa, modulatzaile ideal batek oinarri-bandako seinailea

$$l_{\text{tx}}(t) = e^{j\omega_{\text{tx}}t} = \cos(\omega_{\text{tx}}t) + j\sin(\omega_{\text{tx}}t) \tag{2}$$

seinalearekin biderkatuko luke, non $l_{\mathrm{tx}}(t)$ osziladore lokalak sortutako seinailea den. Irteeran ondorengo seinailea sortuko luke:

$$s(t) = \mathbb{R}\left[\tilde{s}(t) l_{\mathrm{tx}}(t)\right] = s_I(t)\cos(\omega_{\mathrm{tx}} t) - s_Q(t)\sin(\omega_{\mathrm{tx}} t). \tag{3}$$

I/Q modulatzailea benetako zirkuitu elektronikoekin inplementatzen denean ordea, I eta Q adarrak ez dira zehazki desio den anplitude eta desfasearekin guztiz egokituak izango. Efektu hau oinarri-bandako seinailea osziladore lokalak sortutako $\tilde{l}_{\mathrm{tx}}(t)$ seinalearekin biderkatzearen baliokidea da, non $\tilde{l}_{\mathrm{tx}}(t)$ ondorengo seinalea den:

$$\tilde{l}_{\mathrm{tx}}(t) = \cos(\omega_{\mathrm{tx}} t) + j g_{\mathrm{tx}} \sin(\omega_{\mathrm{tx}} t + \phi_{\mathrm{tx}}). \tag{4}$$

$g_{\mathrm{tx}}$ eta $phi_{\mathrm{tx}}$ parametroek igorgailuko I eta Q adarretako osziladore lokalen arteko anplitude eta fase aldakuntzak adierazten dituzte hurrenez hurren, kasu idealean $g_{\mathrm{tx}}$=1 eta $phi_{\mathrm{tx}}$=0°-ko balioak izango lituzketenak.

I/Q desoreka duen modulatzailearen irteeran, hortaz

$$s(t) = (s_I(t) - g_{\mathrm{tx}} \sin(\phi_{\mathrm{tx}}) s_Q(t)) \cos(\omega_{\mathrm{tx}} t) - s_Q(t) g_{\mathrm{tx}} \cos(\phi_{\mathrm{tx}}) \sin(\omega_{\mathrm{tx}} t) \tag{5}$$

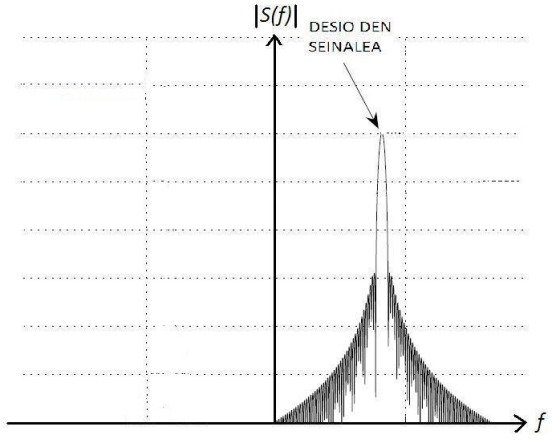
seinalea ageri da (Antilla, 2011).

2 eta 3 irudiek igorgailu irteerako $s(t)$ seinalea adierazten dute maiztasun eremuan. I/Q desorekarik egongo ez balitz, 2 irudiko kasua, espektroan desio den seinalea baino ez genuke ikusiko, erreplika I/Q desoreka edukitzearen ondorio baita. Sistemaren errendimendua neurtzen duen faktore bat IRR parametroa da, erreplikaren gaitzespen proportzioa neurtzen duena eta I/Q desoreka egon ezean, infinitu baliko lukeena. Akats hau ageri denean, ordea, IRR-ak ondorengo forma du igorgailuaren kasuan:

$$\mathrm{IRR}_{\mathrm{tx}} = \frac{1 + g_{\mathrm{tx}}^2 + 2 g_{\mathrm{tx}} \cos(\phi_{\mathrm{tx}})}{1 + g_{\mathrm{tx}}^2 - 2 g_{\mathrm{tx}} \cos(\phi_{\mathrm{tx}})}. \tag{6}$$

Demagun gure sistemaren igorgailuan 1.2 eta 3°-ko desoreka dugula. Kasu horretan, 20.5dB-ko IRR-a izango dugu, hau da, erreplikak desio den seinaleak baino 20.5dB potentzia gutxiago izango du. Aipatu beharra dago sistemaren errendimenduan kalte handiak sahiesteko, beharrezkoa dela gutxienez erreplikaren 35-40dB inguruko gaitzespena.

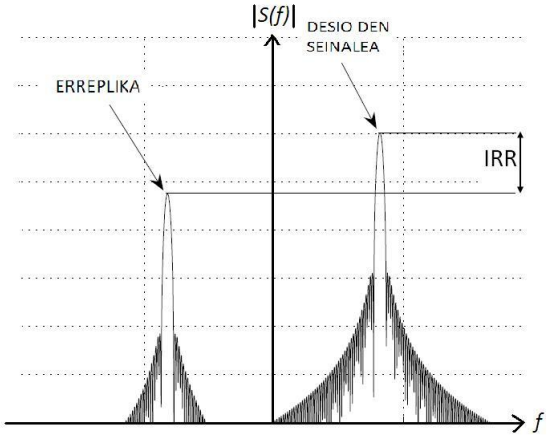
2 Irudia: $s(t)$ seinalearen espektroa I/Q desorekarik ez dagoenean




Hargailuaren kasuarentzat azterketa berdina egiten badugu, IRR faktoreak ondorengo balioa izango du:

$$\mathrm{IRR}_{\mathrm{rx}} = \frac{1 + g_{\mathrm{rx}}^2 + 2 g_{\mathrm{rx}} \cos(\phi_{\mathrm{rx}})}{1 + g_{\mathrm{rx}}^2 - 2 g_{\mathrm{rx}} \cos(\phi_{\mathrm{rx}})}. \tag{7}$$

3 Irudia: $s(t)$ seinalearen espektroa I/Q desoreka ageri denean




non $g_{\mathrm{rx}}$ eta $phi_{\mathrm{rx}}$ hargailuko I eta Q adarretako osziladore lokalen arteko anplitude eta fase aldakuntzak diren hurrenez hurren.

Aurreko analisian kontsideratu den I/Q desoreka osziladore lokalak sorturikoa dela suposatu da. Hala ere, I/Q desoreka I eta Q seinaleen arteko batazbesteko desoreka dela kontsidera daiteke, izan ere, ez da osziladore lokala desoreka hau eragiten duen bakarra.

### 3.3 I/Q desorekaren konpentsazioa

$\tilde{s}'(t) = s'_I(t) + js'_Q(t)$ ekuazioak I/Q desorekak eragindako igorgailuko oinarri-bandako seinaleren baliokidea adierazten du. (1) eta (3) ekuazioetatik abiatuz, ondorengo matrize ekuazioa erator daiteke, igorgailuko I/Q desorekaren eragina adierazten duena:

$$\begin{bmatrix} s'_I(t) \\ s'_Q(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -g_{tx}\sin(\phi_{tx}) \\ 0 & g_{tx}\cos(\phi_{tx}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_I(t) \\ s_Q(t) \end{bmatrix}. \tag{8}$$

(8) ekuazioko matrize karratuak alderantzizkoa badu, ($g_{tx} \neq 0$ eta $\phi_{tx} \neq \pm\pi/2$), I/Q konpentsazioa lor daiteke aurretik alderantzizko eragiketa egiten bada. Honela, I/Q modulatzailera aurretik distortsionatuta dagoen $\varsigma(t) = \varsigma_I(t) + j\varsigma_Q(t)$ seinalea sartuko da, ondorengo matrize ekuazioan adierazten den bezala:

$$\begin{bmatrix} \varsigma_I(t) \\ \varsigma_Q(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tan(\phi_{tx}) \\ 0 & 1/(g_{tx}\cos(\phi_{tx})) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_I(t) \\ s_Q(t) \end{bmatrix}, \tag{9}$$

Ondorioz, I/Q modulatzailearen irteeran seinale garbia edukiko dugu, hau da, I/Q desoreka egongo ez balitz lortuko genukeenaren berdina. Kontuan hartu beharrekoa da aurre distortsio hau egin ahal izateko beharrezkoa dela $g_{tx}$ eta $\phi_{tx}$ parametroen balioa ezagutzea (Jentschel, 2000).

Hargailuaren kasuan berdina egin genezake eta hargailuko I/Q konpentsazioaren ondoren seinale garbia lortuko genuke irteeran. Kasu honetan I/Q desorekaren eragina (10) matrize ekuazioan adierazten dena da

$$\begin{bmatrix} r_I(t) \\ r_Q(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -g_{rx}\sin(\phi_{rx}) & g_{rx}\cos(\phi_{rx}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_I(t) \\ z_Q(t) \end{bmatrix} \tag{10}$$

eta (11) ekuazioa aplikatuz gero, hargailuko I/Q konpentsazioa lortuko genuke.

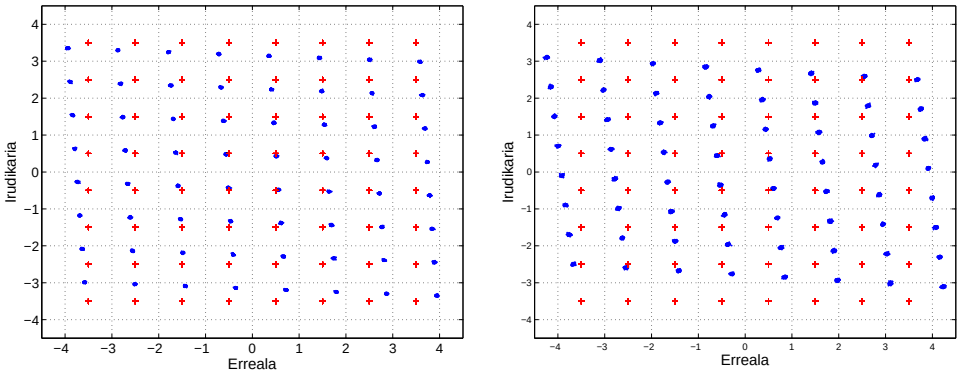
$$\begin{bmatrix} \alpha_I(t) \\ \alpha_Q(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \tan(\phi_{rx}) & 1/(g_{rx}\cos(\phi_{rx})) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z'_I(t) \\ z'_Q(t) \end{bmatrix}. \tag{11}$$

Hargailuan konpentsazioa seinalea I/Q demodulatzetik pasa ondoren egin behar da eta igorgailuan bezalaxe, beharrezkoa da $g_{rx}$ eta $\phi_{rx}$ parametroen balioak ezagutzea.

### 3.4 Simulazioen emaitzak

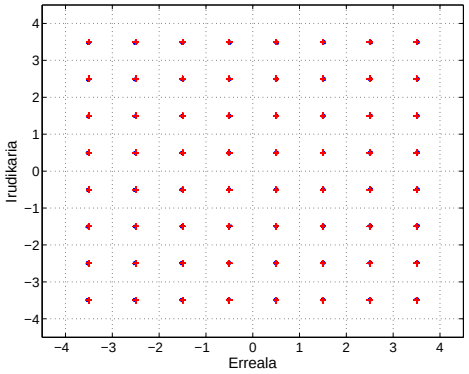
Atal honetan Matlab-en egin diren simulazioen emaitzak aurkeztuko dira. Horretarako, 1 irudiko igorgailu-hargailua simulatu da. 4 irudiak I/Q desorekaren efektua adierazten du zaratarik gabeko transmisioa kontsideratzen denean. Gurutzeek transmisio perfektuaren kasua adierazten dute, hau da, I/Q desorekarik ez dagoen kasua. Puntuek aldiz, I/Q desoreka igorgailu zein hargailuan duen sistemari dagozkie. 5(a) irudian 1 dB eta 3°-ko I/Q desoreka kontsideratu da igorgailu zein hargailuko anplitude eta faseetan hurrenez hurren eta 5(b) irudian 1.5 dB and 5°-ko desoreka. 5(c) irudiak aldiz, 5(b) irudiko zuzendutako kasua adierazten du, hau da, I/Q desorekaren konpentsazioa aplikatu zaiona. 3 konstelazioak aldaratuz gero, ikus daiteke batetik, I/Q desorekak eragindako kalteak ondorio larriak dakarkizkiola komunikazio sistemari, desoreka txikia bada ere; eta bestetik, I/Q desoreka konpentsatzeko teknika konstelazioko distortsioa ezabatzeko gai dela.

4 Irudia: I/Q desoreka konstelazioan




(a) 1dB eta 3 graduko I/Q desoreka

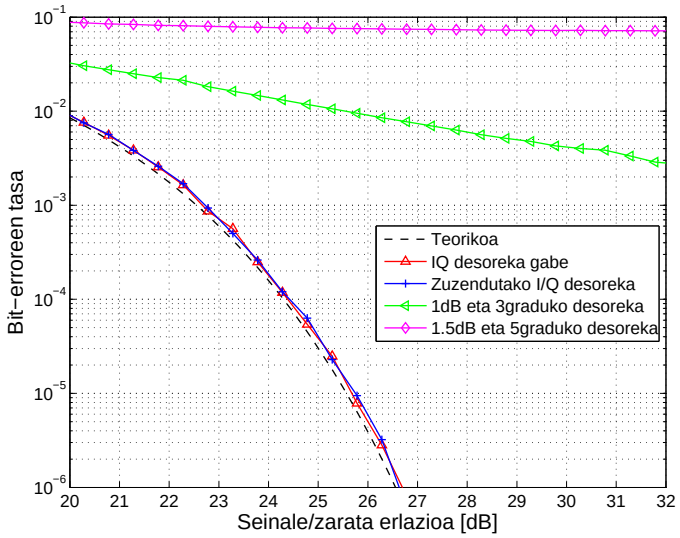
(b) 1.5dB eta 5 graduko I/Q desoreka




(c) Zuzendutako I/Q desoreka

5 irudiak I/Q desorekak igorgailu-hargailuaren errendimenduan duen inpaktua azaltzen du bit-erroreen tasen kurbetan. *'I/Q desoreka gabe'* izena duen kurbak sistemaren errendimendua kasu idealean, hau da, I/Q desorekarik ez dugunean, adierazten du eta ikus daiteke 64-QAM sistemaren kurba teorikoarekin ia bat datorrela. *'1dB eta 3°-ko I/Q desoreka'* izena duen kurbak aurretik azaldutako 5(a) irudiko kasua azaltzen du eta *'1.5dB eta 5°-ko I/Q desoreka'* kurbak 5(b) irudikoa. *'Zuzendutako I/Q desoreka'* kurbak aldiz, I/Q desoreka konpentsatuta dagoen kasua adierazten du, 5(c) irudiarekin bat datorrena. Ikusi daiteke, azken kurba hau ia I/Q desoreka gabeko kurbarekin bat datorrela eta, ondorioz, konpentsazio teknikak aplikatuz gero, sistemaren errendimenduan ez dagoela ia galerarik.

5 Irudia: Sistemaren errendimendua I/Q desoreka dagoenean.




## 4 Ondorioak

Artikulu honetan I/Q desorekaren azterketa egin da zero-IF arkitektura erabiltzen duten igorgailu-hargailuentzat. Simulazio emaitzetan ikusi denez, seinalearen prozesatzen digitalaren bitartez, I/Q desoreka konpentsa daiteke igorgailu zein hargailuetan. Konpentsazioaren ondoren sistemaren errendimendu orokorrean sortutako kalte-ordainak arbuiagarriak direla ere ikusi da.

Artikuluan azaldu den konpentsazio teknika aplikagarria da edozein komunikazio sistematan eta ez dago modulazio mota, uhin edo estandar bati lotua. Ondorioz, teknika hauek edozein aplikaziotako igorgailu-hargailuetan aplika daiteke, hala nola, sare mugikorrak, sentsore-sareak, mikrouhin loturak etab.

Ondorioz, etorkizuneko igorgailu-hargailuetan ikerketa lan honetan proposaturiko teknikak aplikatzen badira, osagai arrunt eta merkeagoak erabili ahal izango dira goiburu analogikoen disenuan eta ondorioz kostuak murriztu. Ikusi denez, konpentsazio teknikak aplikatu ondoren sistemaren errendimenduan hobekuntza nabarmenak lortzen dira.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Kontuan hartu beharrekoa da aurreko analisiaren arabera I/Q desorekak berdin eragiten diola maiztasun banda osoari, hau da, maiztasunarekiko independentea dela. Alabaina, sistemaren banda-zabalera handituz doan heinean, I/Q desorekaren maiztasunarekiko aldakuntzak kontuan hartu behar dira. 2GHz-ko seinalearekin jarduterako orduan, adibidez, maiztasunarekiko dependentea den I/Q desoreka ezinbestean kontsideratu beharreko efektua da (Witt, 2011).

Nahiz eta egungo egoeran askoz ere lan gehiego dauden maiztasunarekiko independentea den I/Q desorekari buruzkoak, planteamendu hori ez da nahikoa banda zabaleko seinaleen erabilera nagusitzen ari den heinean. Horregatik, artikulu honetan proposaturiko konpentsazio teknikak ez lirateke nahikoak izango 2GHz-ko seinalearentzat. Banda zabaleko sistema batean I eta Q adarretako D/A eta A/D bihurgailuek desberdintasunak eduki ditzakete, baita behe-paseko iragazkiek eta adarrek berak ere.

Bestetik, I/Q desorekaz gain, badira sistemaren errendimenduari eragiten dioten beste RF akats batzuk ere. Horien artean kontuan hartu beharrekoa da potentzi anplifikadorearen linealtasun falta. Maila altuko modulazioak oso sentikorrak dira PA-ren linealtasun faltarekiko. Hori dela eta, linealtasuna hobetzeko tekniken diseinua komenigarria litzateke, PA-ren zona ez hain lineal batean operatzeko eta horrela, energia eraginkortasun handiagoa lortzeko.

Hau guztia dela eta, etorkizunerako planteatzen den norabideetako bat bi motatako I/Q desorekak eta PA-ren linealtasuna kontuan hartuko dituen seinalearen prozesatze digitalaren bidezko konpentsazio tekniken diseinua da.

## Erreferentziak


Antilla, L., 2011. *Digital Front-End Processing with Widely-Linear Signal Models in Radio Devices*. Tampere University of Technology tesia.

Coetzee, L., eta J. Eksteen. 2011. The internet of things - promise for the future? an introduction. In *IST-Africa Conference Proceedings, 2011*, 1–9.

Jentschel, H.-J. 2000. Direct conversion receivers - expectations and experiences. In *RF Front End Architectures, IEEE MTT-S 2000, Boston, Workshop*.

Litjens, R., Yohan Toh, Haibin Zhang, eta O. Blume. 2014. Assessment of the energy efficiency enhancement of future mobile networks. In *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2014 IEEE*, 2336–2341.

Mehrpouyan, H., M.R. Khanzadi, M. Matthaiou, A.M. Sayeed, R. Schober, eta Yingbo Hua. 2014. Improving bandwidth efficiency in e-band communication systems. *Communications Magazine, IEEE* 52.121–128.

Rezola, A., J. F. Sevillano, M. Leyh, M. Lorenzo, R. Berenguer, A. Vargas, eta I. Vélez. 2014. Non-frequency-selective iq imbalance in zero-if transceivers for wide-band mmw links.

Valkama, M., M. Renfors, eta V. Koivunen. 2001. Advanced methods for I/Q imbalance compensation in communication receivers. *IEEE Transactions on Signal Processing* 49.2335–2344.

Witt, J.J. De, 2011. *Modelling, Estimation and Compensation of Imbalances in Quadrature Transceivers*. Stellenbosch University tesia.

Ye, Yu, Rui Tong, Xiaowei Sun, eta Jian Zhang. 2014. A linear differential iq modulator with lo chain for e-band wireless communication. In *Wireless Symposium (IWS), 2014 IEEE International*, 1–4.

Zhang, Jian, eta Hengrong Cui. 2014. E-band receiver and transmitter for high speed wireless communication. In *Communications and Information Technologies (ISCIT), 2014 14th International Symposium on*, 547–550.

Zhu., Zhiwen, H. Leung, eta Xinping Huang. 2013. Challenges in reconfigurable radio transceivers and application of nonlinear signal processing for rf impairment mitigation. *IEEE Circuits and Systems Magazine* 13.44–65.


## 6 Eskerrak eta oharrak

Artikulu hau Europako Erkidegoko VII. Esparru Programaren eta Eusko Jaurlaritzaren diru laguntzei esker eraman da aurrera, FP7-ICT-317957 eta PI2013-13 proiektuen barne, hurrenez hurren.

# Egituren egoeraren monitorizaziorako zuntz optikoan oinarritutako sentsore sinplifikatua

Iribas H., Sagues M., Mariñelarena J., Loayssa A.
*Nafarroako Unibertsitate Publikoa, Arrosadiako Kanpusa z/g, 31006 Iruñea*
*haritz.iribas@unavarra.es*

## *Laburpena*

Brillouin hedatuko denbora eremu optikoaren analisian (BOTDA) oinarritutako sentsoreak, estruktura handien (100 km luzerako estrukturak) deformazioa eta tenperatura neurtzeko gaitasuna dute. Lan honetan, BOTDA konfigurazio sinplifikatua aurkezten dugu. Erabilitako konfigurazioaren helburua sentsorearen prezioa murriztea da, detekzio prozesuan parte hartzen duten seinale optikoen sortze prozesua sinplifikatuz. Proposatutako teknika hau, iturri optiko bati irrati-maiztasun (IM) pultsu modulatu bat aplikatuz sortutako osagai espektralen iragazketa optiko pasiboan oinarritzen da. Laborategiko esperimentuek frogatzen dute tenperatura hedatuko neurriak 1,1 metroko erresoluzioarekin 5 km zuntz optikoan zehar.

Hitz gakoak: Zuntz optikoko sentsoreak, Brillouin hedatuko sentsoreak, Brillouin denbora eremu optikoaren analisia (BOTDA).

## *Abstract*

*Distributed Brillouin optical time domain analysis (BOTDA) sensors can provide high precision distributed measurements of the strain and temperature profile over extremely large structures (structures of 100 km). In this work, we present a simplified configuration for BOTDA sensors. The aim of this configuration is to reduce the cost of the sensor by simplifying the generation of the optical waves involved in the sensing process. The proposed technique is based on passive optical filtering of the spectral components generated in an RF-pulse-modulated optical source. Proof of concept experiments demonstrate distributed temperature measurement with 1.1 m resolution over a 5 km sensing fiber.*

*Keywords: Fiber optics sensors, Brillouin distributed sensors, Brillouin optical time domain analysis (BOTDA).*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Azken bi hamarkadetan, zuntz optikoan oinarrituriko sentsoreen artean Brillouin efektuan oinarritzen direnak interes handia sortu dute, tenperatura eta deformazioa monitorizatzeko duten gaitasuna dela-eta. Hauetatik, erabilitakoenen artean Brillouinen denbora eremua optikoaren analisiaren (BOTDA) teknika erabiltzen dutenak daude.

BOTDA sistema batean, neurtu nahi den zuntz optikoan kontrako norabidean hedatzen dira bi uhin, Brillouin hedatuko prozesua sortuz. Kontrako norabidean hedatzen diren uhin hauek, ponpaketa pultsu bat eta Stokes uhina, zuntz optikoaren Brillouinen desplazamendu-maiztasunaren (BFS) balioa duen maiztasun aldea izan behar dute. Modu honetan, Stokes uhina pultsuarekin elkar eragiten duen momentuan, zuntz optikoaren puntu horretako ezaugarriekin anplifikatua izango da Stokes uhina, eta baita uhin akustiko bat sortu ere. Bi uhin hauen arteko maiztasun aldea aldatuz gero, Brillouin espektroaren bestelako maiztasun bati dagokion anplifikazioa lortuko litzateke. Modu honetan, bi uhinetako baten maitasuna aldatzen joanez, zuntz optikoaren Brillouinen espektroa lortu egiten da. Anplifikazio honen eta Brillouinen espektroaren gehienezko desplazamenduaren balioek lotura dutelarik zuntz optikoaren puntu horretako tenperatura eta deformazioarekin.

BOTDA sentsoreak, luzera handiko estrukturen deformazio eta tenperatura profilaren zehaztapen handiko neurketak emateko gai dira. Honek, erakargarritasun handia duelarik zenbait industri sektoreetan, hala nola, olio eta gas hodien monitorizazioan, trenbidearen egoeraren azterketan eta bestelako estrukturen osasunaren monitorizazioa egiten duten aplikazioetan. Testuinguru honetan, hainbat ikerkuntza talde eta korporazio, BOTDA sentsoreen gaitasunak zabaltzeko lanetan dihardute.

Duten neurketa erresoluzioa hobetzen (Li, W. et al., 2008), luzera handiagoetarako neurketak lortzeko prestatzen (Angulo Vinuesa et al., 2012) edo neurketa egiteak daraman denbora murrizten (Urricelqui et al., 2012).

Bestalde, teknika honek beharrezkoak dituen uhin optiko ezberdinak sortzeko, BOTDA sistema gehienek garestiak diren osagaiak erabiltzen dituzte, hala nola, hainbat modulagailu elektrooptiko, mikrouhin sorgailu edo erdieroale anplifikadore optikoak. Honek, sentsore hauen erabilgarritasuna zenbait industri sektoreetara mugatzen du, zeinetan sentsorearen prezioa arazoa ez den. Hori dela eta, ikerkuntza lerro bat irekia dago sentsore hauen sinplifikazioa bilatzeko. Merkeagoak diren beste teknologiekin lehiatzeko, tenperatura neurtzeko erabiltzen diren Raman sentsoreak adibidez, ekonomikoki bideragarriak izango diren produktu komertzialak lortze aldera.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Bi dira nagusiki BOTDA sentsoreen inguruan gaur egun dauden ikerkuntza lerroak. Sentsoreen prestazioak hobetze aldera egiten direnak alde batetik eta sentsoreen teknikaren sinplifikazioa bilatzen dutenak bestetik.

BOTDA sentsoreen prestazioak hobetze aldera hainbat dira ikertzen ari diren alderdiak. Alde batetik, hainbat sistemek horrela behar dutelako, tenperatura eta deformazioa aldi berean neurtzen duten sistemak bilatze aldera egindako ikerketak daude. Modurik errazena bi zuntz optiko erabiltzea litzateke, nahiz eta honek zentzua bakarrik izan dezakeen estruktura laburretan (20 km baino txikiagoak), bestela sentsorearen prezioa asko handituko baitzen. Beste sistema batzuk modu-anitz akustikoak dituzten zuntz optikoak erabiltzean oinarritzen dira (Lee et al., 2001), edo errefringentzia bikoitzeko zuntz optikoa erabiltzean (Zou et al., 2009).

Erresoluzio espaziala hobetzeak hainbat ikerketa esfortzu bereganatu izan ditu azken garaian baita ere. Sistema ezberdinek ahalik eta neurketa tarte txikienak eskatzen dituzte, aldiz, BOTDA eskema konbentzionalekin metro bateko erresoluzioa lor liteke gehienez. Hau hobetzeko, iraupen akustikoaren limitearen inguruko erresoluzioak proposatu izan dira. Azken hau, uhin akustikoaren aurre-eszitazioak Brillouinen irabazi espektroaren (BGS) efektua gainditu dezakeenaren printzipioan oinarritzean delarik (Bao et al., 1999). Uhin akustikoaren aurre-eszitazioa hobetzeko azalpen fisiko baten garapenak, BOTDA eskema optimizatuagoa ekarri du, intentsitate pultsu optikoak erabili beharrean fase optikoaren desplazamenduaren erabilera eginik (Foaleng et al., 2010).

BOTDA sistemaren sinplifikazioa eta hortaz beren prezioaren merkatzea bilatze aldera, hainbat dira aurkitzen ahal diren ekarpenak. Brillouinen oinarritutako zuntz optikozko laserrak erabiliz ponpaketa bidez Stokes uhina lortzea (Lecoudeche et al., 1998), DFB laser merkeak erabiliz injekzio-blokeo bidez ponpaketa pultsua zein Stokes uhina sortzen dituzten eskemak erabiltzea (Thévenaz et al., 2004), offset blokeoaren erabilera (Li, Y. et al., 2008) edo laser baten zuzeneko modulazioaren bidez sortutako ponpa-zundaren denbora zatiketa (Song et al., 2010).

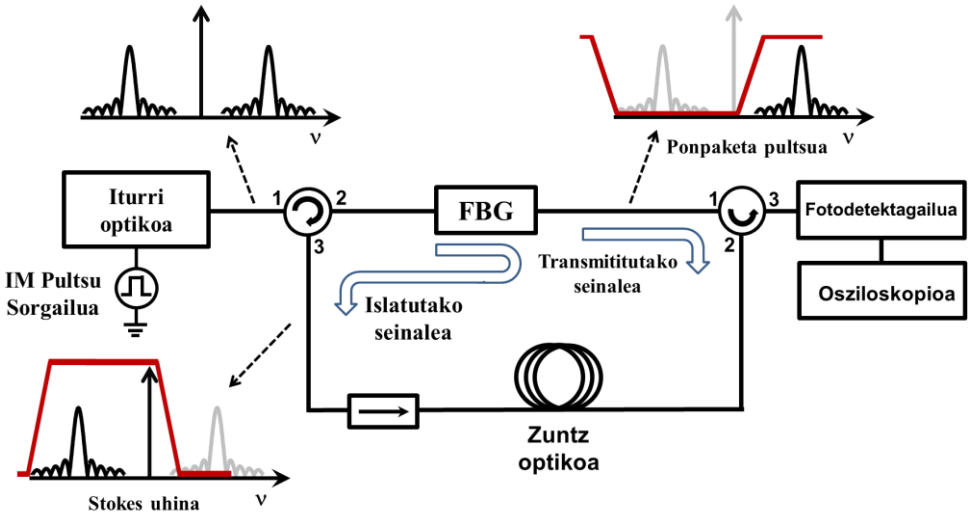
Lan honetan, sinplifikatuagoa den eta hortaz prezio murriztuagoa duen BOTDA sentsore eskema alternatibo bat aurkeztuko dugu, sisteman beharrezkoak diren uhin optiko guztiak iturri optiko berdinarekin sortuz. Horretarako, pultsatuta dagoen modulaturiko alboko banda baten osagai espektralaren iragazketa optiko pasibo egingo delarik.

## 3. Ikerketaren muina

Proposatutako sentsorearen oinarri teorikoa 1. irudian aurkezten da. Lehenengo urratsa seinale jarraituaz eta pultsatutako bi banda modulatuez osatutako seinale optikoa sortzea izango da, zeina iturri optikoan zuzenean sortua izango den. Modu honetan, Stokes uhina zein pultsatutako ponpaketa uhina, modulaturiko seinalean sortuak izango dira: maiztasun eramailea Stokes uhina izango da eta pultsatutako bandetako bat ponpaketa uhina izango delarik. Hori lortu ahal izateko, jatorrizko seinaleari iragazketa pasibo sinplea aplikatuz lortuko da, behean azalduko den moduan. IM-pultsaturiko banda bikoitzeko seinale optikoa, zirkuladore baten bidez konfigurazioaren goiko bidetik

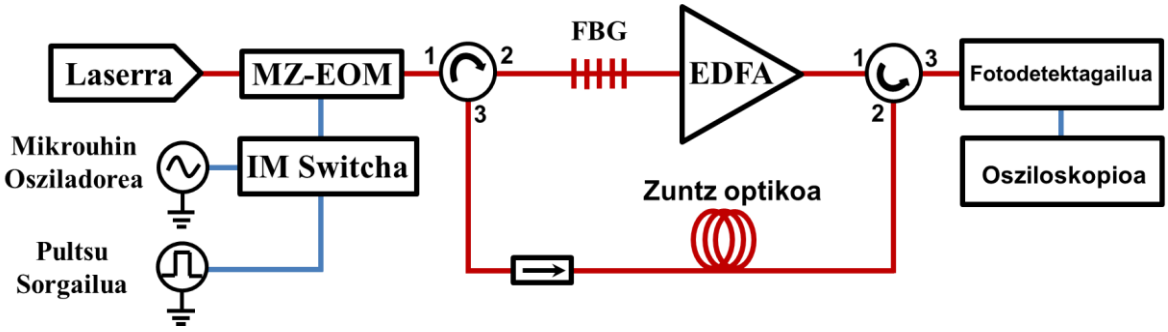
bideratua izango da. Bertan, seinaleak transmisio moduan jarria dagoen FBG batekin topo egingo du, zeina sintonizatua egongo den modulatutako seinalearen pultsatutako goiko banda pasatzen uzteko moduan. Ondorioz, bai beste banda zein eramailea islatuak izango dira zirkuladorera itzuliz, zeinak zuntz optikora bideratuko dituen. Aldi berean, beste zirkuladore baten bidez, goiko bidetik transmititzen ari den pultsatutako banda zuntz optikoaren beste aldetik sartu egingo da. Modu honetan, Brillouin elkarrekintza suertatzeko beharrezkoak diren norabide kontrako bi seinaleak zuntz optikoan transmitituak izango direlarik. Modulazio maiztasuna aukeratua izango da zuntz optikoaren Brillouin desplazamendu-maiztasunetik gertu egon dadin, pultsuak seinale garraiatzaile optikoan Brillouin anplifikazioa sor dezan. Honen ostean, ondoriozko Stokes uhina fotodetektagailu baten bidez jasoa izango da eta lortutako seinale elektrikoa osziloskopio baten bidez jasoa izango da. Bukatzeko, neurketa hau hainbatetan errepikatua izango da modulazio maiztasuna saltoka aldatuz, zuntz optikoaren Brillouinen irabazi espektroa eraikiz.

**1. irudia. Proposatutako BOTDA sentsorearen eskema teorikoa**




Azaldutako teknikaren aukerak aztertu ahal izateko, 2. irudian aurkezten den eskema esperimentala muntatu egin zen. Integratutako elektro-absortzio modulagailua (EAM) duen DFB laserrik laborategian ez zegoenez, IM-pultsatutako modulazio optikoa sortzeko, kanpo modulagailu baten bidez egin zen. Zehazki, 1559.6 nm-ko laser bat Mach-Zehnder modulagailu elektrooptikoarekin (MZ-EOM) modulatua izan zen pultsatutako mikrouhin baten bidez. Hau, mikrouhin sorgailu baten irteeran, pultsu sorgailu bat eta mikrouhin switch bat jarriz lortuz. Bide honetan, pultsatutako IM seinalearen itxura zuzenean igarotzen delarik eremu optikora modulagailuaren bidez. Gainera, gaur egun, mikrouhin switchak gai dira erantzun azkarreko eta isolamendu handiko erantzunak emateko (ns 1 baino gutxiagokoak). Modu honetan, merkeak eta azkarrak diren pultsu optikoak lortzen ahal direlarik (Zornoza et al., 2010).

**2. irudia. BOTDA sentsorearen eskema esperimentala**

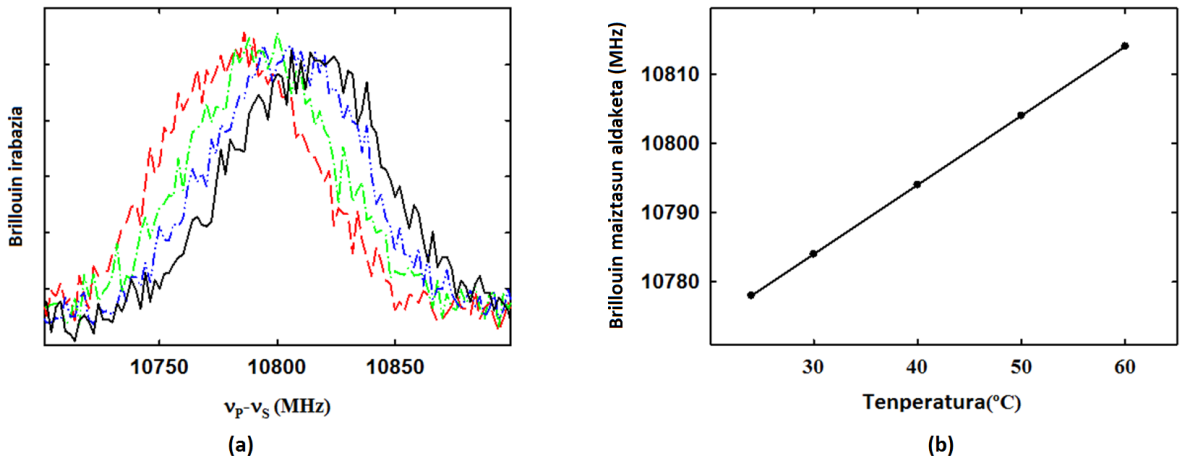


Lortutako seinale modulatua eskemaren goiko bidetik bideratua izango da, non banda estuko FBG baten bidez iragazia izango den. Irabazian lan egiten duen BOTDA sentsorea lortu ahal izateko, FBGa sintonizatua izango da pultsatutako modulazioaren goiko banda pasatzen uzteko eta aldiz seinalearen beste banda eta Stokes uhinak islatuak izango dira. Galeran lan egiten duen BOTDA sistema ere sortzen ahalko litzateke, horretarako FBGa modulazioaren azpiko banda pasatzen uzteko moduan sintonizatzearekin. Horren ostean, pultsatutako uhina anplifikatua izango da EDFA bat erabiliz, estimulatutako Brillouin dispertsioaren (SBS) efektua zuntz optikoan agertzen den mailara arte. Pultsatutako ponpaketa azterketarako erabiliko den zuntz optikora iritsi aurretik, polarizazio scrambler baten bidez ausazko balioa ematen zaio, polarizazio aldaketak sor ditzakeen seinalearen gorabeherak ekidin aldera. Bukatzeko, Stokes uhina 125 MHz-ko fotodetektagailu baten bidez detektatuta izango da.

Sistemaren funtzionamendua aztertze aldera, tenperatura neurketak egin ziren modu bakarreko 5 km-ko zuntz optiko estandar batean. Pultsuaren luzera 11 ns-tan ezarri zen, zeinak gutxi gora behera 1,1 m-ko erresoluzioarekin bat egiten duen, eta 1024 batezbesteko egin ziren osziloskopioan. Zuntz optikoaren azken 20 m-ak ganbera klimatiko batean sartu ziren, beste guztia gelako tenperaturan mantendu zen bitartean. Modulazio maiztasuna 2 MHz-ko saltoekin ezarria izan zen.

Ganbera klimatikoaren tenperatura aldatzen joan zen teknikaren tenperatura neurketen zehaztasuna aztertu ahal izateko. Berotutako zuntz optikoaren zatian lortutako espektroak, 3. irudiaren (a) atalean ikusi ahal dira. Ikus daitekeen moduan, neurtutako espektroek tenperaturak gora egin ahala maiztasun aldaketa dutelarik. Horretaz gain, neurtutako anplitude espektroen BFSa lortze aldera, Lorentziano-Gaussiano profil baten bidezko doikuntza matematikoa egin zen. Hau, 3. irudiaren (b) atalean azaltzen da, non ikus daitekeen moduan, BFS bidez lortutako erregresio linealak argiki erlazio lineala aurkezten duen tenperaturarekin. Gainera, zehaztasun handia dago ganbera klimatikoan emandako tenperatura aldaketen (10 ºC-ko aldaketak) eta neurtutako espektroen maiztasun aldaketaren artean.

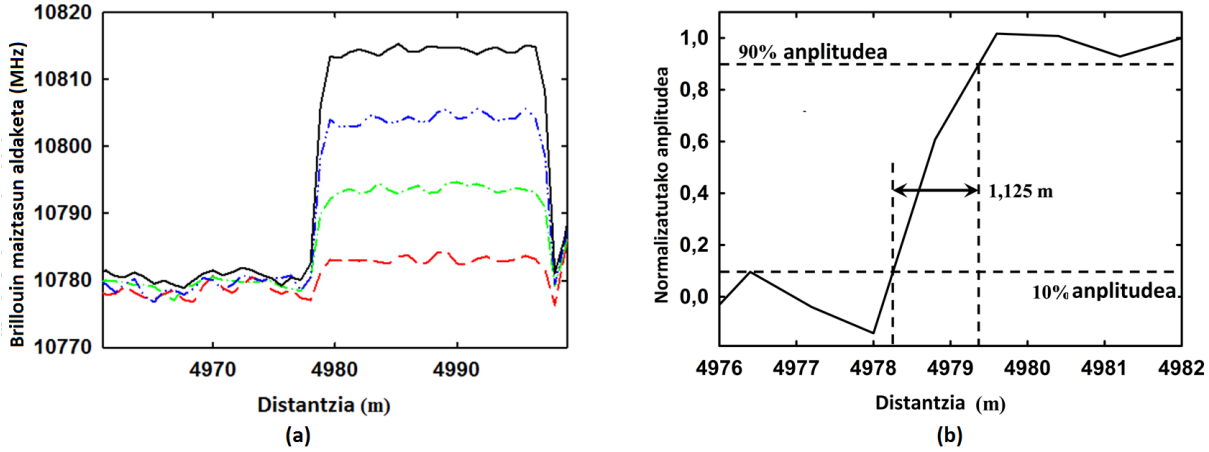
**3. irudia. (a) Berotutako zuntz optikoaren puntu batean lortutako espektroak, 10 ºC-ko tenperatura saltoekin. (b) Neurtutako maiztasunen eta tenperaturaren arteko erlazioa**




Bukatzeko, sentsorearen baliabideak aztertu ziren hedatutako neurketentzako. 4. irudiko (a) atalean, zuntz optikaren azken zatian tenperatura aldaketak ematen direnean neurtutako Brillouin maiztasunaren aldaketak neurtzen dira. Berotutako 20 m-ko zuntz optikoaren zatia argi ikusi daiteke eta baita ematen den bat-bateko aldaketa berotutako zatiaren eta bestelako zuntz optikoaren artean. Tenperatura ezberdinean aurkitzen diren zuntz optikoko alboko bi zatiren arteko igoera denbora neurtuz, 1,125 m-ko erresoluzioa duen sistema bat dela konfirmatua geratu zen. Azken hau, 4. irudiaren (b) atalean erakusten da, non kalkulatzen den berotutako zuntzaren eta berotu gabekoaren arteko igoera denbora metroetan.

Bestalde, osziloskopioan jasotako BOTDA seinaleak, Stokes uhinarekin batera doan modulatutako azpiko bandaren eragina jasoko du. Zehazki, pultsatutako seinale honek zuntz optikoaren erdiko zatian egiten diren neurketen baloreak baliogabetuko ditu. Edonola ere, sistemaren muga hau hainbat moduz konpondu daiteke. Modurik errazena, hau gertatuko dela aldez aurretik jakinik, monitorizatuko den estrukturan jarriko den zuntz optikoaren neurketen balioak galduko diren zatian zuntz optiko zati gehigarri bat jartzea litzateke. Beste aukera bat, isolagailuaren aurretik zuntz optikoa jartzea litzateke eskemaren beheko aldean, zeinak Stokes uhinaren atzerapena sortuko duen, eta horrela pultsu hau BOTDA seinale osoa fotodetektagailuan detektatu ostean iritsiko litzatekeelarik. Arazo honentzako beste irtenbide bat banda bakarreko modulagailu optikoa erabiltzea litzateke, banda bikoitzekoa erabili beharrean.

**4. irudia. (a) Berotutako zuntz optiko zatian neurtutako maiztasun aldaketak, 10 ºC-ko tenperatura saltoekin. (b) Sistemaren erresoluzioa**




## 4. Ondorioak

Brillouin hedatuko sentsoreetarako konfigurazio sinplifikatua proposatu eta frogatu egin da. Sentsorea, IM pultsu bidez modulatutako seinale baten osagai espektralen iragazketa optiko pasibo batean oinarritu egiten da. Honek, sentsorea osatzeko beharrezkoak diren osagaien kantitatea eta prezioa murriztu egiten ditu, bukaera prezioa merkatuz. Teknika honen gaitasuna frogatua izan da 5 km-ko zuntz optiko batean zehar zehaztasun eta erresoluzio handiarekin egindako tenperatura neurketen bidez. BOTDA sentsoreek gaur egun sarbidea ez duten aplikazio eta industrietan aurkitu ahal izateko, beren errendimendua hobetzeko ikerkuntzaz gain, konfigurazioa sinplifikatu beharko litzateke.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Aurkeztutako lanean egin bezala, hurrengo urratsak BOTDA sentsoreen sinplifikazioa bilatuko duten eta hortaz prezioa murriztuko duten bidean joango dira. Horrela, BOTDA sentsoreek gaur egun sarbidea ez duten eremu eta aplikazio industrialetara iritsi ahal izateko. Lehenengo urratsa, sistema hau bera distantzia handiagoetan neurtzea izango da, sistemaren ahalmenak egokiago neurtu ahal izateko. Hori eginda, hurrengo urratsa Mach-Zehnder modulagailu elektrooptikoa laser bat modulatzeko erabili beharrean, BOTDA sistema hau integratutako EAM modulagailua duen DFB laser batekin gauzatzea litzateke, zeinak kontuan hartzeko prezioaren merkatzea ekarriko duen.

## 6. Erreferentziak

Angulo Vinuesa, X. Martin, S. Corredera, P. eta Gonzalez Herraez, M. (2012), "Raman assisted Brillouin optical time domain analysis with sub meter resolution over 100 km", *Optics Express*, 20, 12147-12154.

Bao, X. Brown, A. DeMerchant, M. eta Smith, J. (1999), “Characterization of the Brillouin-loss spectrum of single-mode fibers by use of very short (10-ns) pulses”, *Optics Letters*, 24, 510–512.

Foaleng, S. M. Tur, M. Beugnot, J. C. eta Thévenaz, L. (2010), “High spatial and spectral resolution long-range sensing using Brillouin echoes”, *Journal of Lightwave Technology*, 28, 2993–3003.

Lecoeuche, V. Webb, D. J. Pannell, C. N. eta Jackson, D. A. (1998), “Brillouin based distributed fibre sensor incorporating a mode-locked Brillouin fibre ring laser”, *Optics Communications*, 152, 263–8.

Lee, C. Chiang, P. W. eta Chi, S. (2001), “Utilization of a dispersion-shifted fiber for simultaneous measurement of distributed strain and temperature through Brillouin frequency shift”, *IEEE Photonics Technology Letters*, 13, 1094–1096.

Li, W. Bao, X. Li, Y. eta Chen, L. (2008), "Differential pulse-width pair BOTDA for high spatial resolution sensing", *Optics Express*, 16, 21616–21625.

Li, Y. Bao, X. Ravet, F. eta Ponomarev, E. (2008), “Distributed Brillouin sensor system based on offset locking of two distributed feedback lasers”, *Applied Optics*., 47, 99–102.

Song, K. eta Yang, S. (2010), “Simplified Brillouin optical time-domain sensor based on direct modulation of a laser diode”, *Optics Express*, 18, 24012-24018.

Thévenaz, L. Le Floch, S. Alasia, D. eta Troger, J. (2004) “ Novel schemes for optical signal generation using laser injection locking with application to Brillouin sensing”, *Measurement Science and Technology*, 15, 1519–24.

Urricelqui, J. Zornoza, A. Sagues, M. eta Loayssa, A. (2012), “Dynamic BOTDA measurements based on Brillouin phase-shift and RF demodulation”, *Optics Express*, 20, 26942-26949.

Zornoza, A. Olier, D. Sagues, M. eta Loayssa, A. (2010), “Brillouin distributed sensor using RF shaping of pump pulses”, *Measurement Science and Technology*, 21, 094021.

Zou, W. He, Z. eta Hotate, K. (2009), “Complete discrimination of strain and temperature using Brillouin frequency shift and birefringence in a polarization-maintaining fiber”, *Optics Express*, 17, 1248–1255.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan honen egileek eskerrak eman nahi dizkiete Espainiako Zientzia eta Berrikuntza Ministerioari (TEC2010-20224-C02-01 proiektuaren bitartez) zein Nafarroako Unibertsitate Publikoari emandako laguntza ekonomikoengatik.

# Ingurune konplexuen azterketa dosimetrikoa 3D Ray Launching Simulazio metodoaren bidez eta giza gorputzaren eredua erabiliz.

Aguirre E., Lopez-Iturri P., Azpilicueta L., Falcone F.
*Ingeniaritza Elektriko eta Elektronikako departamentua, Nafarroako Unibertsitate Publikoa*
*aguirregik@gmail.com*

***Laburpena***

Lan honetan, Nafarroako Unibertsitate Publikoan garatutako 3D Ray Launching simulazio teknika ikerketa dosimetrikoak egiteko tresna bezala aurkezten da, giza gorputz eredu bat garatuz honekin bateragarri izateko. Simulazioen bidez lortutako eremu elektrikoak neurketekin eta ICNIRP bezalako taldeek egindako gomendioekin alderatzen dira, hainbat komunikazio sistemek sortutako uhin elektromagnetikoek gomendioak gainditzen dituzten jakiteko helburuarekin. Lortutako emaitzen arabera, teknika honen eta giza gorputzaren baliagarritasuna frogatzen da.

Hitz gakoak: Dosimetria, 3D Ray Launching, Giza Gorputza eredua, SAR, ICNIRP, Eremu elektrikoa

***Abstract***

*In this work, a 3D Ray Launching simulation technique developed by the Public University of Navarre is presented as a tool for dosimetric researches and a simplified human body model is developed compatible with this code. Electric field information obtained from the presented simulations are compared with measurements and ICNIRP guidelines to study the compliance with the standards of the electromagnetic waves produced by communication systems. The necessity of simulation techniques in this area is demonstrated through the results of this study.*

*Keywords: Dosimetry, 3D Ray Launching, Human body Model, SAR, ICNIRP, Electric Field*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Egungo gizartean haririk gabeko komunikazioen beharra nabarmena da edozein arlotan, bai aisialdian, lanean edota larrialdietan. Hori dela eta, azken urteetan hainbat sistema garatu dira edozein lekutan konektatzeko aukera ematen digutenak. Hogei urte baina gehiago pasa dira lehenengo sakelako telefonoak saltzen hasi zirenetik eta bide horretan beste sistema berri batzuek argia ikusi dute, Wi-Fi, Bluetooth edota LTE besteak beste.

Haririk gabeko komunikazio sistema hauen guztien oinarriak uhin elektromagnetiko ez-ionizatzaileetan daude eta ondorioz, gaur egun inoiz baino gehiago gaude uhin hauetaz inguratuta. Horretaz gain, garapen teknologiko berriei esker, non aldiro sistema edo aplikazio berriak ikusten diren, uhinen eragin handiagoa jasateko joera espero dugu.

Horren ondorioz, kezka orokor bat sortu da uhinek gure gorputzean duten eraginaren inguruan, eta hainbat ikerketa eta lege argitaratu dira kezka horri erantzuteko. Lan honetan ikerketa dosimetriko bat burutzen da 3D Ray Launching simulazio teknika erabilita. Simulazio tresna honi esker edozein ingurune konplexu kontuan hartu eta bertan uhin elektromagnetikoen portaera nolakoa den iker daiteke, ondoren datu hauek gomendio eta araudiekin alderatuz segurtasun eremuen barruen dauden jakiteko.

Hainbat ingurune kontuan hartzen dira eta simulazioak neurketa errealekin konparatzen dira, eta horretaz gain, metodo honetarako espresuki garatu dugun giza gorputz eredu bat erabiltzen da. Eredu honen bidez zer nolako eragina duten pertsonak uhinen hedapenean eta uhin hauek noraino barneratzen ahal diren iker daiteke.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Dosimetriak ingurunean barna banatutako eremu elektromagnetiko eta ehun biologikoen barnean eragindako eremuen artean dagoen harremana adierazten du. Eremu hauek neurtzea eta mugatzea beharrezko da pertsonak esposiziopean gehiegi ez egoteko.

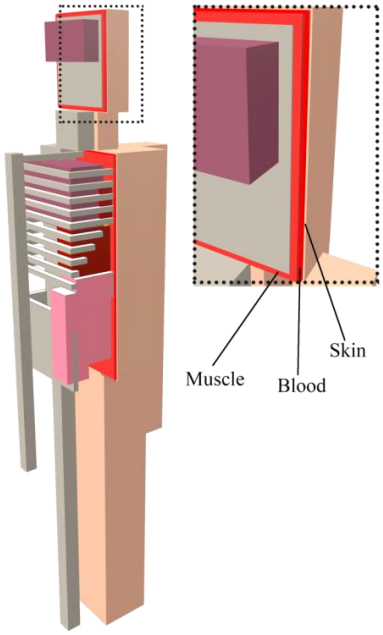
Talde bat nabarmentzen da gai honetan, ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), uhin ez-ionizatzaileei buruzko gomendioak ematen berezitua eta Osasunaren Mundu Erakundearen (OME) onarpena duena. Hain zuzen ere Europako herrialde gehienek gomendio hauetan oinarritzen dute gehienezko esposizioari buruzko araudia. Hala ere beste talde batzuek ere gomendioak sortzen dituzte, adibidez IEEE c95.1 taldeak sortutako gomendioak Estatu Batuetan eta Kanadan aplikatzen dituzte.

ICNIRP taldea dioenez ikerketa ezberdinetan oinarrituta, uhin ez-ionizatzaileen gaitasun bakarra ehunen gainean, hauetan beroa sortzekoa da eta beraz muga desberdinak jartzen dituzte esposizioetan uhinaren frekuentziaren arabera (ICNIRP, 1998). Lan honetan kontuan hartzen diren bi adierazle nagusiak erabiltzen dira ikerketa dosimetrikoa egiterakoan, eremu elektrikoa eta SAR (Specific Absorption Rate), azkenengo honek ehunak xurgatutako energia masa unitate bakoitzeko definitzen du.

Beste aldetik, simulazio tresnek baliagarritasun handi bat erakutsi dute arlo ezberdinetan, eta kalkulu elektromagnetikoan ere lagungarriak dirudite plangintza-radioelektrikoan, interferentzien kalkuluan edota kalkulu dosimetrikoan. Simulazio metodoen artean bi talde bereizten dira, deterministak eta enpirikoak. Simulazio tresna enpirikoek ez dute zehaztasun handirik erakusten ez baitituzte lekuen berezitasunak kontuan hartzen, baina hauen prozesatze denbora txikia da (Lopez, 2012).

Metodo deterministak ordea, simulatutako eszenarioan dauden objektu guztien ezaugarri dielektrikoak kontuan hartzeko gai dira, eta beraz, zehatzak dira baina denbora gehiago behar dute datuak prozesatzeko. Metodo hauen artean zehatzenak uhin betekoak dira (FDTD,MoM), non Maxwellen ekuazioak zuzenean ebazten diren prozesatze denbora oso luzeak erabiliz (Wang 2013), baina zehaztasun eta prozesatze denboren arteko konpromisoa 3D Ray Launching metodoekin lortzen da, optika geometrikoko tekniken bidez eta eszenario handiak erabiltzeko aukera lortuz.

**1. irudia. Garatutako giza gorputz eredua, hau osatzen duten ehun guztiekin.**



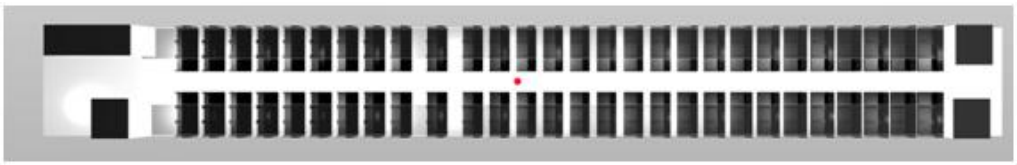
Lan honetan erabilitako simulatzailea osoki Nafarroako Unibertsitate Publikoan garatua izan da. Honen zehaztasuna nahiko frogatua dago lehenago egindako argitalpen ezberdinetan, non edonolako eszenarioetan erabili diren, laborategiak (Azpilicueta, 2014), kotxeak (Lopez, 2014) edo hegazkinetan (Aguirre, 2013a) besteak beste.

Horretaz gain, kode honekin erabilgarri den pertsona eredu bat garatu da giza gorputzaren ezaugarriak aintzat hartuz, bai haren proportzioak eta bai parte guztien ezaugarri dielektrikoak(Sanchez, 2009) kontuan hartuz (1.Irudia). Eredu hau aukeratzerakoan dagoeneko bibliografian dauden beste eredu batzuk ikertu dira eta erresoluzioaren araberako sailkapen bat egin daitekeela ondorioztatu da. Alde batetik erresoluzio gutxiko ereduek oinarrizko forma geometrikok erabiltzen dituzte (Ruan, 2009) eta beste aldetik erresoluzio handiko ereduak, morfologikoki pertsona bat bezalakoak dira. Erabileraren arabera erresoluzio bat edo beste erabili behar da, erresoluzio handiek prozesatze denbora luzeagoak behar baitituzte. Lan honetan erdigunea bilatzen da giza gorputz laukizuzen bat sortuz baina pertsonen morfologia ahal den heinean errespetatuz.

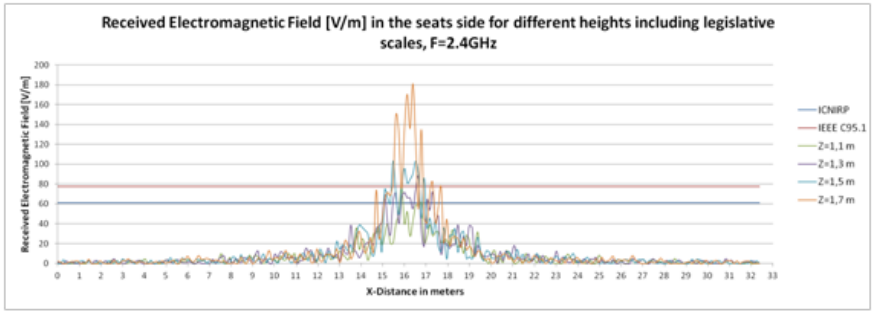
## 3. Ikerketaren muina

Ikerketa dosimetrikoa egiterakoan errealitatean aurkitzen ahal diren eszenario konplexuak aukeratu dira. Lehenengo bi eszenarioak ibilgailuak dira, alde batetik kotxe bat eta beste aldetik hegazkin bat erabili dira. Bi leku hauek aukeratu dira prestonen proportzioa handia izan daitekeelako hauen barruan eta komunikazio sistema ezberdinak aurkitzen ahal direlako. Gainera metalez inguratuak daudenez uhina gehiago islatuko da ibilgailuaren paretetan eta beraz, energia gehiago aurkituko dugu hauen barruan.

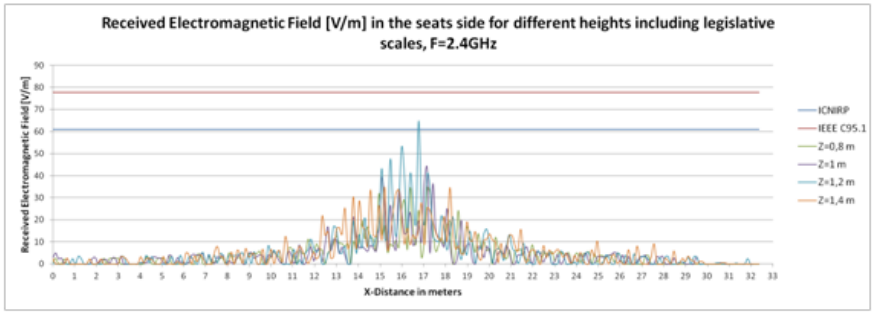
**2. irudia. Airbus A320 hegazkinaren goitik ikusitako planoa erdian antena bar jarrita (puntu gorria)**



**3. irudia. Hegazkinaren luzeran banatutako eremu elektrikoa korridorearen alderdian (a) eta eserlekuetan zehar (b) altura ezberdinetan.**



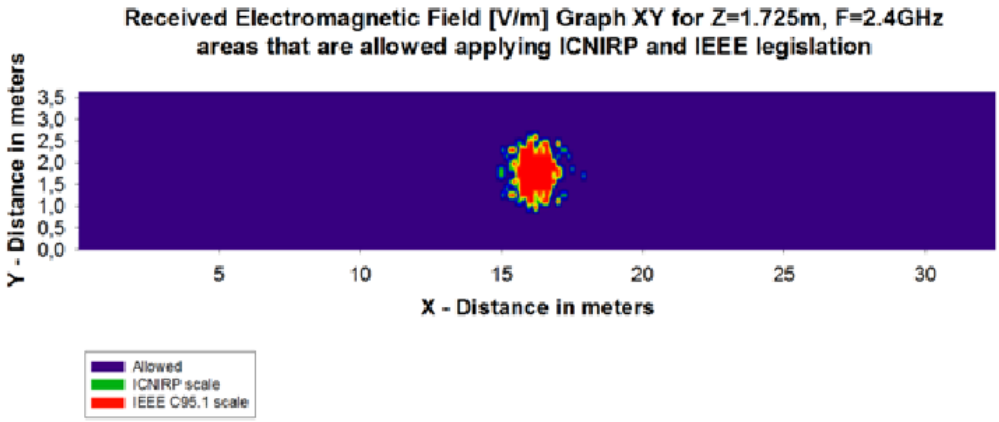

(a)




(b)

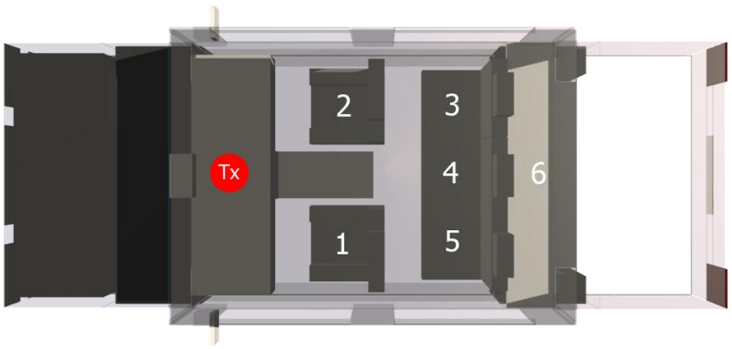
3. irudiko erradialetan alderdiaren eragina nabaria da, eremu elektrikoaren balioa handiagoa izanda korridorean eserlekuetan baino, hauek uhin elektromagnetikoak xurgatze ahalmen handia duten ezkero. Beste aldetik, espero bezala antena ondoan eremua handiago lortzen da eta distantziarekin txikitzen doa, erdialdean gomendioek jarritako eremua gaindituz. Honek erran nahi du potentzia gutxiagorekin igorri beharko litzakeela eta gehiago antena jarri beharko zirela eremu elektrikoa uniformeago izateko eta mugak ez gainditzeko. 4.Irudian eremu elektrikoak non mugak gainditzen dituen ikus daiteke hegazkin osoan zehar lortzen den eremuaren plano horizontal bat marrazten denez.

**4.irudia. Hegazkinaren azalera osoan eremu elektrikoak gomendioek jarritako mugak gainditzen dituen lekuak.**



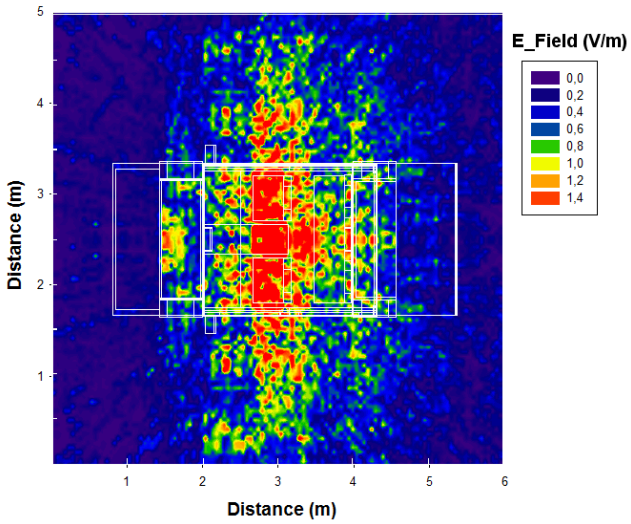

Bigarren eszenariorako kotxe bat erabili (5.irudia) da, bertan ZigBee sistema bat eta telefono mugikor bat lan egiten hari direla (Aguirre, 2014a). Kasu honetan antena aginte-mahaian jarri da eta kotxe barruko sei puntutan neurtu da hauetara ailegatzen den eremu elektrikoaren maila. Simulazio tresna ondo dabilen frogatzeko kotxea simulatu eta neurketekin alderatu dira emaitzak.

**5.irudia. Kotxearen goiko bista, non antenaren posizioa (puntu gorria) eta 6 neurketa puntuak ikus daitezkeen**



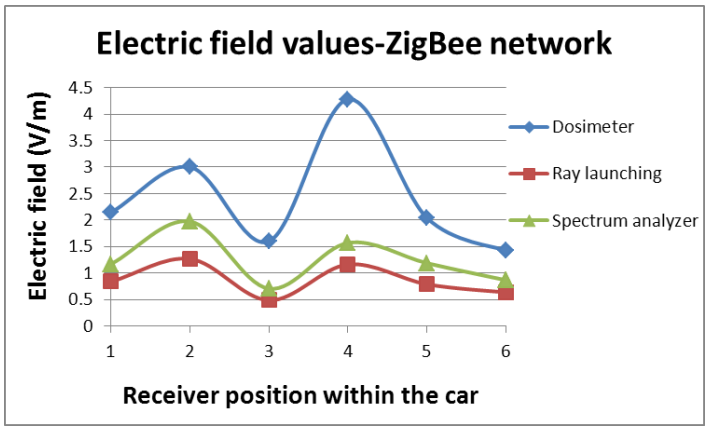

Hurrengo irudiak nola eremu elektrikoa banatzen den eszenarioan zehar argitzen du ZigBee sistema lanean dagoenean, erakutsiz kotxearen egitura metalikoaren ondorioz eremua leihatiletatik bakarrik atera daitekeela. Eserlekuen influentzia ere nabarmena da kontuan hartuta aitzineko aldean eremu elektrikoa balore handiagoak ematen dituela bertan antena kokatuta baitago.

**6.irudia. Eremu elektrikoaren banaketa 0.7 metroko altura batean.**



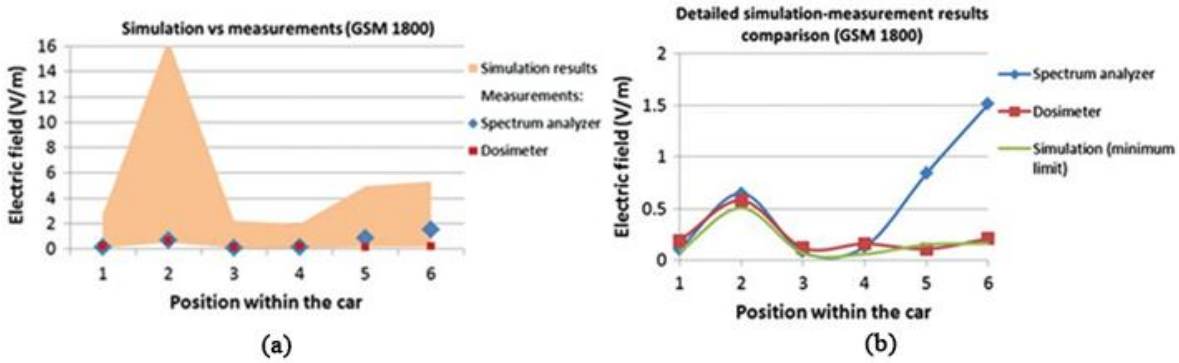

Simulazio hauek neurketa errealekin alderatzeko bi tresna ezberdin erabili dira, dosimetro bat eta espektro analizatzaile bat. Sei puntuetan lortutako emaitzak 7.irudian ikus daitezke, non alde batetik, emaitzak antzekoak direla nabari den eta beste aldetik ICNIRP taldeak frekuentzia honetan finkatutako 61V/m mugatik urrun dagoela ikusi daitekeen. Dosimetroaren eta espektro analizatzailearen arteko diferentzia txiki bat ere antzematen da bi tresnen neurtzeko eraren ondorioz, dosimetroak hiru segundoro laginak hartzen baititu, honela zehaztasuna galduz.

**7.irudia. Dosimetroarekin eta espektro analizatzaileekin neurtutako eta simulatutako eremu elektrikoen arteko konparaketa.**



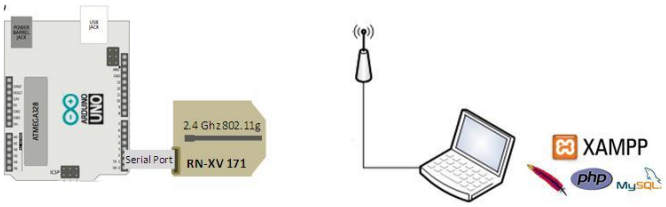

Azkenik, telefono mugikor bat igortzen jartzen denean lortutako eremu elektrikoa neurtzen da 8.irudian. Lehenengo irudian, indar kontrolaren ondorioz telefonoak lan egiten ahal duen tartea simulazioen arabera marrazten da, telefonoak indar gehiago edo gutxiagorekin emititzen baitu antenatik dagoen distantziaren arabera. Normalean bateria gutxiago erabiltzearren indar handia ez erabiltzen saiatuko da, eta espero bezala, irudian neurtutako datuak beheko mugan ibiltzen direla ikus daiteke. Bigarren irudian indar kontrolaren mugak ezabatuta, argiago ikus daiteke simulazio eta neurtutako datuak antzekoak direla eta horretaz gain, kasu honetan ere urrun aurkitzen direla ICNIRP taldearen gomendioetatik.

**8.irudia. GSM komunikazio sistema emititzean neurtutako eta simulatutako eremu elektrikoa indar kontrola kontuan hartuta(a) eta hartu gabe(b).**

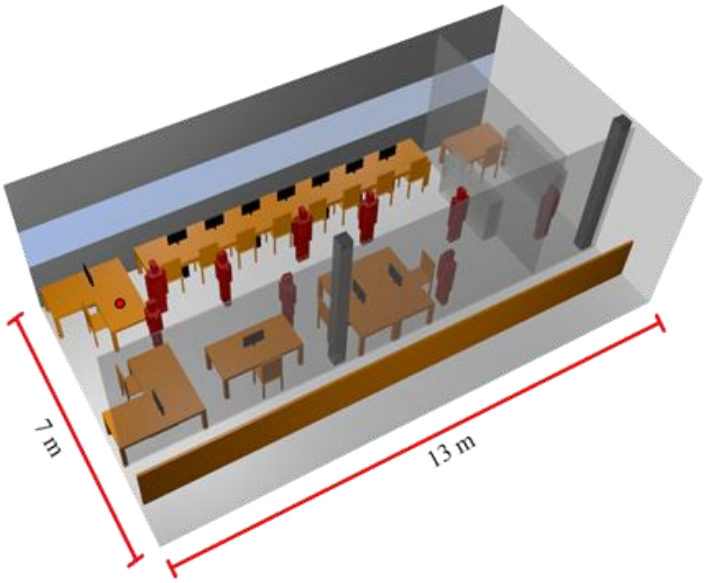



Hirugarren eszenarioan laborategi bat simulatzen da Wi-Fi teknologian oinarrituta dagoen WiFly izeneko "wereable" sistema bat erabiliz(9.irudia) eta pertsonen eragina kontuan hartuta (de Miguel, 2014). Bi froga egiten dira, alde batetik eszenarioa hutsik simulatu eta neurtu egiten da eta bestetik pertsonak simulaketan sartzen dira garatutako giza gorputza eredua erabiliz, hauen eragina uhinen propagazioan ikusteko. 10.irudian eszenarioa eta giza gorputzen banaketa honen barruen ikus daitezke.

**9.irudia. WiFly sistemaren eskema.**

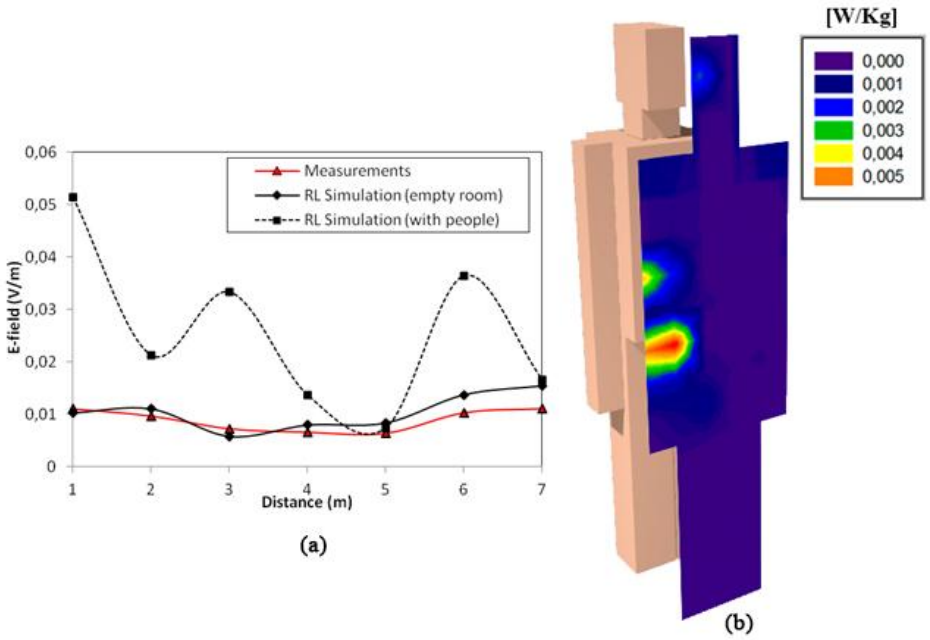



**10.irudia. Simulazioetan erabilitako eszenarioa, non sartutako giza gorputz ereduak eta antena jarri den lekua (puntu gorria) ikus daiteken.**



11.(a)irudian lehenago deskribatutako bi kasuen arteko diferentzia ikus daiteke antenaren aurrean zazpi puntu neurtu baitira simulaketekin konparatzeko. Nabarmena da giza gorputzaren eragina, hauek kontuan artzen direnean eremu elektrikoen baloreak oso ezberdinak diren ezkero. Kasu honetan ere simulazio eta neurketen antza ikusgarria da, 3D Ray Launching teknika balioztatuz. Azkenik 11.(b)irudian SAR kalkulua egiten da lehengo prestonarengan eta ikus daitekeenez xurgatze gehiena iskin batean biltzen da antena pertsonaren alboan dagoenez. Beste alde batetik ICNIRP erakundeak jartzen duen SAR eremua 0.08W/Kg izanda, lortzen den balioa eremutik urrun dagoela esan daiteke.

**11.irudia. (a) Neurtutako eta simulatutako eremu elektrikoen balioa pertsonarekin eta pertsonarik gabe. (b) SAR balioak uhin elektromagnetikoak lehenengo pertsonarekin aurkitzean**




## 4. Ondorioak

Komunikazio sistemen garapenaren ondorioz, gaur inoiz baino gehiago uhin elektromagnetiko artifizialen eraginpean ikusten dugu geure burua eta beraz hauek ikertzea beharrezkoa da gure gorputzengan duten ondorioak ikasteko. ICNIRP bezalako taldeek ikerketa hauetan oinarrituta gomendioak egiteko eta mugak argitaratzeko gaitasuna daukate, gero gobernuek hauek legedian ezartzeko. Lan honetan simulazio tresna baten bidez ikerketa dosimetrikoak egiteko gaitasuna erakusten da, eta ondorioz tresna hauek eta gehienbat 3D Ray Launching simulazio teknikaren beharra ikusten da leku konplexu eta handietan ikerketa dosimetrikoak egiteko. Horretaz gain, giza gorputz ereduaren erabilgarritasuna eta kalkulu dosimetrikoetan erabiltzeko beharra azpimarratzen da simulazioetan lortutako emaitzen bidez. Ikerketa dosimetrikoari dagokionez, komunikazio sistema bat normalki emititzen ari bada ez direla gomendio eremuak gainditzen ondoriozta dezakegu.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

3D Ray Launching teknikaren abantailak ikusita, honen erabilera beste eszenario batzuetan interesgarria egiten da, non simulazioen bitartez hauek ikertzen ahal diren neurketarik egin gabe. Hain zuzen ere gaur egun lan honetan gabiltza, adibidez autobusetan ikerketa dosimetriakoak egiten.

Beste alde batetik, teknikaren hibridatzea aukera ona izan daiteke uhin beteko teknikak eta 3D Ray Launching teknikak nahasita gorputz barruan zehazki zer gertatzen den ikusteko pertsona bat eszenario konplexu eta handi batean sartzean, honela prozesatze denborak gutxituz.

## 6. Erreferentziak


Aguirre, E. (2014)b: "Dosimetric study of the radioelectric influence of humans into complex environments through determistic simulations and the implementation of a simplified model", Nafarroako Unibertsitate publikoan aurkeztutako tesia.

Aguirre, E. et al. (2013)a: "Characterization and Consideration of Topological Impact of Wireless Propagation in a Commercial Aircraft Environment", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 5, 6, 240-258.

Aguirre, E. et al. (2013)b: "Estimation of Electromagnetic Dosimetric Values from Non-Ionizing Radiofrequency Fields in an Indoor Commercial Airplane Environment", *Electromagnetic Biology and Medicine*, 33, 4, 252-63.

Aguirre, E. et al. (2014)a: "Analysis of Estimation of Electromagnetic Dosimetric Values from Non-Ionizing Radiofrequency Fields in Conventional Road Vehicle Environments", *Electromagnetic Biology and Medicine*, 34, 1, 19-28.

Azpilicueta, L. et al. (2014): "Convergence Analysis in Deterministic 3D Ray Launching Radio Channel Estimation in Complex Environments", ACES Journal, 29, 256–270.

de Miguel-Bilbao, S. et al. (2014): "Evaluation of Electromagnetic Interference and Exposure Assessment from s-Health Solutions based on Wi-Fi Devices," *BioMed Research International*. 1-9.

ICNIRP (1998): Guidelines for limiting exposure to protection time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation. *Health Phys*, 74,494–522.

Lopez-Barrantes, A.J. et al. (2012): "Comparison of Empirical Models and Deterministic Models for the Analysis of Interference in Indoor Environments", *Asia-Pacific Symposium on. Electromagnetic Compatibility*, Singapur, 509-512.

Lopez-Iturri, P. et al. (2014): "ZigBee Radio Channel Analysis in a Complex Vehicular Environment", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 56, 4, 232-245.

Nagaoka, T. eta Watanabe S. (2011): "GPU-Based 3D-FDTD Computation for Electromagnetic Field Dosimetry," *IEEE Africon*, Africa, 1-3.

Ruan, F. et al. (2009): "Cylinder Model of Human Body Impedance Based on Proximity Effect", *3rd IEEE International Symposium on Microwave Antenna Propagation and EMC Technologies Wireless Communications*, Beijing, 27-29.

Sánchez-Hernández, D.A. (2009): "High Frequency Electromagnetic Dosimetry" Artech House ,Inc.

Wang, J. eta Wang, Q. (2013): "Body Area Communications Channel Modeling, Communication Systems, and EMC," *John Wiley & Son* Singapore Pte. Ltd.


## 7. Eskerrak eta oharrak


- Lan hau tesi (Aguirre, 2014) baten ondorioa da eta emaitza gehienak dagoeneko nazioarteko kongresu eta aldizkarietan egindako ekarpenetan argitaratuak daude.
- Emaitza hauek Carlos III osasun institutuaren eta Vigo-ko Unibertsitatearekin egindako kolaborazioaren ondorio dira, beraz hauen lana eskertu nahi dugu.

# Hiri bazterreko paisaietara hurbilketa teorikoa.

Uriarte, M.

*Arkitektura Saila, EHU-UPV*

*maider.uriarte@ehu.es*

## *Laburpena*

Artikulu honetan doktore tesirako egindako literatura berrikuspenaren laburpen sintetiko bat aurkezten da. Ikerketak hiri bazterreko paisaiak jorratzen ditu eta hauek ulertu ahal izateko hura osatzen duten hiru kontzeptuen inguruko hainbat teoria lantzen dira hemen: paisaia eta hiria, eta azken honen eratorria den hiri-ertza. Orokorrean, Paisaia eraikuntza gisa enfokatzen da, eta hiria aldiz, geruza anitzetan egituratua den eta lurralde zein mundu mailan hedatu den fenomeno gisa. Hiri ertza berriz, lerro izatetik eremu izatera pasa egin dela kontsideratzen da, eta hortaz berezko paisaia tipologia adierazten duela onartzen da.

Hitz gakoak: paisaia, paisaia izaera, konstrukzionismoa, interpretazioa, urbanizazio planetarioa, Bilboaldea

## *Abstract*

*This paper is a synthetic summary of the literature review elaborated for the doctoral thesis. The research theme is the urban fringe landscape and an analysis is carried out in order to understand it by working on several theories about landscape, the city, and the derivative concept of the urban-edge. As a general view, landscape is understood as a construction, and the city as a multi-layered concept that has grown and spread regionally and in planetary scale. The urban edge has evolved from a line to an area, and therefore represents a unique landscape typology.*

*Keywords: Landscape, landscape character, constructionism, interpretation, planetary urbanization, metropolitan Bilbao.*

## 1. Eremu baztertuetako paisaiak.

Artikulu honi hasiera emango zaio bi galdera oso orokor planteatuz; ikergaiaren nondik norakoak adierazteko asmoz, eta baita ekarpen honek, duen tonu teorikoa adierazteko ere: batetik, zer da paisaia? bestetik, zer da hiri ertza edo non bukatzen da hiria?

Paisaiaren inguruan hainbatetan sortzen den eztabaida da haren definizio gabeziaren edo esanahi joritasunaren ingurukoa. Hura lantzen duten diziplinak ugariak direlako hainbat modutan marratzen dira paisaiaren mugak, eragin esparruak eta trataerak. Europar testuinguruan baina, 2000. urtetik tresna bat dugu definizio aski egoki bat ezartzen duena, Europako Paisaiaren hitzarmenarena, hain zuzen ere. Bertan kontzeptuaren izaera emankorra mugatu gabe haren bi aspektu oso garrantzitsu nabarmentzen direla esan daiteke. Batetik, paisaia gizartearen hautematearen araberakoa dela azaltzen da, eta bestetik, edozein lurraldek, edozein eremuk paisaia izaera duela aitortzen da, baita ustez eremu hiritartu, degradatu eta kutsatuen kasuetan ere (Europe, 2000).

Bigarren galderari dagokionez, arlo akademikoak (eta gutxika arlo praktikoak edo profesionalak ere) erantzunak eskaintzen ditu badira hainbat urte. Hau da, hiriak ez duela ertzik eta ezin dela isolatu hiria dena eta hiria ez dena; ezin berezitu daitezkeela eremu landatarra eta eremu hiritarra, alegia (Schmid, 2005) . Beste modu batean esanda, hiria lurralde osoan zehar barreiatu egin dela, mundu mailako eragin esparrua hartu duen arte (Brenner & Schmid, 2011).

Bi erantzun sorta horiek, zenbait inplikazio edo eragin dituzte eta hemen aurkezten den ikerketaren abiapuntu gisa erabili egin dira. Hasteko paisaiari dagokionez, aipatu hitzarmenak zera aurreratzen du: alde batetik, jendartearen parte-hartzea lurraldearen ulerkeran eta hautematean, eta ondorioz, subjektibitate soziokultural baten presentzia onartzen da paisaia bat identifikatu, definitu eta ulertu ahal izateko. Bestalde, edozein lurralderi paisaia nolakotasuna

eta izaera aitortzen zaionean, horrek paisaiaren kontzeptualizazio arruntengan eragin nabarmen bat du. Hots, ustez kulturari, edertasunari eta natura zaindu bati lotzen zaion paisaiaren ideia eraldatu egiten da eremu ez hain eder, ez hain zaindu eta kulturalki ustez baliogabeak ere onartuz.

Bestetik, Hiriaren mugagabetasunari dagokionez, globalizazioaren eta planetarizazioaren eraginez, gizakien ehuneko handiena hirietan bizi dela ere kontutan hartuta, hiriaren eskaerek planetaren edozein txokotan eragiteko eta moldatzeko indarra dutela onartzen da. Horren ondorioz, naturaren existentzia bera ere ezbaian jartzen da, hiriaren barreiatzearen ondorioz sortu diren eraldaketak direla eta (Brenner & Schmid, 2011). Honek guztiak gogora ekartzen du klima aldaketa, eta segidan, hain ezagun bilakatu den antropozenoaren garaia ere, zeinak gizakiaren eraldaketek geologia-aro berri bat sortzeko izan duen ahalmena adierazten eta baieztatzen duen (Zalasiewicz, Williams, Haywood, & Ellis, 2011). Hori naturari dagokionez, baina bestalde, hiriaren barreiatze unibertsalak edo planetarioak, globalizazioarekin batera, kulturen eta eremuen homogeneizazio bat dakarrela ere esan daiteke. Hots, suposa daiteke hiritartuak diren eremu guztiak direla antzekoak, kultura batetik bestera bereiztezinak, denentzako ulergarriak edo egokitzapen kulturalik eskatzen ez dutenak (Koolhaas, 2006). Hau da, ondoriozta daiteke hiriaren mugagabetasunak paisaia homogeneoak sortzen dituela ekonomia globalizatuaren eraginez.

Hori horrela, ikerketa honek, lurralde orok duen balio paisajistikoaren ideia, hiritartua den lurralde horri aplikatzen dio ikerketa abiapuntu bat sortzeko. Batetik, hein batean, homogeneizazio unibertsal horren inguruan hausnarketa bat egitea beharrezkoa ikusten delako, eta, bestetik, Europako Hitzarmenak ezartzen duen testuinguru horren arabera, kontraesan bat identifikatu egin delako. Nola izan daitezke homogeneoak paisaia guztiak, oraindik orain gizarteak eta herrialdeak kulturalki ezberdinak baldin badira eta geografikoki ere tokiak ezaugarri ezberdinak baldin badituzte, besteak beste, klima aldaketaren balizko ondorio ezberdinek erakusten dutenez edo gizarte desorekek adierazten dutenez?

Euskal Herria atlantikoan badugu hiri bazterreko paisaia paradigmatiko bat, hirien inguruetako mendi magaletakoa hain zuzen ere. Honek ez du zerikusirik paisaia tipologia homogeneorekin eta globalizatuarekin lotzen den eremu zabal, lau eta dentsitate baxuan hiritartu denarekin. Izan ere, elementu geografikoen presentziak eragiten dituen eraikuntza fisiko eta kulturalak erreparatzen baldin baditugu, berezkoak diren elementu eta formak, baita bizimoduak eta esanahiak ere topatu daitezke. Kasu hau ikertu egin duen tesi baten zati bat da hemen aurkezten dena. Hortaz, abia gaitezen kontzeptuaren ulerkera orokor baten bila.

## 2. Kontzeptu baten ulertzea.

Artikulu honetan azalduko dena, beraz, hiritartua den paisaiaren kontzeptuari egin zaion hurbilketa bat da, kontzeptuaren xehatze bat, edo hiri bazterreko paisaiaren ulermen bat. Helburua, kontzeptuaren testuinguru teoriko bat osatzea da, hura eraikitzen eta osatzen duten gai ezberdinak jorratuz, ikuspegi ezberdinetatik nola lantzen eta definitzen den ulertzeko asmoz eta ikerketa nagusiaren norabidea zehaztera bidera egin dena.

Ikerketa orokorrak paisaia hauen balioak identifikatzeko prozesu bat aurkezteko helburua du; hots, bazterreko paisaien izaera, formak, historia ezagutuz haien kualifikazio bat lortzea da asmoa. Haatik, enpatia horrek, kutsu polemiko bat izan dezakeela aitortu beharra dago, izan ere, kutsatuak eta kaltegarriak diren egoerekiko onargarritasun bat adierazi daitekeelako. Ordea, uste da, ariketa estetiko bat baino gehiago egiten dela hemen, eta, eremu hauek egunerokotasunean duten lekua eta jendartearen bizitzan duten maila sinbolikoaren eta izaerazkoaren garrantziari aitorpena egiten zaiola. Hots, paisaiaren hitzarmenak dioen bezala, giza hautemateari balioa ematen zaio, eta gainera, paisaiaren ulerkera xeheago eta osoago bat egiteko asmoarekin, haren kudeaketa koherenteago bat sustapena bilatzen da. Hasteko, baina, kontzeptuari, paisaia hiritartuari, hurbilketa teoriko bat egin zaio eta horixe da artikuluaren muina.

## 3. Hiri Bazterreko Paisaien bi aspektu: paisaia eta hiria.

Hurbilketa teoriko hau egin ahal izateko, hiri bazterreko paisaien kontzeptua osatzen duten eta haren ulermenean eragin dezaketen hainbat gai landu egin dira, horietatik eratorritako kontzeptu bat dela planteatuz. Gai horiek, hain zuzen ere, paisaia, hiria eta hiri-ertza dira. Lehenengoaren azterketak mundu ikuskera edo postura epistemologiko bat eskaintzen duen bezala, hurrengo biek egitura formala eta garapen historikoaren aspektuak gehitzen dizkiote hiri bazterreko pasaien kontzeptuari.

### 3.1 Paisaia

Paisaiaren hainbat definizio semantiko, ofizial eta onartuak landu egin dira hasteko. Ondoren, paisaiaren hautematea eta jakituria sortzeko dauden hiru epistemologia nagusi landu egin dira: objektibista, subjektibista eta subjektu-artekoa. Azkeneko honi eman zaio garrantzirik handiena, izan ere, paisaiaren definizio konstruktibista bat onartu egiten baitu tesiak; hots, paisaia, eraikuntza soziokultural bezala irudikatzen da oinarrian, eta hortaz, hura ulertu ahal izateko, alderdi subjektiboak nahiz objektiboak lotuko dituen jarrera bat hobesten da. Izan ere, paisaiaren jakintza baita paisaiaren elementu formalak ere *eraikiak* dira (Swaffield, 2006).

Horren bidetik, paisaia modu konstruktibistan landu eta jorratu duten zenbait pentsalariren lana aztertu da bereziki azpimarratuz Denis Cosgrove-n (1998) ekarpena. Cosgrovek (1998) zioen paisaia mundua ikusteko modu bat zela, garai jakin batekoa eta gizarteko esparru konkretu batek sortua. Haren teoriaren baitan garrantzitsuak ziren analisi dialektikoak, eta hortaz paisaiaren agenteen izaera barnekoa edota kanpokoa bereizten zituen, baita paisaiarekiko jarrera objektibista eta subjektibista ere (Cosgrove, 1998). Teoria horretatik eratortzen da paisaia, edo lurraldea, ulertzeko baita lantzeko ere hainbat modu existitzen direnaren ideia.

Ildo konstruktibistatik jarraituta esan daiteke, paisaia irudikatu egiten dela, tradizio piktoriko eta kartografiko luzeak erakusten duen bezala. Irudikatzen duen agente horren arabera, elementu batzuk adierazten dira eta era berean ezkutatzen ere (Corner, 1999); mapak izan daitezke irudikapen filtratu horien adibide garrantzitsuenetako bat. Azkenik, paisaiaren ulermenean edo hurbilketa teorikoan, paisaiaren eraikuntza bera azaltzen da, fisikoki tokian egiten dena baita kontzeptu mailan urrunetik egiten dena ere (Roger, 2007), ideologikoki izaera ezberdinak dituena (Baker, 1992; Mitchell, 2002), eta hainbat garaietan zehar lurraldeko palinpsestoa osatzen duten paisaia geruzak ezarri dituena (Corboz, 1983).

### 3.2. Hiria eta hiri-ertza

Gai hauekiko hurbilketa hiriaren garapenaren eta egitura formalaren ikuspegitik egin da. Hala, aztertu egin dira hiria formulatzeko eta ulertzeko azken 100 urteetan sortu eta erabili egin diren hainbat termino eta hiru taldetan banatu egin dira. Batetik hirigunea geruza eta elementu ezberdinez osatua dagoela diotenen ikuspegia dugu; geruza horiek hiriaren ulermen fisiko eta morfologiko bat adierazteaz gain, gizarteko eta ekonomiaren aspektu ezberdintasunak ere adierazten dituzte, hiriaren osaera konplexuaz eta forma eraikiaz harago doan ikuspegi bat eskainiz. Bi alderdien adibide gisa aipatu daitezke, Peter Marcuseren (2002) geruza anitze dituen hiriaren ikuspegia; bertan ekonomia jarduera eta gizarte perfil ezberdinak espazializatuz hiri zatikatu bat marrazten duelarik. Bestetik, Manuel Sola de Moralesen (1997) hazkuntza forma ezberdineko hiri-zatiez osatutako hiriaren irakurketa aipa daiteke, non garai eta ekonomia ezberdinek eragindako zati morfologiko ezberdinen prozedurak identifikatzen dituen.

Horrezaz gain, hiriaren hedakuntza landu dutenen ekarpenak ere bildu egin dira beste bi taldetan, hiriaren lurralde mailako edo mundu mailako hedapen hipotesietan banatuta. Taldekatze honek hiriaren beste ikuspegi bat eskaintzen du eta honen eragin esparru eta hiri-paradigma berriak aurkezten ditu. Hiriguneak gainditzen dituzten hazkuntzak dira (Garreau, 1992), lurraldean barreiatzen direnak (Indovina, 2005) edo hiria beste batzuekin lotzen dituen azpiegiturek egituratutako eremuen kontsiderazioa dakar (Ascher, 2005; Gottmann, 1957), edota

mundu mailako loturetan eta oso konkretuak diren hiri batzuetako zatiak lotzen dituzten sareak adierazten dituzte (Sassen, 2004).

Geruza anitzeko hirigunearen, eta hiri zabalduaren artean, tarteko hiriaren presentzia jorratu dutenen lana ere aipagarria izan da, eta haren inguruan dagoen lan andana ere nolabait biltzen saiatu da ikerketa. Europar testuinguruan ezagunena egin dena Alemaniako kasua oinarri duen *Zwischenstadt* kontzeptua da (Sieverts, 2003), hots tarteko hiria izenaz ezagutzen dena. Honen aurretik ordea, suburbializazio prozesuetatik hasita, hiriaren ertza, periferia eta barreiatzea hainbat modutan jorratua izan da horretarako sortu diren hainbat termino eta adiera asmatuaz batik bat testuinguru anglosaxoian eta gerraosteko urteetan: esaterako, *urban fringe* [hiri-bazterra], *rural urban fringe* [bazter rural-urbanoa], *urban fringe belt* [hiri-bazterreko gerrikoa] (Adell, 1999) eta enparauak.

Ekarpen horiek hiri-morfologiaren ikuspegitik eginak dira, baina beste ikuskera batzuek, hura arazo gisa, eta plangintzak konpontzeko elementu gisa jorratu dute (Thomas, 1990). Azken honen soluzio esanguratsuenak bi dira: gerriko edo eraztun berdearena Erresuma Batuan, eta behatzen plana Danimarkan, biak gerraosteko garaian garatuak. Lehenengo kasua izan da gehien zabaldu eta kopiatu dena, nahiz adituen artean hainbat kritika jaso dituen kasua izan sortzen duen inoren eremu erregulatu gabekoa dela eta, baita gerrikoaren ertzek berek jasaten duten presio ekonomiko eta hiri-garapenak direla eta (Edwards, 2001).

Egun, hiri-ertza modu horretan aztertzea ariketa antzua dela esan daiteke, ez soilik eremu urbanoa eta landatarra bereiztezinak direlako (Schmid, 2005), baita hiri-ertzen ordez hiri-bazterrak agertu egin direlako; hots, eremu lineal eta mugatzaile baten ordez, berezko presentzia duen eremu zabal bat dugulako (Sieverts, 2003). Izaera propioa duen eremua da hau (Shoard, 2000), hots, ez hiri eta ez landa dena, nahasketa bat baizik, eta paisaia bilakatu da(Meeus & Gulinck, 2008; Sieverts, 2003). Eredu hau modelizatzeko lorategi-hiriaren kontzeptua berreskuratu egin dute zenbaitzuek (Meeus & Gulinck, 2008; Schumacher, Koch, & Ruegg, 2004) edo berriak ere sortu dituzte aipatu Zwischenstadta (Sieverts, 2003) kasu. Azken honek eremuarekiko hurbilketa eta jarrera enpatiko bat aldarrikatzen du hura modu zabal eta xehean den bezala analizatu eta ulertu ahal izateko. Hartara, eremuon izaera aztertzeko eskarmentu zabala lortu dute hainbat ikerketen bidezko analisi metodologia bat garatuz (Bölling, 2005). Metodologia honek, lurraldearen alderdi morfologiko eta aspektu eraikiaz gain, elementu kultural eta ukiezinak ere lantzen ditu. Hala, ustez hain homogeneoa den eremuan ere balioak eta nolakotasunak aurkitzeko asmoari erantzuna ematen zaio.

## 4.Ondorioak

Artikuluan azaldu da paisaiaren ulermenean eta definizioan gizakiaren hautemateak duen garrantzia, honek lurraldearekiko duen jarrera, baita hura ulertzeko dituen moduak ere. Hots, paisaia kontzeptu eraiki bat bezala jorratzen da, historian zehar irudikatua eta fisikoki zein kontzeptualki egituratu egin dena. Bestetik hiria landu egin da bi ikuspegi nagusietatik: haren egitura morfologikoaren geruza anitzak kontsideratuz, batetik, eta, bestetik, lurralde eta mundu mailako hedapen eskalaren aldetik. Hiri-ertzari ere heldu zaio, honen zabaltzeak suposatu duen ikuspegi paisajistikoaren gailentzea nabarmenduz; hots, lerro bat izatetik, izaera bereziko eremua bihurtu den arteko garapenak eragin duen ikuspegi aldaketa nabarmendu da. Hiri Bazterreko Paisaia, paisaia eta hiri fenomenoen eratorri gisa tratatzen baldin badugu, esan daiteke, eta hasieran zehaztu den hipotesiei jarraituz, hauek ere paisaia eraikiak direla, eta hiri direnetik ere, geruza anitzekoak eta pieza anitzez osatuak direla. Hortaz, nola eraiki dira? Zeinek eraiki ditu? Nola irudikatu dira paisaiok? Zein elementuk osatzen dituzte? Zein izan da haien garapena?

## 5. Hiri Bazterreko Paisaien eraikuntzaren interpretazioa

Esan bezala, hemen aurkezten denak ikerketaren ibilbide zabalago bat osatzen du, eta ikuspegi konstruktibista bat erabiliz paisaia horien izaera kasuan kasu ulertu ahal izateko metodo baten proposamena egiten da bertan. Horrenbestez, lan honen ondoren datorren erronka, hiri bazterreko paisaien izaera ulertzeko modu baten bilaketa da.

Abian den ikerketak hori bera egiten du, paisaia kasu konkretu bat erabiliz, Bilboaldeko mendietako hiri bazterreko paisaiak, alegia. Kasu hau paradigmatikotzat jotzen da batik bat euskal herri atlantikoko geografian duen presentzia eta egunerokotasunean duen eragina dela eta. Bestalde, paisaia kasu konkretu horren azterketak ustez homogeneoak den paisaia tipologiari berezkotasuna eta kasuistika zehatzen berezitasunarekin ekarpena egiten dio.

Nolanahi ere, ikerketak ez du Bilboaldeko paisaiaren deskribapen soila bilatzen, are gehiago, unibertsaltasunaren bidetik, edozein bazterreko paisaia interpretatu ahal izateko metodo bat proposatzen du. Metodo honen oinarrian, aipatu paisaiaren teoria konstruktibistak daude eta lau aspektu nagusi lantzea proposatzen du: lurraldearen ulermena, lurraldearen irudikapenak, agente eragileak eta paisaiaren eraikuntza ukiezin eta eraikiak. Horrezaz gain, paisaiok eraiki dituzten ikuspegi anitzen existentzia onartzeko helburua du, eta hortaz agente bat baino gehiagoren ikuskera, horien ulermenak eta irudikapenak eta eragindako eraikuntzak aintzat hartzen dituen interpretazio metodo bat proposatzen da hiri bazterreko paisaien berezkotasunak identifikatzeko eta irudikapen berriak lortu ahal izateko.

## 6. Erreferentziak

Adell, G. (1999). *Theories and models of the peri-urban interface: a changing conceptual landscape*. London: Development Planning Unit UCL. [http://discovery.ucl.ac.uk/43/]

Ascher, F. (2005): Metapolis: a third modern urban revolution. Changes in Urban Scale and Shape in France. In L. Bölling & T. Sieverts (arg.), *Mitten am Rand. Auf dem Weg von der Vorstadt über die Zwischenstadt zur Regionalen Stadtlandschaft* (Vol. 1). Verlag. Müller & Busman, 24–38.

Baker, A. R. H. (1992): Introduction: on ideology and landscape. In A. R. H. Baker eta G. Biger (arg.), *Ideology and Landscape in Historical Perspective*, Cambridge University Press, New York, 1–14.

Bölling, L. (2005): *Bilder einer Zwischenstadt*. Müller Busmann, Wuppertal:.

Brenner, N., & Schmid, C. (2011): Planetary Urbanisation. In *Urban Constellations*. jovis Verlag, 10–13.

Corboz, A. (1983), The Land as Palimpsest. *Diogenes*, *31*, 12–34.

Corner, J. (1999): The Agency of Mapping: Speculation, Critique and Invention. In D. Cosgrove (arg.), *Mappings*, Reaktion Books, London, 213-300

Cosgrove, D. E. (1998): *Social formation and symbolic landscape* (2. ed). Reaktion Books, Madison, Wi.

De Solà-Morales, M. (1997): *Las Formas de Crecimiento Urbano*. Univ. Politèc. de Catalunya.

Edwards, M. (2001), Sacred cow or sacrificial lamb? Will London's Green Belt have to go? *City: Analysis of Urban Trends, Culture, Theory, Policy, Action*, *4:1*, 106–112.

Europe, C. O. (2000): European landscape convention. In *Report and Convention*.

Fishman, R. (1987): *Bourgeois Utopias: The Rise and Fall of Suburbia*. Basic Books.

Garreau, J. (1992): *Edge city: life on the new frontier*, Anchor Books, New York.

Gottmann, J. (1957), Megalopolis or the Urbanization of the Northeastern Seaboard. *Economic Geography*, *33*(3), 189.

Indovina, F. (2005): La ciudad difusa. In À. M. Ramos (arg.), *Lo Urbano en 20 autores contemporáneos*, Universidad Politécnica de Catalunya, 49-59.

Koolhaas, R. (2006): *La ciudad genérica*. Gustavo Gili, Barcelona.

Marcuse, P. (2002), The Layered City. In P. Madsen eta R. Plunz (arg.), *The Urban Lifeworld: Formation, , perception, representation,* Routledge, London, 94-114.

Meeus, S. J., & Gulinck, H. (2008), Semi-Urban Areas in Landscape Research: A Review. *Living Rev. Landscape Res.*, *2*. [ http://landscaperesearch.livingreviews.org/Articles/lrlr-2008-3/]

Mitchell, W. J. T. (2002): *Landscape and Power* (2 ed). University of Chicago Press.
Roger, A. (2007): *Breve Tratado del Paisaje*. (J. Maderuelo, arg.). Biblioteca Nueva, Madrid.
Sassen, S. (2004), The Global City: Introducing a Concept, *Brown Journal of World Affairs*, *11*, 27.
Schumacher, M., Koch, M., & Ruegg, J. (2004), The Zurich Limmattal Steps of a servant valley towards emancipation. In G. Dubois-Taine (arg.), *European Cities. From Helsinki to Nicosia. Insights on Outskirts. Eleven case studies & Synthesis.*
Shoard, M. (2000), Edgelands of Promise. *Landscapes*, *1*(2), 74–93.
Schmid, C. (2005): Theory. In R. Diener, J. Herzog, M. Meili, & P. de Meuron (arg.), *Switzerland-An Urban Portrait. Introduction* (Vols. 1-3, Vol. 1,). Birkhäuser, Basel ; Boston ; Berlin, 163–222.
Sieverts, T. (2003): *Cities without cities : an interpretation of the Zwischenstadt*, Spon Press, London.
Swaffield, S. R. (2006), Theory and Critique in Landscape Architecture. *Journal of Landscape Architecture*, *1*(1), 22–29.
Thomas, D. (1990), The Edge of the City. *Transactions of the Institute of British Geographers*, *15*(2), 131.
Zalasiewicz, J., Williams, M., Haywood, A., & Ellis, M. (2011), The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *369*(1938), 835–841.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau EHUko Euskara errektoreordetzak eskaintzen duen Euskarazko Tesia Egiteko Ikerketa Pertsonala Prestatzeko laguntzari esker aurrera eraman ahal izan da, baita Londresen (EB) eta Munichen (Alemania) egonaldiak egiteko lortu diren EHUko bi mugikortasun dirulaguntzei esker ere. Bestalde nire tesi zuzendari diren Marte Mujika doktorea (Arkitektura Saila, EHU) eta Sören Schöbel katedraduna (LAREG, TU München) eskertu nahiko nituzke.

# Hole-drilling teknika zurezko egituren karakterizazioan

Crespo de Antonio M, Sánchez-Beitia S
*Donostiako Arkitektura Goi Eskola Teknikoa UPV/EHU*
*maite.crespo@ehu.eus*

## *Laburpena*

Egitura baten egungo egoera erreala zein den jakitea erronka bat da berez eta are gehiago arkitektura historikoan, heldu zaigun ondarea ahalik eta hoberen zaintzea xederik garrantzitsuena denean. Egitura baten ezaugarriak zehazteko hainbat teknika ez suntsitzaile edo erdi-ez suntsitzaileak garatzen joan izan dira azkeneko urteetan. Hole-drilling teknika erdi-ez suntsitzaileen artean kokatzen da. Teknika honek zulo txiki bat egin eta material kentze horrek zuloaren inguruan eragiten duen erlaxazioa hiru deformazio-sentsoreez osatutako erroseta baten bidez neurtzean datza. Aspalditik ezaguna da teknika hau baina bere erabilera material homogeneo eta isotropikoetara mugatzen zen.

Hemen aurkezten den lanaren nobedadea teknika egurrean aplikatzen dela da. Ortotropia da egurraren bereizgarrietako bat. Honek, norabide elastiko nagusi bakoitzean (axial, erradial eta tangentzial) portaera eta ezaugarri desberdinak izaten dituela esan nahi du. Hau aurrera pauso garrantzitsua da, orain arte, material isotropikoetara soilik mugatu baita.

Hitz gakoak: In situ ebaluazioa, Hole-drilling teknika, zurezko egiturak, eraikin historikoak, *compliance* tentsorea

## *Abstract*

*The deduction of the real stress state in structures is an important challenge, even more in existing buildings or historical constructions, which conservation is the main task. There are many non-destructive or minor destructive techniques around the assessment of the properties in structures are being developed in the current years. Hole-drilling technique is between minor destructive ones. The technique involves drilling a hole in a surface and measuring the relaxed strains after material removal in the surroundings of the hole. The strains are measured by means of strain gages placed forming a rosette. It is a widely known technique but its application was limited to isotropic homogeneous materials.*

*The novelty shown in this paper is the application of the technique on timber structures. Orthotropy is one of the features in wood. The properties and behavior of wood is different in each main elastic direction (axial, radial and tangential). This is an important step because till now the technique was only used on isotropic materials.*

*Keywords: In site assessment, Hole-drilling, timber structures, ancient constructions, compliance tensor*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Egurra eraikuntzan erabili izan den material zaharrenetariko bat da, basoz hornitutako lurraldeetan historian zehar hedapen handia izan duena. Egurra erresistentzia altuko material organikoa da, nahiko arina eta transformazio gutxirekin egiturak eraikitzeko erabili daitekeena. Denbora askoan egitura horizontalak ebazteko gaitasuna eskaintzen zuen material bakarra izan da, solairuak eta estalkiak eraikitzeko erabili izan ohi dena. Baina material berrien agerpenekin, (altzairu ijeztua, ezaugarri teknologiko altuko hormigoiak eta beste hainbat material erakargarri), egurra bigarren plano batetara alboratua izan zen.

Alde batetik, ondare arkitektonikoarekiko interesa hazten doalako eta, bestetik, egurra ingurugiroa errespetatzen duen eta benetan jasangarria den eraikuntza material bakarra delako, haren erabilera eraikuntzan berpizten ari da azken urteetan.

Ondare historikoaren arloan hainbat eraikin zurezko egiturekin altxatuak izan ziren eta, beraz, zaharberritze lanetan oso ohikoa da baten batekin topatzea. Kasu gehienetan izaten den

informazio teknikoa oso urria da eta ondorioz, beharrezkoa da lekuko azterketa on eta sakon bati ekitea ahalik eta datu gehien batzeko. Izan ere, zaindu beharreko elementuak zeintzuk diren eta zein egoeran dauden jakitea ezinbestekoa da zaharberritze prozesuan edozein erabaki hartu baino lehen.

Egitura baten ezaugarriak zehazteko hainbat teknika ez suntsitzaile (Riggio et al.,2014) -NDT *Non-Destructive Testing*- edo erdi-ez suntsitzaileak (Tannert et al., 2014), -SDT *Semi-Destructive Testing*- garatzen edota hobetzen joan izan dira azken aldian. Teknika hauek egur espezie desberdinen ezaugarri fisiko, mekaniko, elastiko eta erresistenteak zeintzuk diren jakiteko baliagarriak dira eta ez dute ikerketa objektuaren osotasuna erasaten. Guztiz erasotzaileak edo suntsitzaileak diren teknikak ondarea zaintzean datzan mundutik at geratu beharko lirateke. (Icomos, 1999, Icomos, 2003)

Lekuko ebaluaziorako tresnetako asko eramangarriak dira eta eraikinean bertan erabili daitezke egituren karakterizazioan. Horien artean ezagunenak, eragindako bibrazioekin eta soinu emisioekin erlazionatutakoak, torloju sartze eta kentze bidezko teknikak eta uhinen difusioan oinarritutakoak dira, nola X eta gamma izpiak, hala mikrouhinak eta erresonantzia magnetiko nuklearra erabiltzen dituztenak. Metodo hauek guztiak oso erabilgarriak dira eta informazio ugari eman ditzakete egurraren dentsitateari, modulu elastikoari edota kontserbazio egoerari buruz; usteldurak, zuloak eta bestelakoak diren asmatzeko oso erabilgarriak baitira. (Kasal eta Tannert, 2010)

Metodo horiez gain bada beste bat, Hole-drilling izenarekin ezaguna dena zientzialarien artean eta oraindik zurezko egituren ebaluazioaren arloan hedatu ez dena. Teknika honek igortzen duen informazioa oso erabilgarria da egitura-analisian, elementu zehatz baten tentsio egoera zein den jakiteko balio baitu. Ez da teknika berria, izan ere, Hole-drilling ASTM E837 estandar amerikarrean oinarritzen eta zehazten da (ASTM, 2013). Prozedura hau, zulo bat egiteak suposatzen duen material kentzearen ondorioz agertzen diren erlaxazio-deformazioak neurtu eta erregistratzean datza.

Deformazio horien balioak hiru galga edo neurgailuen bidez neurtzen dira. Hauek, ikergai den elementuaren gainazalean itsasten dira zuloa egingo den gunearen inguruan. Galgek osatutako erroseta eta zuloaren arteko erlazio dimentsionalak, bakoitzaren diametroak, zuloaren sakonera edota deformazio neurgailuen neurri eta kokapenak ASTM E837 estandarrean aholkatzen dira. Baina estandar horretan ematen diren zehazpenak material isotropikoetan bakarrik dira erabilgarriak. Zentzu horretan, ikerketa lan honek teknika hau zurezko egituretan aplikatzea posible den frogatzea du helburu eta motibaziorik nagusitzat. Egurrak, material anisotropoa izanik, portaera eta ezaugarri desberdinak ditu ikertzen den norabidearen arabera.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

### 2.1 Zurezko egituren in situ karakterizazioa

Ebaluazio estrukturalaren beharra hainbat motiboengatik heldu daiteke; estrukturaren egokitasuna baieztatzeko, egitura historikoak babesteko beharrez edo erabilera aldaketa bat dela medio zama egoeraren aldaketagatik, besteak beste. Ikuskapenak egituren segurtasuna bermatzeko balio du eta askotan, beste era batera eraitsiak izango ziren elementuak, egoera onean daudela egiaztatuta lekuan manten daitezen ahalbidetzen du. Jatorrizkoak diren egiturak mantenduz esanahi kultural bat babesten da, eraikitzeko teknika tradizionalak gorde eta egitura horren mantentzearekin lotuta datozen beste hainbat ondasun askoren mantentzea suposatzen duelarik. (Icomos, 2003)

Beste alde batetik, in situ teknika hauen erabilera oso lagungarria da materialaren zein egituraren portaerak ulertzeko, erabilera eta denboraren poderioz agertzen diren arazoak eta zurezko egituren inguruan jakintza suposatzen duen abar handi bat ikasteko. Existitzen diren egituretatik jaso daitekeen jakintza neurgaitza da eta baliogabeko laguntza da, zuzenean aplikatu daitekeena gaur egungo eraikuntzetan ere.

Egitura baten kalitate-inspekzio hori egiteko ondoren azaltzen den ordena jarraitzea gomendagarria da. (Roca et al., 2008, CIB,2010, Cruz et al., 2015)

### 2.1.1 Aurreko informazioaren bilketa

Egitura historikoen kasuan, haren balio arkitektoniko eta kulturala bermatzeko, funtsezkoa da eraikuntza-interbentzioari ekin aurretik ikerketa lanak garatzea. Artxibo historikoetan bilaketa sakona egin behar da urteetan zehar bildutako dokumentazioa biltzeko; planoak, marrazkiak, argazkiak, iraganeko zaharberritze proiektuak, etab. Dokumentu horiek guztiak oso erabilgarriak dira nondik norakoak zehazteko hurrengo urratsak ematen hasi aurretik, urtetan zehar jasan dituen aldakuntza guztiak ezagutzeko; erabilera aldaketak, gainkargak, suteak eta besteak beste.

### 2.1.2 Hasierako ikuskapena

Hasierako ikuskapenean ez da beharrezkoa tresneria garesti eta sofistikatua; mailua, puntzoia, argazki kamera, argiztapen ona, arkatza eta planoak nahikoak izaten dira. Funtsezkoa da ikuskapena teknikari batek egitea, zeinek begiratu behar duena argi izango duen eta gainbegirada batekin kaltetutako eremuak antzemateko gai izango den. Garrantzi handikoa da argiztapen, garbitasun eta segurtasun egoera egokiak izatea.

Mailua eta puntzoia zuloak, hutsuneak, barrunbeak, material faltak eta orokorrean, egoera txarrean dauden zonaldeak edo elementuak identifikatzeko balio dute. Ez ordea, elementuaren egoera ona baieztatzeko. Mailuaren laguntzaz soinu hutsak nabaritu daitezke usteldutako eremuetan adibidez, gero puntzoiarekin ziztatu daiteke eta materiala nola eta noraino desegiten den ikusteko.

Lehenengo ikuskapen honen ondoren, batzuetan erabaki azkarrak hartu behar dira egituraren segurtasunari buruzko zalantzak izanez gero, eraikinean sarbidea mugatu adibidez, baina normalean ikerketa sakonagoak burutu behar dira.

### 2.1.3 Egituraren lekuko karakterizazio zehatza

Egitura zehatz neurtu eta marraztea ezinbestekoa da, elementuak eta junturak ondo ezagutzeko, eta kaltetutakoak ondo identifikatu eta kokatu ahal izateko. Hainbat metodo eta tresna erabili daitezke kalte horiek xeheago ezagutzeko; kalte-mota, kokapena eta hedadura.

Posible izanez gero, lagin bat hartu daiteke espeziea laborategian zehazteko, dentsitatea eta beste ezaugarri mekanikoen arabera. Hala ere, ondare arkitektonikoaren munduan, neurketak lekuan egitea da egokiena, alterazioak saihestuz eta egituraren benetakotasuna eta osotasuna ahalik eta gehien mantenduz. Ondoren lekuko neurketak egiteko erabiltzen diren tresna batzuk aipatzen dira:

1) Hezetasun neurgailua edo xilohigrometroa

Gailu hau hasierako ikuskapenetik eraman daiteke soinean bere erabilera erraz eta azkarrarengatik. Egurraren hezetasun maila erlatiboa (%) neurtzeko balio duen tresna da. Egurrak korronte zuzenen igarotzeari jartzen dion erresistentzia elektrikoaren arabera neurtzen da. %7-25 hezetasun tartean neurketak baliagarriak izaten dira, barruti horretatik kanpo, ordea, neurketa ez-egokiak egitea gerta liteke. Orokorrean, heze dagoen pieza bat kalteberagoa da eraso biologikoen aurrean.

2) Soinu metodoak

Hainbat gailu diferente existitu arren, denak uhinen hedapenaren azterketan oinarritzen dira egurrezko elementuen propietate mekanikoak zehazteko. Normalean neurketa piezaren bi alde kontrajarriren artean egiten da, alde batean igortzailea kokatzen da eta kontrakoan hartzailea, eta uhinak batetik bestera heltzeko behar duen denbora neurtzen da. Aldez aurretik bi neurgailuen arteko distantzia ondo definituta eta neurtua egon behar du.

Uhinaren abiadura aldakorra da zeharkatzen duen materialaren dentsitatearen arabera eta baita berezitasunen bat dagoenean ere, hau da, zuloak, barrunbeak, usteldurak edota zuntzaren

desbideratzeak daudenean. Honek, mantentze mailari buruzko informazio ugari ematen du, zenbat eta motelago hedatzen den uhina, orduan eta kalitate baxuagoa du piezak. Uhinaren abiadura motela den jakiteko aldez aurretik argi izan behar dira egoera normalean egur espezie bakoitzaren kasuan izaten diren abiadurak.

3) Metodo mekanikoak

Dentsitatearen balioa jakitea oso lagungarria da soinu metodoekin konbinatzeko eta egur espezie bakoitzaren ezaugarriak ezartzeko. Dentsitatea kalkulatzeko modurik zuzen eta azkarrena pisua bolumenaren artean zatitzea da, egur lagin bat hartu eta zehaztasun handiko balantza batean pisatu eta egur zatia kalibre batez neurtuta. Baina ondare historikoaren munduan lagin bat hartzea metodo suntsitzailetzat hartzen da eta gomendagarria da ondoren azaltzen diren tresnak erabiltzea:

- Penetrometroa

Gailu honek ø2mm duen orratz bat jaurtitzen du malgu batek eragindako energia konstante batez zuraren gainazalaren kontra. Orratz horrek lortu duen sarketa-sakonera neurtzen da eta horren arabera dentsitatea kalkulatu daiteke. Egia esan, lortutako balioak egur horrek orratzaren sartzeari jarri dion eragozpena adierazten du, eta ondorioz, materialaren gogortasuna eta dentsitatea jakin daitezke. Izan ere, zenbat eta gogorrago edo dentsoagoa izan, orduan eta zailagoa izango da orratzaren sartzea eta alderantziz.

Azterketa puntuala eta gainazalekoa da orratzak gehienez 40mm sartu daitekeelako, baina abantailen artean azpimarratu behar da tresna eramangarria dela, nahiko arina eta erabiltzen erraza.

Beste alde batetik, elementu baten mantentze egoera zein den jakiteko erabili daiteke. Jakina denez, narriadura bat egonez gero, zurruntasuna ere galtzen da eta zonalde horietan orratza errazago sartuko da dentsitate galera adieraziz.

- Erresistografoa

Erresistografoak aurrekoarekin antzekotasun asko dituen arren, zehaztasun handiagoa eskaintzen du. Aparatu honen orratza luzeago da eta sakonago heldu daiteke (400mm), elementuaren sekzio osoa zeharkatu dezake eta iriste zaileko zonaldeetara ere heldu daiteke, horman sartutako habe buruetara adibidez. Baina gailu honen neurketak ere puntualak dira eta gomendagarria da neurketa bat baino gehiago egitea.

Orratzak abiadura konstantez zeharkatzen du elementua, eta egurrak sarketari jartzen dion erresistentzia motorraren potentzia aldaketekin erlazionatzen da. Gailu honek aldaketa horiek erregistratzen ditu eta erresistograma batean irudikatzen ditu 1:1 eskalan.

Tresna honen erabilera deserosoagoa da pisutsuagoa delako eta trebezia maila handiagoa eskatzen duelako.

- Torloju ateragailua

Tresna honek, egurreko elementu batean aurrez sartua izan den torlojua ateratzeko beharrezkoa izan den indarra neurtzeko balio du. Dentsitatearen arabera, material batek torlojua ateratzeko zailtasun ala erraztasun maila desberdinak jartzen ditu. Torlojua ateratzeko erresistentzia handia jartzen duen egurrak dentsitate eta modulu elastiko altuak izango ditu. Orokorrean zenbat eta zailtasun handiago izan torlojua ateratzeko, orduan eta kalitate hobea izango du egur horrek.

Tresna hau ere eramangarria da eta neurketak lekuan bertan egin daitezke, baina kontutan izan behar da teknika puntual eta nahiko gainazalekoa dela.

Torlojua ateratzeko erraztasunak informazio handia eman dezake kontserbazio egoera txarrari buruz. Torloju ateratzea, egurraren ezaugarri eta kontserbazio egoeraren araberakoa izateaz gain, torlojuaren ezaugarrien araberakoa ere bada, torlojuaren diametroak eta sartu den luzerak eragina dute.

4) Termografia infragorria eta beste

Soinu uhinen hedapenaz gain, badira beste uhin mota batzuk X eta gamma izpiak, mikrouhinak, erresonantzia magnetiko eta, agian ezagunena dena, termografia infragorria. Zientzia hau asko garatzen ari da azkeneko urteetan eta haren erabilera ondare arkitektonikoaren munduan oso lagungarria izaten ari da ezkutuko elementuak antzemateko,elementuen barruko hutsuneak eta material faltak antzemateko eta baita ere dentsitateak asmatzeko emisibitatearen arabera.

5) Dendrokronologia

Dendrokronologia, eraztunen datazioaren bidez, zuhaitza eta bere hazkunde garaia zuzenean erlazionatzen dituen zientzia da. Zuhaitz baten hazkundeak denboran zehar bizitakoa erakusten du; euriteak, izotzak, lehorteak, suteak, haize nagusien norabidearen ondorioak, etab. Teknologia hau datu base zabal bat egitea du helburu, hainbat espezie, geografia eta garai identifikatu ondoren ikertzen ari den elementu zehatza haiekin konparatu, kokatu eta datatu ahal izateko. Konparaketa ahalbidetzeko, lagina ateratzea ezinbestekoa da.

### 2.1.4 Egitura-analisia

Garrantzitsua da egiturak zamak jasateko duen benetako gaitasuna jakitea, baina egitura historikoetan da lan erraza. Izan ere, egitura osatzen duten elementuek, maiz, ez dute era egokian lan egiten edo behintzat teorian aritu beharko luketen bezala. Horretaz gain, zaila izaten da karga egoera zein den asmatzea edota muga-baldintzak zeintzuk diren jakitea, denboraren poderioz aldatzen joan direlako. Egitura konplexuetan, juntura zailak eta arraroak topa daitezke. Normalean egin daitekeen gauza bakarra 3D modelo bat eraikitzea da, ahalik eta gehien gerturatzen saiatuz. Ondoren intuizioz egon daitezkeen kargen efektuak kalkulatu. Egoera monitorizatzea ohiko beste baliabide bat da, egitura egonkorra den edo ez kontutan hartzeko, adibidez, agertu daitezkeen pitzadurak mugimenduan dauden zaintzeko.

Ebaluazioan erabiltzen diren tresnak egokiak dira dentsitateak, modulu elastikoak eta mantentze egoerak baieztatzeko, ez ordea, tentsio egoera zein den jakiteko. Hemen aurkezten den nobedadea, tentsio egoera zein den ikertzeko oso baliagarria den teknika da eta zurezko egituretan aplikatzea proposatzen da.

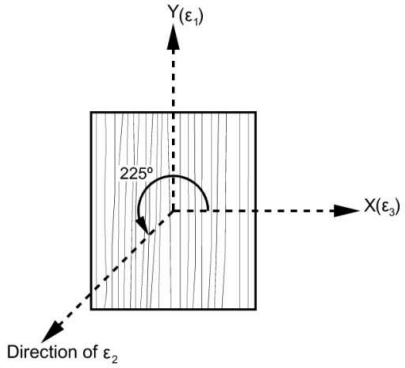
## 3. Hole-drilling teknika

Hole-drilling teknika gainazal baten erlaxazio deformazioak neurtzeko balio du. Teknikaren zehaztasunak ASTM E837 arau amerikarrean azaltzen dira, baina material isotropikoetara mugatzen da. Prozeduran, aztertzen ari den elementuaren gainean hiru deformazio-neurgailuz osatutako 40mmko diametroa duen erroseta bat itsasten da, zeinaren zentroan 18mmko diametroa duen zulo bat egingo den ondoren. Deformazio-neurgailuak ordenagailura konektatzen dira. Neurketak zuzenean ikus daitezke baita haien momentuko balioak gorde eta grafikoak egin ere software bati esker. Behin itsatsita, neurgailuen fluktuazioak 0 inguruan egonkortu direnean, zuloa egiteari ekiten zaio 16mm sakonera lortu arte. Zuloa egin ondoren, neurgailuek deformazio berri bat erdiesten dute kendu den material faltarengatik. Deformazio berri horiek egonkortu direnean, 30 minuturen buruan gutxi gora-behera, behin betikoak direla esan daiteke (Sánchez-Beitia et al., 2012).

Egurra zuntzez osaturiko eta naturaz anisotropoa den material organikoa da. Hiru norabide nagusi ditu; longitudinala, erradiala eta tangentziala. Longitudinalak, enborra eta zuntzen norabidearekin bat datorrena, ezaugarri hoberenak ditu. Beste biek, erradiala eta hazkunde eraztunei tangentziala dena, zeharkako planoa osatzen dute.

Material ortotropiko, norabide nagusiak elkarri ortogonalak edo elkarzutak dituzten material anisotropoei deritze. Eta kasu hauetan, ondorengo Hole-drilling formulazioa erabiltzen da (Schajer eta Yang, 1994, Plagiaro eta Zuccarelo, 2007):

**1. irudia. Erreferentzia sistema**




$$\begin{pmatrix} c_{11} & 0 & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & 0 & c_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_y \\ \sigma_{xy} \\ \sigma_x \end{pmatrix} = \sqrt{E_x E_y} \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

(1) espresioan, *cij* elementuek *compliance* matrizea osatzen dute, $\sigma y$, $\sigma xy$ eta $\sigma x$ tentsioak dira x-y azaleko planoan, *Ex* eta *Ey* modulu elastiko nagusiak dira eta $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$ eta $\varepsilon_3$ neurgailuek zuloa egin ondoren jasotako deformazioen balioa. Zuntzaren norabideari *y* deritzo eta honen elkarzutari, *x*. $\varepsilon_1$ neurgailua *y* norabidearekin bat dator, $\varepsilon_3$ *x* norabidearekin eta $\varepsilon_2$ bien arteko erdikarian, 1. irudian ikusten den bezala.

### 3.2 Saiakeren planteamendua

Saiakeren helburua (1) ekuazioa ebaztea da. Alde batetik, laborategian aplikaturiko zama jakina da eta ondorioz, tentsio egoera baita. Zuloa egin eta geroko deformazio balioak, neurgailuek ematen dituzte eta modulu elastikoen balioak ere ezagunak dira. Beraz, laborategian ezezaguna den faktore bakarra, *compliance* matrizea da.

Egitura osatzen duten elementuak asko izan daitezke eta bakoitzak funtzio desberdina betetzen du. Baina, bi dira gehien errepikatzen diren elementuak, zutabeak eta habeak. Zutabeek konpresioan lan egiten dute, habeek, aldiz, etzanak flexioan lan egiten duten. Laborategian bi egoera horiek makinen bitartez erreproduzituko dira; konpresioa eta flexioa.

Konpresio pean hiru lagin mota diferente testatuko dira; bat zama zuntzei paralelo duena, beste bat zama zuntzei elkarzuta duena eta hirugarrena, zama eta zuntzak angelu $\Theta$ bat osatzen dutelarik.

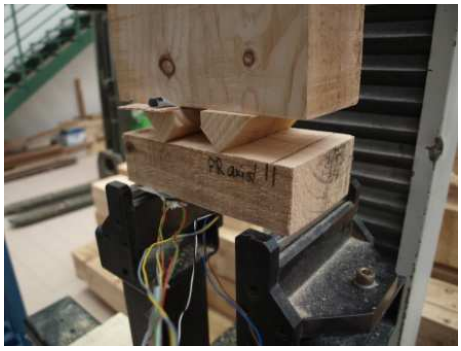
**2. irudia. Konpresiopean testatutako Pinu Radiata D. Don hiru lagin motak**



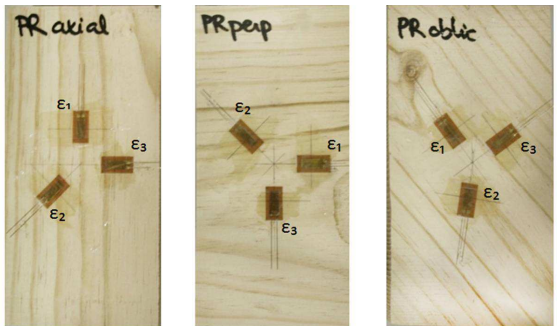
*Compliance* matrizearen lehenengo zutabea zama zuntzei paralelo dituen saiakeratik ebazten da, eragindako tentsioa $\sigma y$ delarik. Hirugarren zutabea zuntzei elkarzut zamaren bitartez, eragindako tentsioa kasu honetan $\sigma x$ izanik. Eta azkenik matrizearen erdiko elementuaren balioa ebazteko, $c_{22}$, lagin berezi bat saiatu behar da zuntzek eta zamaren norabidea 45º inguruko angelua osatzen dutelarik. $c_{12}$ eta $c_{32}$ elementuen balio 0 da, egurraren norabide nagusiak errosetaren norabide nagusiekin bat datozelako (Schajer eta Yang, 1994).

Beste aldetik, flexioko saiakerak UNE EN 408 (UNE-EN 408, 1995) arauak aholkatzen duen bezala, bi zama puntualekin kargatuak izan dira. *Compliance* matrizea betetzeko hiru lagin mota desberdin diseinatu dira; bat egurraren zuntzak blokeari paralelo dituenak, bigarren bat zuntzak blokeari elkarzutak dituena eta hirugarren bat zuntzak zeihar dituenak blokearen norabide luzearekin.

**3. irudia. UNE EN 408 araberako flexio saiakera**



**4. irudia. Flexio saiakeretan erabiliko diren hiru lagin motak; axiala, perpendikularra eta zeiharra**




*Compliance* matrizea ebazteko, oraingoan lehenengo zutabea zuntzak paralelo dituen blokea flexiopean saiatuko da, $\sigma y$ tentsioa eraginez, hirugarren zutabea ebazteko zuntzak elkarzut dituen blokea erabiliko da, $\sigma x$ tentsioa eraginez, eta azkenik, matrizearen erdiko elementua ebazteko, zuntzak zeihar dituen probeta erabiliko da.

Hainbat saiakera burutu behar dira, teknika zurezko egituretan erabili daitekeela baieztatzeko. Bildutako emaitza guztiak estatistikoki landu behar dira eta bi kasuetarako, konpresio eta flexio kasuetarako, matrizeak zeintzuk diren zehaztu.

## 4. Ondorioak

Saiakera guztiak *Pinus Radiata D. Don* espeziean burutu dira, Euskadin erabat hedatuta dagoen pinua. Oraindik hasierako saiakerak baino ez dira burutu saiakerak ondo planteatu direla baieztatzeko. Konpresio zein flexio matrizeen bitartez, egur mota honek duen egitura-portaerari buruz informazioa asmatu daiteke. Teknika hau egitura-karakterizazioan aplikatzea garrantzi handikoa da, izan ere hala nola, dentsitatea, zurruntasuna, hezetasuna eta kontserbazio mailak neurtzeko gailu ugari dauden, orain arte zurezko egituraren tentsio-egoera erreala zein den neurtzeko ez zegoen biderik.

Saiakerak burutu bitartean modulu elastikoak kalkulatzeko bidea ere asmatu da, izan ere, bibliografian eta arauetan ageri diren balioak probeta “akatsez libre” eta txikietan egindako saiakeren bitartez lortuak izan ziren.

Hemen azaldu diren probetak tamaina estrukturala dute, eta beraz, egurraren ezaugarri propioak ere, korapiloak, arrailak, zuntzaren desbideratzeak, etab. Egokia da, beraz, modulu elastikoen neurketa propioak egitea. Lagina kargan jartzean modulu elastikoak neurtzea posiblea da tentsio-deformazio kurben bitartez.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Saiakera kopurua matrizea ondo definitua egon dadin onesgarria denean, egiaztapenerako saiakera burutzeko asmoa dago. Hau da karga jakin batean zuloa egin, deformazioak neurtu eta (1) ekuazioaren bidez kalkulatutako tentsioak bat baldin badatoz makinaz eragindako tentsioarekin, orduan matrizea baliagarria dela frogatuko da eta honekin batera teknikaren baliagarritasuna zurezko egituretan bermatuta geratuko da.

Azken finean egur espezie bakoitzari eta elementu estruktural bakoitzari dagokion matrizeak kalkulatu direnean, teknikariek gai izango gara, eraikin historiko batean adibidez, benetako egitura baten jasateko ahalmena zein den baieztatzeko. Ondorengo ekuazioa (2) benetako

egituretan erabili beharrekoa da, hau da, modulu elastikoa, matrizea eta Hole-drilling bidez lortutako deformazioak ezagunak direnean.

$$\begin{pmatrix} \sigma_y \\ \sigma_{xy} \\ \sigma_x \end{pmatrix} = \sqrt{E_x E_y} \begin{pmatrix} c_{11} & 0 & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & 0 & c_{33} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Pinus Radiata D. Don espeziarekin saiakerak amitutzat ematen direnean haritzarekin (Quercus Robur) saiakerak egingo dira, hemen azaldu diren gidak jarraituz. Izan ere, Euskal Herriko ondarea osatzen duten eraikinen artean haritzez eraikitako egiturak oso ugariak baitira.

## 6. Erreferentziak


ASTM, E. 837 (2013): Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Method.

CIB Commission. (2010). Guide for the structural rehabilitation of heritage buildings. In CIB Publication (Vol. 335).

Cruz, H., Yeomans, D., Tsakanika, E., Macchioni, N., Jorissen, A., Touza, M., ... eta Lourenço, P. B. (2015): Guidelines for On-Site Assessment of Historic Timber Structures. International *Journal of Architectural Heritage*, 9(3), 277-289.

ICOMOS (1999) Principles for the Preservation of Historic Timber Structures

ICOMOS - ISCARSAH (2003) Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage

Kasal, B., eta Tannert, T. (2010): In situ assessment of structural timber. RILEM state of the art reports, (7).

Pagliaro, P. and Zuccarello, B. (2007): "Residual Stress Analysis of Orthotropic Materials by the Through-hole Drilling Method". Experimental Mechanics 47: 217–236

Roca, P., Clapés, J., Caselles, O., Vendrell, M., Giráldez, P., eta Sánchez-Beitia, S. (2008): Contribution of inspection techniques to the assessment of historical structures. In L. Binda, M. di Prisco, & R. Felicetti (Eds.), RILEM Symposium on On Site Assessment of Concrete, Masonry and Timber Structures-SACoMaTiS 2008 (pp. 621-632). *RILEM Publications* SARL.

Riggio, M., Anthony, R. W., Augelli, F., Kasal, B., Lechner, T., Muller, W., eta Tannert, T. (2014): In situ assessment of structural timber using non-destructive techniques. *Materials and Structures*, 47(5), 749-766.

Sanchez-Beitia, S., Torres, L., Barrallo, J., eta Iraola, B. (2012): In Jasienko J. (Ed.), *The hole drilling technique on timber structures: Previous tests*. WROCLAW; 53-204, WROCLAW UL OJACA BEYZYMA 20 B, Wroclaw, 00000, Polonia: DOLNOSLASKIE WYDAWNICTWO EDUKACYJNE-DWE.

Schajer, G., eta Yang, L. (1994). Residual-stress measurement in orthotropic materials using the hole-drilling method. *Experimental Mechanics, 34*(4), 324-333. doi:10.1007/BF02325147

Tannert, T., Anthony, R. W., Kasal, B., Kloiber, M., Piazza, M., Riggio, M., ... eta Yamaguchi, N. (2014): In situ assessment of structural timber using semi-destructive techniques. *Materials and structures*, 47(5), 767-785.

UNE-EN 408 (1995): Estructuras de madera-Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural-Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. (Timber structures - Structural timber and glued laminated timber - Determination of some physical and mechanical properties) *Estructuras de Madera, Editado por AENOR-Asociación Española de Normalización y Certificación-(2001), Madril.*


## 7. Eskerrak eta oharrak

Luis Acuña Rellori eskainitako laguntza eta jakituriagatik, eta flexioko saiakerak UVa-ko Palentziako Mendi Ingeniaritzako laborategian egiteko aukera emateagatik. UPV/EHUko PES 11/32 proiektuak eskainitako laguntza ekonomikoagatik eta ondoan izan dudan jende guztiari, esker aunitz.

# Echezarreta paper-fabrika Gipuzkoako industria-ondarearen eredu

Otamendi-Irizar, I.
*Arkitektura Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU*
*irati.otamendi@ehu.es*

***Laburpena***

Lan honek, egun hain premiazkoa den ondare industrialaren inguruko ikerketa beharrari erantzuten dio eta aztergai duen kasua, Echezarreta paper-fabrikarena, ibai-ibilguen inguruan egituratuz hedatu zen gipuzkoar industriaren eredu da. Artikulu honen helburua, Legorretako Echezarreta paper-fabrikaren kasua adibide gisa hartuta, industriak izan duen lekua eta eragina ezagutzera eman eta industria-ondarea aintzatesteko bidean ekarpena egitea da.

Hitz gakoak: industria ondarea, papergintza, Gipuzkoa, Echezarreta

***Abstract***

*This paper is framed within the current, necessary research on industrial architectural heritage and the case in question is the Echezarreta paper mill. This case study represents a significant example of industrial development of industry in Gipuzkoa, which was developed in an uncentralized way spreading out from the river basins. The aim of the paper is to make the role played by industry in the development of our country clearly visible in order to contribute to an understanding and acknowledgement of our industrial heritage.*

*Keywords: industrial heritage, paper mill, Gipuzkoa, Echezarreta*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Industria gure herriaren garapenean motor nagusi izan da. Bultzada handia eman zuen bilakaera urbano eta sozialean, eta era berean, paisaiak ere aldaketa nabarmenak bizi izan zituen. Egun, garapen-prozesu honen lekuko diren industria-multzo ugari daukagu gure lurraldean hedatuta, eta garaian garaiko gizartea, kultura, ekonomia, teknifikazio maila eta korronte estilistikoen adierazle dira.

Gipuzkoa industriala probintziako lau ibai-ibilgu nagusien inguruan egituratzen da. Testuinguru horretan, Oriako arroa, Gipuzkoako zabalena izateaz aparte, Euskal Herriko gune industrializatuenetako bat ere bada (Eusko Jaurlaritza, 2012).

Horren isla da ondare-balio handia duen presentzia industriala (arkitekturak, azpiegiturak, paisaiak…). Elementuok balio arkitektoniko-tekniko, historiko-teknologiko eta soziologiko esanguratsua badute ere, arriskuan daude nola presio urbanistikoagatik hala gizarteak ondare izaera aitortu eta bere identitatearen parte sentitzeko zailtasunak dituelako.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Industria-ondarea ez aintzatestea da arazoaren oinarri. Azken boladan herentzia hori balioan jartzeko zenbait prozesu sustatu eta ikerketa-lan garatu badira ere, gizarteak ez du behar adina interes eta ondorioz, ez du aktiboki jarduten.

Halaber, administrazioak eta ondarearen zaintzarako dituzten erremintak ez dira behar bezain eraginkorrak euren zainketa-ardurei (Euskal Autonomia Erkidegoa, 1990) dagokien bezala erantzuteko.

Hori guztiagatik, egoera honetan, ikerketa funtsezkoa da gaiarekiko ezagutza mailari egiten zaion ekarpenagatik eta ondarea ezagutzea, haren babesa bermatzeko lehen pausoa dela ulertzen baita.

Ikerketa honen helburua, Legorretako Echezarreta paper-fabrikaren kasua adibide gisa hartuta, industriak izan duen lekua eta eragina ezagutzera eman eta industria-ondarea aintzatesteko bidean ekarpena egitea da.

**1. irudia. Echezarreta paper-fabrika 1960 inguruan**



## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Echezarreta paper-fabrikaren abiapuntua: Oria ibaia

Echezarreta paper-fabrikaren abiapuntua 1902an koka daiteke, turbina bat elikatzea helburu izanik Juan José Echezarretak, Oriako uren erabilera industrialerako baimena lortu zuenean. (Gipuzkoako Foru Aldundia, 1902).

Era honetako abiapuntuak ohikoak izan dira. Gipuzkoan, ibai-ibilguen ur-aprobetxamenduan oinarritutako lehen ekimen industrialak XIII. mende erdialdekoak dira (Urteaga, 1989) eta geroago, fabrika moderno askok euren energia-iturria bermatzeko, gure bailaretan hain ugariak izan ziren burdinola zein irin-errota bezalako instalazio aurreindustrialen ur-aprobetxamendu azpiegiturak baliatu zituzten (Herreras, 2011).

Echezarretak baditu fabrikaren garapenarekin bereganatutako beste bi ur aprobetxamendu: Legorretan bertan dagoen “Errotazar”-ekoa eta Ikaztegietan kokatutako “Urbideko errota”koa (Aguirre, 2004). Izenei erreparatuta, aurrez azaldutako berrerabilpen joera horren beste kasu bat izan litekeela dirudi.

### 3.2 Papergintza

Legorretan paper-fabrika kokatzea ez zen kasualitatea izan. Papergintza, Gipuzkoan -eta bereziki Oria bailaran- XIX. mendetik garatutako industria sektore garrantzitsuenetako bat da. (Catalán, 1990). Garaia ere ez zen edozein, Estatuko paper-ekoizpenaren inguruko datuei erreparatuta, 1892an 15.000 tonako produkzioa eman bazen, 10 urte geroago, Echezarretak bere proiektu industrialari ekin zion urtean, 36.000tonara ailegatu ziren (Irigoras, 2008). Gainera, urtebete lehenago, 1901ean sortua zen La Papelera Española, sektorea berregituratu eta indartu asmoz.

Echezarretaren paper-fabrikaren hastapenetan, kartoia eta kaxa-kartoia besterik ez zuten produzitzen baina urte batzuen buruan, 1918an, papera ekoizteari ekin zioten. 1919an beste 17 bazkiderekin batera, “La Sociedad Cooperativa de Fabricantes de Papel de España (S.C.F.P.)” eratu zuten, guztientzako lehengaiak erosi eta bakoitzaren beharren arabera banaketa egitea helburu izanik. 18 fabrika horietako 12 Gipuzkoan zeuden eta horietako 8 Tolosan. Beste 2 Hernanin, 1 Iruran eta Echezarretarena Legorretan (Irigoras, 2008). Nabarmena zen gipuzkoar papergintzaren indarra, 1931an estatuko paper produkzioaren %60a ekoizten zen probintzia honetan (Doxanbaratz, 2002).

Juan José Echezarretarekin batera, eta lehendik abiatutako proiektuari bultzada emateko, 1933an “Fábricas de Papel y Cartón Echezarreta, S.A.” elkartea osatu zuen Gumersindo Bireben ingeniariak, Gipuzkoako paper-fabriken arrakastari buruz idatzi zuen 1948an. Haren esanetan, hauek ziren faktore garrantzitsuenak: Pasaiako portutik paper-ekoizpenerako “paper-orea”

inportatzeko eta ikatza prezio onean lortzeko erraztasuna, garairako Gipuzkoako ibaietan kokatutako ur-saltoei esker eskuratutako energia-elektriko oparotasuna eta arbasoen izpiritu ekintzailea, besteak beste (Bireben, 1948). Horretaz gain, azpimarragarria da Madrid-Irun trenbidea eta N1 errepidea Oria bailaran zehar eta kostalderantz –Pasaiatik pasaz- igarotzeak izan zuen garrantzia.

Papergintzak Oria bailaran -batez ere ibaiaren erdi-ibilguan, Tolosaldean- izan zuen arrakastaren eredu da 1965ean martxan jarri eta egun oraindik martxan darraien Tolosako paper-eskola, estatu mailan erreferente izan zena.

### 3.3 Industriaren eragina gure herri eta paisaien bilakaeran

Azpimarratzekoa da industriak gure herri eta paisaien eraldaketan izan duen eragina. Industriaren ekoizpen-jarduerarekin erlazionatutako eraikin eta azpiegiturek gure inguruetan izan duten presentziaz aparte, industrialarien ekimenezko eraikin, auzo eta gune ugari aurki daitezke gure parajeetan. Kontu honetan ere eredugarria da aztergai dugun kasua.

Juan José Echezarretak ekarri zuen argia Legorretara. Herriko lehen elektrizitate sarea, 1902an haren paper eta kartoi fabrika elektrifikatu zuena izan zen eta urte batzuk geroago, 1923an, herrira zabaldu zuen argindar hornidura. Era berean, Ordizia eta Zaldibia (Legorretatik 5 eta 8km-tara daude hurrenez-hurren) hark eraikitako zentralak hornitu zituen argindarrez (Aguirre, 2004). Ordiziako herriari energia elektrikoa eskaintzeaz aparte, egun bere izena duen herri-antzokiaren eraikuntza sustatu zuen Echezarretak herrian bertan zuen orube batean.

Legorretako fabrika garatzen zihoan eran, 1923-1924an 70 langile -20 emakumezko- (Aguirre, 2004) izatetik 1943an 180 langile izatera pasata (Doxanbaratz, 2002), herrian ez zen eurentzako behar adina etxebizitza libre. Hau horrela, 1947an herrian bizi ez ziren fabrikako langileei etxebizitza eskaintzeko helburuarekin Echezarreta familiak, herriko erdigunean zituen orubeak dohaintzan eman zituen "Echezarreta auzoa" eraikitzeko. 1940an herri erdigunean 37 etxebizitza zeuden (Aguirre, 2004) eta Ramón Martiarena arkitektoak diseinatutako proiektu honekin etxebizitza kopurua bikoiztu egin zen hurrengo urteetan.

Azpiegitura, eraikin eta auzoetatik haratago, familia honek, beste industrialari askoren gisan, jabetzan landa-lur ugari zituen eta egurra paper produkziorako beharrezko lehengaietako bat izanik, lur horiek hazkunde azkarreko zuhaitzez josi zituen. 1932 eta 1952 artean, urtean 2.000.000 inguru "pinus insignis" landatzen ziren Gipuzkoan (Giménez, 1952) eta ondorioz, gure paisaiak eraldaketa nabariak jasan zituen. Bilakaera honen ondorio bisualez gain, kontuan izan behar da ordura arteko lur ustiapen moduan, eta ondorioz, hauek ustiatzen zituztenen bizimoduan izandako eragina.

### 3.4 Industrialariak aitzindari

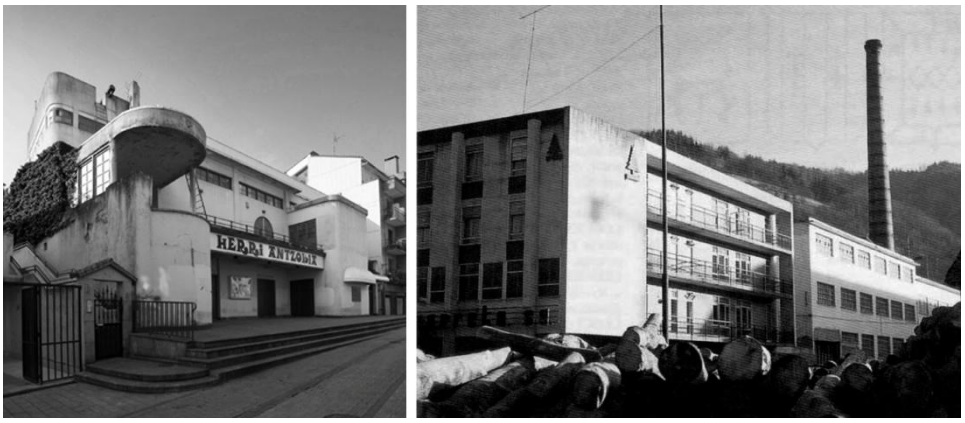
Peter Behrens arkitekto alemaniarrak 1920an eraikin industrialek izan behar zituzten ezaugarri nagusiak finkatu zituen. Espazioen banaketarekin erlazionatutako ideiak proposatu zituen eta enpresaren "irudi korporatiboa" osatze aldera kontuan izan beharrekoak aipatu (Behne, 1923). Haren ideiak aintzat hartuta formulatu zituzten Mugimendu Modernoaren oinarriak Gropiusek baieztatu zuenez (García, 2005).

Aipagarria da korronte arkitektoniko honek Euskal Herrian, eta Gipuzkoan bereziki, izan zuen presentzia. Lehen adibideak 1920 eta 1930 hamarkadetan eman baziren ere, 1936ko Gerraren ondoren hedatu zen indar handiagoz. Industria arkitekturan eman zen bereziki (Fernández Altuna, 2004), erregimen frankistarekin eraikin publiko eta etxebizitzek irudi historizistei erantzun behar zieten bitartean, eraikin industrialetan modernotasunerako askatasun handiagoa baitzegoen (Collantes eta Otamendi, 2011).

Beraz, Gipuzkoan industrialariak aitzindari. Behrensen "irudi korporatiboa"ren ingurukoak bere egin zituzten eta euren fabriken irudi modernoa adierazteko propaganda-erreminta gisa erabili zuten arkitektura. Honen eredu ditugu, Legorretako papergileak sustatuta Domingo Unanuek 1927an diseinatutako Ordiziako Herri-Antzokia eta 30 urte geroago, fabrikari berari

irudi berritzailea emango zion bulego eraikina. Azken hau, Fernando Redón Huici arkitekto nafarrak diseinatu zuen Mugimendu Modernoko aitzindarietako bat izandako Richard Neutra arkitektoarekin lanean jarduteko aukera izan ondoren (Fernández Salido, 2006). Aipatutako bi eraikin hauek DOCOMOMO (Documentation and Conservation of buildings, sites and neighbourhoods of the Modern Movement) fundazioak erregistratuak ditu.

**2. irudia. Ordiziako Echezarreta Herri Antzokia eta Legorretako fabrikako bulego eraikina**

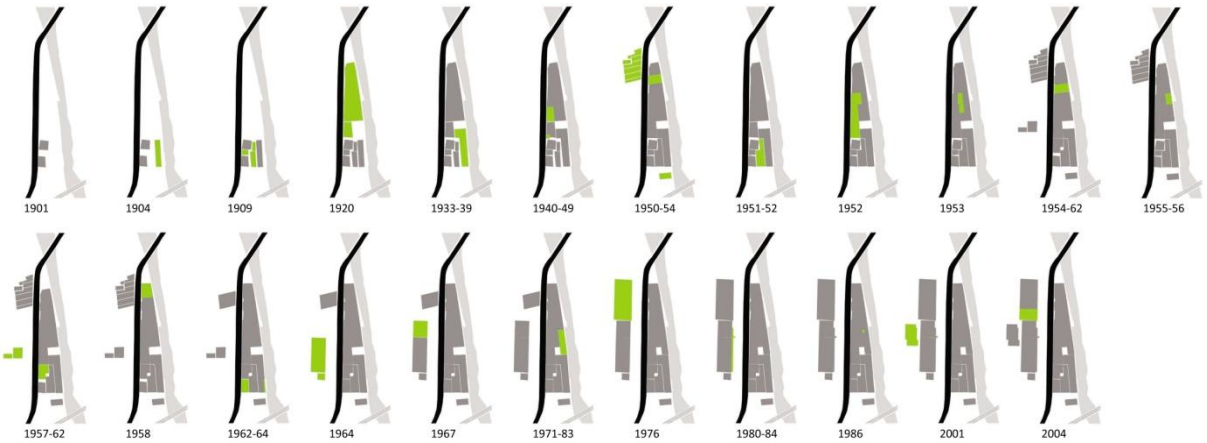


## 3.5 Behar berriak, arkitektura berriak

Jantzi bat soinaren aldaketetara moldatzen den gisan egokitu behar du eraikinak uneko beharretara (Perez de Arce, 2008). Premisa honen aplikazio zuzena ematen da fabrika baten garapenean. Azken batean, eraikin industrialaren oinarrizko baldintza da denboran zehar izango diren aurrerapenetara eta eskakizun berrietara egokitzeko gaitasuna. Beste era batera esanda, izaera ez amaitua beharrezkoa da kasu hauetan, sistema operatibo ireki gisa funtzionatzeko gai izan behar dute (Sobrino, 1996).

Legorretako paper-fabrikaren bilakaera aurrez esandakoaren isla da. Lehen urte haietan eskulangintzan oinarritutako jarduerarako zuten eraikin bakar hartatik (Doxanbaratz, 2002) egungo 13.000m$^2$-tik gorako azalera hartzen duten instalazioetara bidean pauso asko eman dira. Pauso bakoitzak behar berri bati erantzun dio, gehienetan ekoizpen-prozesuan emandako aldaketen araberako beharrei. Teknologian izandako aurrerapenetan oinarritzen ziren aldaketa gehienak eta aldi berean, aldaketa horiei unean-uneko eraikuntza-teknika berrien bidez ematen zitzaien erantzuna.

**3. irudia. Echezarreta paper-fabrikaren bilakaera**




## 3.6 Fabrika bera ekimen ezberdinen egoitza

Ohikoa da enpresa baten industria-jarduera amaitzean, fabrika bera, jarduera ezberdinetarako edota jarduera bereko beste enpresen ekimenetarako berrerabiltzea.

Aztergai dugun kasua joera honen eredu da. Juan José Echezarretak Legorretan martxan jarritako fabrika, 1933tik "Fábricas de Papel y Cartón Echezarreta, S.A." izenez eta 1992tik aurrera "Echezarreta, S.A." bezala ezagutua, 2004an Villabonako "La Salvadora S.A." paper-enpresak irentsi eta Legorretako instalazioetan ordezkatu zuen "Paperalia S.A." izenarekin. Urtebeteren buruan, ordea, ateak itxi behar izan zituen. 2009an, lau urtez hutsik egon ondoren, ordura arte Tolosan jardundako "Amaroz S.A." paper-enpresak Legorretako instalazioak bere egoitza bihurtu zituen. Azken enpresa honek bere jarduera eten zuenetik hutsik dago fabrika, hurrengo ekimena noiz helduko zain.

Esan bezala, Gipuzkoan bertan, industria multzo asko ditugu egoera honetan. Horri erantzuna eman nahian, azken boladan, berrerabiltze aukera hori estrategia gisa baliatuz, eragile ezberdinen parte-hartzean eta kudeaketa modu berrietan oinarritutako zenbait ekimen sortu dira gure lurraldean. Honen eredu dira Eibarren garatutako Berreibar proiektua (Collantes, 2013) eta Urretxuko Irimokoa[1] garatzen ari direna besteak beste.

## 4. Ondorioak

Agerikoa da, beraz, industriak gure herriaren historian eta bilakaeran izan duen garrantzia. Eta, agerikoa da era berean, horren isla den industria-ondare aberatsa dugula, Echezarreta paper-fabrika bezalako lekukoekin.

Honelako multzo industrialetan aurki daitekeen ondare higigarria eta ondare dokumentala balio handikoak izan daitezke. Aipagarriak dira Echezarretaren kasuan, bertan dirauen Babcock & Wilcox etxeko 1951ko galdara (segur aski mota eta antzinatasun honetako bakarra EAE mailan) eta fabrika horretan jardun zuten 3 paper-enpresen dokumentazioa. Ezin ahaztu zentzu honetan, babesik gabeko egoeran emandako espoliazioagatik galdutako makinaria guztia.

Edukiak bezainbesteko balioa du edukiontziak, eta gainera, lehenak zentzua galtzen du bigarrenik gabe, eta alderantziz. Horregatik, industria-arkitektura multzoei, beraiei ere, duten balioa aitortu behar zaie. Batetik, aipatu bezala, kasu askotan industriaurreko azpiegituren berrerabileratik jaio direnez, industria modernoa baino lehenagokoaren berri ematen digute. Gainera, espazioen eta hauen bilakaera aztertzeak bertan emandako ekoizpen prozesuen garapena ezagutzea ahalbidetzen digute. Bestalde, industriaren garapen behar horrek eraginda garai bakoitzean erabilitako eraikuntza material eta teknikak ikusgai izaten dira horrelakoetan. Legorretako paper-fabrikan, esaterako, 20. hamarkadan jada eraikiak zeuden hormigoi armatuzko egituretatik (Doxanbaratz, 2002) hasi eta 21. mende hasierara arte eraikitakoak arkitektura-multzo beraren parte dira egun.

Hori guztiaz gain, garaian-garaiko bizimolde, ohitura eta ofizioak ezagutzeko parada ere ematen digute ikerketa-kasu hauek, ondare ez-material aberatsa dute beren baitan.

Hau horrela, ezinbestekoa da industria-ondare horri duen balio soziologiko, arkitektoniko-tekniko, teknologiko, historiko eta kulturala aitortzea. Zentzu horretan, funtsezkoa da ikertzea eta ondare honen ezagutzan sakontzea, jakina baita ezagutzen ez dena ez dela baloratzen.

Gainera, aipatutako balioez gain, eraikuntza industrialek sortzetik, denboran zehar eraldatzen joateko ezaugarri bereziak izaten dituztenez, berrerabiliak izateko aukera paregabeak eskaintzen dituzte.

Hau guztia kontuan izanda, industria-ondare arkitektonikoa estrategikoa izan daiteke etorkizun jasangarriago eta aberatsago baten garapenerako.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Echezarreta paper-fabrikaren azterketa, ikerketa zabalago baten parte da. Ikerketa honek, Gipuzkoako -eta bereziki Oria bailarako- industria ondarearen ezagutzan sakonduta helburu zabalago bati erantzun nahi dio.

1 http://irimoph.blogspot.com.es/

Zentzu horretan, lurralde mailako analisitik abiatu eta industria-multzo batzuen azterketan sakonduta, industria ondare honen balorazio, babes eta zaintzarako irizpide orokor egokiagoak definitu nahi dira.

## 6. Erreferentziak


Aguirre Sarondo, A. (2004). *Legorreta: bizitza ibaiaren biragune batean,* Legorretako Udala, Legorreta.

Behne, A. (1994). *1923, La construcción funcional moderna*, Col·legi d"Arquitectes de Catalunya, Demarcació de Barcelona, Bartzelona.

Bireben, G. (1948), La industria papelera en Guipuzcoa, *Revista Financiera del Banco de Vizcaya, Banco de Vizcaya*, Bilbo, urria, 33-36.

Catalán Vidal, J. (1990): "Capitales modestos y dinamismo industrial: orígenes del sistema de fábrica en los valles guipuzcoanos, 1841-1918" in J. Nadal Oller eta A. Carreras i Odriozola (arg.) *Pautas regionales de la industrialización española: (siglos XIX-XX).* Ariel, Bartzelona, 125-158.

Collantes Gabella, E. (2013), Arkitektura-ondare industrialaren birmoldaketa proaktiboa, *Aldiri. Arkitektura eta Abar,* 15, 24-25.

Collantes Gabella, E. eta Otamendi Irizar, I. (2011): "La redería de Pasaia: modelo de reconversión espontánea de un edificio industrial" in *I Congreso de Investigación sobre Paisaje Industrial,* Sevilla, 116.

Doxanbaratz Otaegi, B. (2002): *Echezarreta: cien años fabricando papel, 1902-200,* Echezarreta S.A., Legorreta.

Euskal Autonomia Erkidegoa. 7/1990 legea, uztailaren 3koa, Euskal Kultur Ondareari Buruzkoa. *Euskal Herriko Agintaritzaren Aldizkaria [EHAA]* 1990/08/06, 157.

Eusko Jaurlaritza, Hezkuntza, Hizkuntza Politika eta Kultura Saila. (2012): "Caracterización y valoración del paisaje industrial del curso medio del Oria" in *Inventario de paisajes industriales en el ámbito de la comunidad autónoma del país vasco*, Eusko Jaurlaritza, Gasteiz.

Fernández Altuna, J.J. (2004), Arkitektura industriala modernoa Gipuzkoan (1928-1939): tipologiak eta iturria, *Ondare,* 23, 325-333.

Fernández Salido, L. M. (2006): *Fernando Redón Huici, arquitecto.* Gobierno de Navarra, Iruñea.

García Braña, C. (2005): "Industria y arquitectura moderna en España", in C. García, S. Landrove, A. Tostoes (arg.) *La arquitectura de la industria 1925–1965: Registro DOCOMOMO Ibérico,* Fundación DOCOMOMO Ibérico, Bartzelona, 36-59.

Giménez Caballero, E. (1952), Las Papeleras en Guipúzcoa, *Mundo hispánico*. 52. (uztaila), 47-50.

Gipuzkoako Foru Aldundia (1902). *Gipuzkoako Aldizkari Ofiziala [BOG] 1902/04/25*, 50.

Herreras Moratinos, B. eta Zaldua Goena, J. (2011): *Arqueología industrial en Gipuzkoa. Estado de la cuestión,* Gipuzkoako Foru Aldundia, Donostia.

Irigoras Ormazabal, A. (2008): *1865-1987, Zegamako papelera: 122 urte lanean,* Errroteta, Zornotza.

Perez de Arce, R. (2008): "Treinta años después" in D. Torres , F. García eta N. Tugas, *¡El tiempo construye!*, Gustavo Gili, Bartzelona, 26.

Sobrino Simal, V.J. (1996): *Arquitectura industrial en España 1830-1990*, Cátedra, Madrid.

Urteaga Artigas, M. (1989): "Ferrerías en Gipuzkoa. El Río como fuente de aprovechamiento energético" in A. Cañamero, I.Ceberio, et.al *Ibaiak eta haranak: el agua, el río y los espacios agrícola, industrial y urbano*. Etor, Donostia, 121-144.


## 7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau, Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza, Hizkuntza Politika eta Kultura Sailak doktore ez diren ikertzaileak prestatzeko duen programako doktore-aurreko bekaren laguntzarekin ari da garatzen.

# Hiri-hondakinak biltzeko sistemen efizientzia teknikoa eta bizi-zikloaren analisia.

Iraia Oribe-Garcia, Ander Pijoan, Cruz E. Borges,
Ana M. Macarulla-Arenaza, Ainhoa Alonso-Vicario
*Deusto Teknologia Institutua – DeustoTech Energy, Deustuko Unibertsitatea.*
*Unibertsitate etorbidea 24, 48007 Bilbao*
*{iraia.oribe,ander.pijoan,cruz.borges,ana.macarulla,ainhoa.alonso}@deusto.es*

***Laburpena***

Hiri hondakinen kudeaketan, bilketa sistemaren diseinua garrantzia handiko erabakia da. Oro har, tratamendu desberdinetara bidaltzen den hondakin kopurua tokian tokiko bilketa sistemaren araberakoa da. Herritarren partaidetza eraginkorra ezinbestekoa den heinean ahalik eta bereizketa maila altuena lortzeko, bilketa sistemek muga teknikoak dituzte egite honetan. Halaber, bilketa sistema ingurugiro zama askoren erantzule da, batez ere, hondakinak mugiarazteko fase honen behar energetikoak direla eta. Lan honetan bilketa sistema desberdinak aztertu dira ikuspuntu tekniko batetik eta beraien klima aldaketarekiko ekarpena kuantifikatu da.

Hitz gakoak: Hiri-hondakinen bilketa, Bizi-Zikloaren azterketa, Klima aldaketa

***Abstract***

*The proper design of the waste collection system within urban waste management is of great importance. In general, the collection system limits the amount of waste to be sent to different treatments. Additionally, waste collection is behind lots of the environmental burdens, mainly due to the resources needed to move the wastes. As a result, it is necessary to have a thorough knowledge of where and why the environmental loads are produced. Therefore, this work analyses, from a technical point of view, different waste collection systems and quantifies the contribution to climate change based on life cycle assessment.*

*Keywords: Municipal waste collection, life cycle assessment, climate change*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Ingurumen arloan, Europako bidai orriak ekonomia lineal batetik zirkularrago batera iragaitea du helburu, alegia, erabilera bakarreko lehengaiak erauzten dituen eredu ekonomikoa alde batera utzi berrerabilpena eta birziklapena sustatzeko. Trantsizio honetan hiri-hondakinen kudeaketa estrategiek zeresan handia dute.

2008/98/EU zuzentaraua hondakinen inguruko Europaren marko juridikoaren oinarria da. Besteak beste, tratamenduen lehentasun hierarkia ezartzen du; horren arabera, lehenik eta behin hondakinen sorrera saihestu behar da eta, ondoren, berrerabilpena eta birziklapena hobetu bestelako balorizazio (adibidez, balorizazio energetikoa) eta hondakinen ezabaketaren aurretik.

Bestetik, aipatutako zuzentarauak estatu kideen betebeharrak hondakinen gaikako bilketaren (HGB) inguruan zehazten ditu. Hala nola, 2015rako estatu kide guztiek beira, papera, metalak eta plastikoen gaikako bilketa ezarri behar dutela esan, eta 2020rako hondakin korronte hauen gutxieneko %50eko berrerabilpena edo birziklapena ziurtatzen du (EB, 2008).

Alabaina, 2011an hiri-hondakinen birziklapen-tasa %40a baino ez zela ikusirik, 2014an 2008/98/EU zuzentarauaren aldaketa-proposamena aurkeztu zen berrerabilpen eta birziklapen helburuak indartuz (egun, zuzentarauaren aldaketa proposamena baztertua izan da). Honek, 2030rako hiri-hondakinen %70ko eta ontzi-hondakinen %80a birziklapen-tasa proposatzen zuen eta, bestetik, hondakin birziklagarrien ezabaketa debekatzea proposatu zuen (EB, 2014). Halaber, 2016rako hondakin organikoen isurketa ere zeharo murriztu behar da (IM, 2001).

Testuinguru honetan, adostasun-maila handia dago HGB sistemak sustatzeko beharraren inguruan, batez ere birziklagarriak diren hondakinentzat (papera, beira, ontziak). Desadostasunak, alabaina, iraunkortasun ikuspuntu batetik bilketa sistema egokiena zein denetz adostean datza. Euskal Herrian baita ere, HGB ereduen inguruko eztabaida piztu da duela urte batzuetatik ona.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

HGB sistemen inguruko ikerketa ugari topatu daiteke literaturan zehar. Batzuek aferaren alde teknikoak aztertu dituzte, sistema bakoitzak zein nolako bilketa maila lor dezakeen aztertuz (Gallardo et al., 2012, 2010). Beste batzuek, gizarteak aktiboki parte hartzera zer nolako ezaugarrik bultzatzen dituen aztertu dute (Bovea et al., 2010; Ibáñez et al., 2011). Halaber, eta gaur egun ingurugirorengan eragiten den ondorioen azterketak duen lehentasuna kontuan hartuta, gero eta ikerketa lan gehiago dago aldagai honen inguruan.

Bizi-Zikloaren Azterketaren (BZA) metodologiak sistema baten ingurugiro-zamak ebaluatzeko aukera ematen du sistemaren behar materialak eta energetikoak, eta sortutako hondakin zein isurketak identifikatuz eta kuantifikatuz. Normalean, produktuen ingurumen-zamak aztertzeko tresna gisa erabili da, izan ere, zerbitzuen ingurumen-eraginak ebaluatzeko potentzial handia erakutsi izan du. Hiri-hondakinen arloan, BZA erabili da kudeaketa aukera desberdinak konparatzeko (Larsen et al., 2010; Muñoz et al., 2004), ingurugiroaren ikuspunturik prozesuaren zein puntutan aldaketa egin behar diren ezagutzeko (Merrild et al., 2012), edota ingurugiro-zamak zein hondakin korrontek eragiten duen ezagutzeko (Manfredi, 2009).

Inguruarengan HGB eredu desberdinek eragiten dituzten ingurugiro-zama desberdinak aztertzeko ere BZA erabili da (Aranda Usón et al., 2013; Iriarte et al., 2009; Teerioja et al., 2012). Hondakin bilketaren definizio bateraturik ez dagoen bitartean, lanen arteko konparaketa konplexua da, eta, ondorioz, ingurumen datuak zein teknikoak estrapolatzea zeharo zaila da (Eisted et al., 2009). Are gehiago, BZAk dituen muga nagusienetariko bat aldagai espaziala da, non emaitzek menpekotasun handia erakutsi duten erabilitako datuen jatorriaren arabera (Laurent et al., 2014).

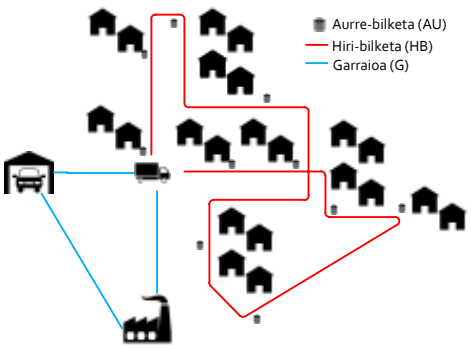
Ikerketa lan honen helburu nagusia bi HGB eredu konparatzean datza, alde batetik efizientzia teknikoa aztertuz, alegia, sistema bakoitzaren bereizketa-maila, eta, bestetik, BZA tresna gisa erabiltzea da ingurumen ikuspuntu batetik sistemak konparatzeko.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Bilketa sistemen deskribapena

Lan honetan hondakin-bilketak hiru osagai barne hartzen ditu: aurre-bilketa (AB), hiri-bilketa (HB) eta garraioa (G). ABk, edukiontzi beharrarekin du zerikusia, hala nola, zenbat edukiontzi behar diren herri baten beharrak asetzeko. HBk lehen edukiontzia

**1. irudia: Bilketak barne hartzen dituen osagai desberdinen deskribapena**



hartzen denetik azkena bildu arteko lanak biltzen ditu; eta Gk tratamendu instalazioetaraino desplazamendu lanak barne hartzen ditu (1. irudia).

Bi sistemek beira, papera, ontziak eta materia organikoa gaika biltzen dute. Bestetik, errefusa biltzen da. Material beharrei dagokienez, sistemen arteko desberdintasunak aurre-bilketan eta hiri bilketa datza. EDUKI sistemak edukiontziak erabiltzen ditu, aldiz, ATE sistemak edukiontziak ordezkatu ditu edukiontzia hondakina pilatzeko erabiltzen den ontzia (poltsa) bilakatuz..

- EDUKI4: sistema hau Euskal Herriko udalerrietan gehien zabaldurik dagoen sistema da. Orokorrean beira, papera eta ontziak ekarpen guneetan (<250 m) biltzen dira eta errefusa espaloi gunean (< 50 m).

Hondakinak osatzen duten materia organikoa gaika biltzerako orduan desberdintasunak sortu dira HGB sistemen artean. Hala, egun bi sistema nagusi bereizten dira:

- EDUKI5: sistema hau EDUKI4 sistemaren hedapena da 5. edukiontzi bat ezarriz.
- ATE: sistema honek edukiontziak ordezkatu ditu (beiraren kasuan izan ezik), bilketa puntuak etxe-atarietatik ahalik eta hurbilen ezarriz ( 0 m, atari gunea). Sistema honetan biztanleriak aste-egutegi espezifiko bat du non zein egunetan zein korronte biltzen den zehazten da. Larrialdi guneetan edukiontziak daude hala behar duten biztanleentzako, alabaina, hauek ikerketatik kanpo geratu dira.

### 3.2 Efizientzia teknikoa: sistemen zatikapen maila

Sistemen efizientzia teknikoa zatikapen mailaren, bereizketa-mailaren eta berreskurapen-mailaren arabera zehaztu da (1,2,3 ekuazioak).

$$\text{atikapen maila (ZM)} = \frac{i \text{ korrontearen pisu gordina edukiontzia}}{\text{Hondakinen guztien pisua}} \quad (1)$$

$$\text{Bereizketa} - \text{maila (BM)} = \frac{i \text{ korrontearen pisu gordina edukiontzia}}{i \text{ korrontearen pisua guztira}} \quad (2)$$

$$\text{Berreskurapen} - \text{maila(BeM)} = \frac{i \text{ korrontea garbiaren pisua}}{i \text{ korrontearen pisua guztira}} \quad (3)$$

non, *i* hondakin korronte bakoitza den, hau da, materia organikoa (MO), papera (P), ontzi-arinak (O), beira (B), errefusa (E).

**1. taula. HGB desberdinen zatikapen-mailak (ZM).**

| | EDUKI 4 | EDUKI 5 | ATE |
|---|---|---|---|
| Ontzi-arinak | 3,78 | 4,90 | 13,90 |
| Papera | 6,82 | 12,39 | 17,53 |
| Beira | 7,69 | 10,56 | 15,44 |
| Mat.organikoa | 0 | 9,74 | 39,56 |
| Errefusa | 81,67 | 62,41 | 13,59 |
| Mat.organikoa | 44,51 | 35,27 | 1,88 |
| Papera | 8,02 | 5,77 | 0,39 |
| Beira | 4,03 | 3,43 | 0,12 |
| Plastikoa | 8,66 | 6,07 | 0,45 |
| Metalak | 2,44 | 1,57 | 0,11 |
| Ontzi konplexuak | 1,09 | 0,79 | 0,06 |
| Bestelakoak | 12,87 | 9,47 | 10,57 |
| % gaiako bilketa | 18,33 | 37,59 | 86,41 |
| % gainerakoa | 81,67 | 62,41 | 13,59 |

1.taulak EDUKI4, EDUKI5 eta ATE sistemen ZMak laburbiltzen ditu. Datu hauek aztertzeko Bizkaiko zein Gipuzkoako datuak aztertu dira. EDUKI4 sistema Bizkaiko 2012ko datuen laburpena da (BFA, 2012), EDUKI5 Urola Kostako (Gipuzkoa) mankomunitatetik eratorri dira (GFA, 2012). Azkenik, ATE sistema San Marko mankomunitatean sistema hau ezarrita duten herrien datuen azteketatik eratorri da.

1. taulatik eratorri daiteke ATE sistemak gaikako bilketa-maila handiena ahalbidetzen duen HGB sistema dela. Hala ere, datu hauek hiri hondakinen karakterizazioarekin eta korronte bakoitzaren purutasunarekin alderatu beharko lirateke, korronte bakoitzaren bereizketa-mailarekin (2) eta behin-betiko berreskurapen-maila (3) ezagutzeko.

### 3.3 Bizi-zikloaren azterketa. Inbentarioa.

Atal honen helburua HGB sistema desberdinak aldaratzean datza ingurumen ikuspuntu batetik, batik bat, klima-aldaketari (kg $CO_2$-bk) dagokionez. Unitate funtzionala, 13000 biztanleetako udalerri baten hiri hondakinen bilketa da urtean zehar 1kg $bizt^{-1}egun^{-1}$ sortzen duela jakinda.

ABri dagokionez Bizkaian 2012an pertsonako zenbat edukiontzi zeuden aztertu da udalerrien ezaugarrien arabera, EDUKI sistemaren edukiontzi beharra ezagutzeko. Halaber, ATE sisteman edukiontzi bat familiako zehaztu da familia bakoitzeko 2,6 pertsona dagoela kontuan hartuz (EUSTAT, 2006). Edukiontzien ezaugarriak Rives et al. (2010)-etik eratorri dira.

HB eta Gri dagokionez, *ad hoc* eredu bat egin da informazio geografikoa eta ibilbide algoritmoak erabiliz agenteen bidezko sistema simulatu batean, hondakin korronte bakoitza biltzeko beharrezko geltokiak eta distantzia eratortzeko. Hala, gasolio kontsumorako 0,4l/tkm[1] datua aintzat hartu da (Doka, 2009).

2. taulan sistema bakoitzaren inbentarioa aurkezten da, hau da, beharrezko edukiontziak eta mugitu beharreko distantziak hiri-ibilbidean (HI) eta garraio-ibilbidean (GI).

**2. taula. BZAren inbetarioa sistema bakoitzarako.**

| Bilketa sistema | Hondakin korronteak | Edukiontzi kopurua | Geltokiak | HI (km/ibil.) | GI (km/ibil.) | Bilketa maiztasuna (astean zehar) | HI (km/ibil.) | GI (km/ibil.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EDUKI4 EDUKI 5 | MO[2] | 43 | 18 | 12 | 59 | 1 | 624 | 3.068 |
| | P | 73 | 49 | 20 | 71 | 2 | 2.080 | 7.488 |
| | O | 79 | 52 | 18 | 71 | 1 | 936 | 3692 |
| | B | 74 | 49 | 17 | 88 | 0.2 | 177 | 915 |
| | E | 237 | 86 | 28 | 57 | 6 | 8.736 | 17.784 |
| ATE | MO | 4.879 | 341 | 48 | 57 | 3 | 7.488 | 8.892 |
| | P | / | 341 | 48 | 71 | 1 | 2.496 | 3.692 |
| | O | / | 341 | 48 | 71 | 2 | 4.992 | 7.394 |
| | B | 74 | 49 | 17 | 88 | 0,2 | 177 | 915 |
| | E | / | 341 | 48 | 57 | 1 | 2.496 | 2.964 |

### 3.4 Ingurugiro zamen ebaluaketa. Klima aldaketari ekarpena

Bildutako hondakin tonak, edukiontzi beharrak eta desplazamendu-distantzia aintzat hartuta 2-3. irudiek aztertutako HGB ereduen klima aldaketarekiko zama deskribatzen dute. Kontuan hartu behar da hemen hondakin kudeaketa estrategiaren behin-behineko

[1] Tkm: tona bat, kilometro baten zehar mugitzea
[2] Kasu honetan bakarrik EDUKI 5 sistemarako

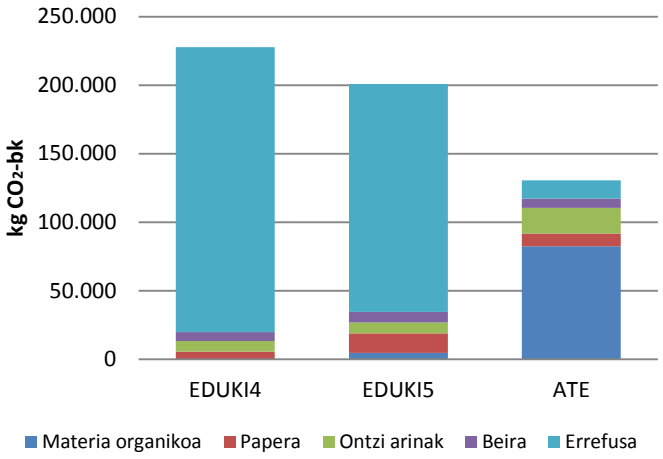
emaitzak baino ez direla aurkezten, alegia, behin-betiko emaitzek tratamenduen eragina kontuan hartu beharko lukete ere.

2. irudian ekarpen absolutua deskribatzen da, hots, urte baten kudeaketan zenbat kg $CO_2$ baliokide isurtzen diren HGB sistema eta hondakin korronte bakoitzeko. EDUKI4 sistemak klima aldaketari ekarpen handiena egiten dion sistema dela ikusi daiteke. Honen atzean dauden arrazoi nagusienak bildutako hondakin kantitateak eta bilketa maiztasunak dira. Hondakinen desplazamendutik eratortzen diren ingurugiro zamek, menpekotasun osoa dute mugitutako hondakin tonekin zein egindako distantziarekin. EDUKI4 sisteman, korronterik pisutsuena (1. taula) errefusa da, eta berak ere du bilketa maiztasunik handiena, beraz, errefusa da klima aldaketari hain ekarpen handia egitearen arrazoia.

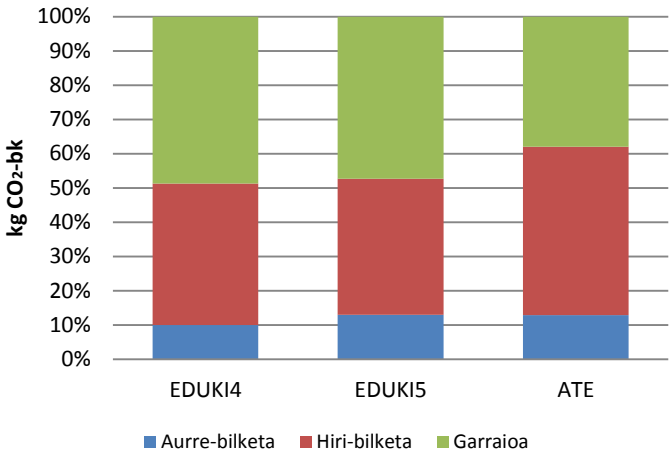
EDUKI5 sisteman klima aldaketari ekarpena murriztu egiten da errefusa gutxitzen delako. Alabaina, bilketa maiztasunak mantentzen dira eta oraindik ere materia organiko asko gainerakoarekin biltzen da.

Azkenik, ATE sisteman klima aldaketari ekarpena kasik %50 murriztu egiten da, batez ere maiztasunak zeharo aldatzen direlako E eta MOri dagokienez, hau da, hondakin korronte pisutsuenak.

**2. irudia: Klima-aldaketari ekarpen absolutu sistema eta korronte bakoitzeko**




**3. irudia: Klima-aldaketari ekarpen erlatiboa osagai bakoitzeko**




3. irudian, bilketa osatzen duten osagai bakoitzaren ekarpen erlatiboa aurkezten da. EDUKI5 eta ATE sistemek ekarpen handiena aurkezten dute AUn. Emaitza hau zeharo desberdina da beste ikerleek aurkeztutakoekin, non ATE sistemaren antzekoek klima aldaketan oso ekarpen txikia erakusten dute (Iriarte et al., 2009), alabaina sistemaren funtsa berdina den arren, bilketa puntuak biztanleriari hurbiltzea, bilketa eredua desberdinak dira.

Bestetik ere, hiri-ibilbideak luzeagoak diren heinean, orotara ATE sisteman hiri-bilketa osagaiak %50ko ekarpena eragiten du. EDUKI sistemetan ordea, osagai honek %40 inguruko ekarpena baino ez du egiten.

Azkenik, garraioa osagaiak EDUKI sistemetan %50ko ekarpena eragiten du, aldiz, ATE sistemak % 40. Garraioan, instalazio bakoitzeraino dagoen distantziak eragin handia du ingurugiro zamak aztertzerako orduan.

## 4. Ondorioak

Emaitzen azterketa egin eta gero ondoko ondorioak eratorri dira:

- Zatikapen mailari dagokionez, ATE sistemak gaikako bilketa-maila handienak aurkezten dituen HGB sistema da.

- Sistemen behin-betiko emaitzak ezagutzeko, hondakinen karakterizazioa eta ondoren aurre-tratamenduetan hondakin ezegokien ehunekoak ezagutu behar dira.
- ATE sistemak klima aldaketari ekarpen gutxien egiten dion HGB sistema da. Halaber, emaitza hau arretaz aztertu behar da erabilitako gasolio kontsumoarekiko menpekotasun handia duelako.
- Lan honetan landu den ibilbide eredua hedatu behar da kontsumo dinamikoa gehituz, hau da, kontsumoa hondakinen korronte bakoitzarekiko eratorriz.
- Bilketa maiztasunak eragin handia duen aldagai bat da, hala, sistemen ingurugiro zama leuntzeko berrikusi beharreko aldagaia da.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Hemendik aurrera eta emaitzak hobetzeko, ibilbide eredua lantzea lehenesten da. Dagoen sistema dagoela, benetako kontsumoak ezagutzeak, GHB sistemak optimizatzeko aukera anitz aurkezten ditu. Edukiontzien kokapena, maiztasunak berrantolatzea, bilketa beharrak identifikatzea udalerrien klima-aldaketarekiko zama gutxitzen lagundu baitezake.

## 6. Erreferentziak

Aranda Usón, A., Ferreira, G., Zambrana Vásquez, D., Zabalza Bribián, I., Llera Sastresa, E., 2013. Environmental-benefit analysis of two urban waste collection systems. Sci. Total Environ. 463-464, 72–77. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.05.053

BFA, Bizkaiako Foru Aldundia., 2012. Hiri hondakinen behatoki iraunkorra

Bovea, M.D., Ibáñez-Forés, V., Gallardo, a, Colomer-Mendoza, F.J., 2010. Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. Waste Manag. 30, 2383–95. doi:10.1016/j.wasman.2010.03.001

Doka, G., 2009. Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. Ecoinvent report No. 13. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, St Gallen.

Eisted, R., Larsen, A.W., Christensen, T.H., 2009. Collection, transfer and transport of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. Waste Manag. Res. 27, 738–45. doi:10.1177/0734242X09347796

EB, Europako Batzordea, 2008. Directiva 2008/98/CE, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos.

EB, Europako Batzordea, 2014. COM (2014) 397 final. Propuesta de directiva del parlamento europep y del consejo por la que se modifican las Directivas 2008/98/CE sobre residuos, 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases, 1999/31/CE relativa al vertido de residuos, 2000/53/.

EUSTAT, 2006. Familias por tipo y tamaño medio (en miles). 2006 [WWW Document]. URL http://www.eustat.es/elementos/ele0004400/ti_Familias_por_tipo_y_tamao_medio_en_miles_2006/tbl0004447_c.html#axzz3E8GpC8Bq (accessed 9.23.14).

Gallardo, A., Bovea, M.D., Colomer, F.J., Prades, M., 2012. Analysis of collection systems for sorted household waste in Spain. Waste Manag. 32, 1623–33. doi:10.1016/j.wasman.2012.04.006

Gallardo, A., Bovea, M.D., Colomer, F.J., Prades, M., Carlos, M., 2010. Comparison of different collection systems for sorted household waste in Spain. Waste Manag. 30, 2430–9. doi:10.1016/j.wasman.2010.05.026

GFA, Gipuzkoako Foru Aldundia., 2012. 2012ko Gipuzkoako etxe hondakinen gainerako frakzioaren karakterizazioa.

Ibáñez, M.V., Prades, M., Simó, A., 2011. Modelling municipal waste separation rates using generalized linear models and beta regression. Resour. Conserv. Recycl. 55, 1129–1138. doi:10.1016/j.resconrec.2011.07.002

IM, Ingurugiro Ministerioa, 2001. Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuso mediante depósito en vertedero.

Iriarte, A., Gabarrell, X., Rieradevall, J., 2009. LCA of selective waste collection systems in dense urban areas. Waste Manag. 29, 903–14. doi:10.1016/j.wasman.2008.06.002

Larsen, A.W., Merrild, H., Møller, J., Christensen, T.H., 2010. Waste collection systems for recyclables: an environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark). Waste Manag. 30, 744–54. doi:10.1016/j.wasman.2009.10.021

Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Hauschild, M.Z., Christensen, T.H., 2014. Review of LCA studies of solid waste management systems--part I: lessons learned and perspectives. Waste Manag. 34, 573–88. doi:10.1016/j.wasman.2013.10.045

Manfredi, S., 2009. Environmental Assessment of Solid Waste Landfilling in a Life Cycle Perspective (LCA model EASEWASTE). Technical University of Denmank.

Merrild, H., Larsen, A.W., Christensen, T.H., 2012. Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: The importance of efficient energy recovery and transport distances. Waste Manag. 32, 1009–18. doi:10.1016/j.wasman.2011.12.025

Muñoz, I., Rieradevall, J., Doménech, X., Milà, L., 2004. LCA Application to Integrated Waste Management Planning in Gipuzkoa ( Spain ). Int. J. LCA 9, 272–280.

Rives, J., Rieradevall, J., Gabarrell, X., 2010. LCA comparison of container systems in municipal solid waste management. Waste Manag. 30, 949–57. doi:10.1016/j.wasman.2010.01.027

Teerioja, N., Moliis, K., Kuvaja, E., Ollikainen, M., Punkkinen, H., Merta, E., 2012. Pneumatic vs. door-to-door waste collection systems in existing urban areas: a comparison of economic performance. Waste Manag. 32, 1782–91. doi:10.1016/j.wasman.2012.05.027

## 7. Eskerrak eta oharrak

Hemen aurkezten den lana, aurkeztear dauden Iraia Oribe-Garciaren eta Ander Pijoan tesien barruan burututako lanen atal bat da.

Ikerketa hau SEPARA proiektuaren barruan egin da Bizkaiko Foru Aldundiak finantzaturik.

# Etxean jakiak hobeto aprobetxatzeko produktu berri baten diseinua: Esperientzien diseinua ardatz hartuta

Lasa G., Justel D., Retegi A., Aranburu E.
*Diseinu Berrikuntza Zentroa (DBZ) – Mondragon Unibertsitatea*
*glasa@mondragon.edu*

## *Laburpena*

Diseinuaren jarduna inguruarekin batera garatzen den alorra izanik, gaur egungo kontestu sozio-ekonomikoak, esperientzietan oinarritutako diseinuen sorrera ekarri du. Balore ekonomikoa produktu eta zerbitzuetatik, esperientzietara garraiatzen ari da eta berrikuntza kasu askotan hontan oinarritzen hasi da. Estrategiak, erabiltzaileen beharrizanak modu eraginkor eta sakonago batean lantzea ahalbideratzen du eta lotura emozional eraginkorragoa lortzen da.

Ikerketa lan honetan esperientzien diseinua ardatz hartuta, zaborren sorrera eta kudeaketarekin lotuta dagoen arazoari soluzio bat aurkitu nahi zaio. Eta horretarako, esperientziak diseinatzeko metodologia bat erabili da. Artikulu honek, proiektuan erabili den diseinu prozesuaren analisi fasea deskribatzen du eta esperientzia diseinuaren metodologiaren baitan erabili diren pausu eta erramintak azaltzen ditu. Emaitza gisa, esperientzien diseinua ardatz duen prozesuak ekarri ditzazkeen aukerak eta pertsonen motibazio eta funtsezko beharrizanak aztertzearen garrantzia azaleratzen da.

Hitz gakoak: esperientzien diseinua, hondakin prebentzioa, analisi fasea.

## *Abstract*

*The experiences are becoming the new owners of the economic value, due to the new socio-economic context. More and more companies are using experience driven methodologies in order to get a better understanding of the feelings, needs and emotional behaviour of the users.*

*This research work aims to find a solution to home waste prevention and management, and in order to get that purpose, it is designed a new product using a experience design methodology. This communication explains the process and tools that are used in the analysis phase within this specific experience design development. As a result, we get that for this kind of projects, the experience design approach allow getting a much better understanding of human emotional triggers and we see the potential of experience design in order to get new and innovative products.*

*Keywords: experience design, waste prevention, analysis phase.*

## 1. Sarrera

Hiri hondakinen afera gero eta arazo konplexuagoa bihurtzen ari den honetan, erakunde publiko zein pribatuetatik datozen mezu, neurri eta proposamenek kudeaketa egokia eta prebentzioarekiko joera adierazten dute. Urruneko erakundeetatik hasi eta etxekoetaraino.

Europar Batzordetik (2014), esaterako, 2025 urterako jaki hondakinak %30 gutxitzeko helburua zehaztu dute. Eta horretarako funtsezko estrategia prebentzioarena izan beharko dela adierazten dute. Hondakinak hiru ardatz nagusiz osatua dagoen modeluez kudeatu ohi dira: Birziklapena, berrerabilpena eta murrizketa/prebentzioa (Europako hondakinen zuzendaritza 2008/98/CE). Eta, urte luzez beste ardatzak landu ondoren, gero eta gehiago dira prebentzioaren apustua egiten ari diren erakundeak.

Gipuzkoako Foru Aldundia, bere aldetik, modulua osatzen duten beste bi ardatzak albo batera utzi gabe, hainbat pausu ematen ari da prebentzioren estrategia zehatz honetan abiapuntua Gipuzkoako Hiri Hondakinak Kudeatzeko Plan Orokorra (GHHKPO) izanik. Eta etxeko hondakinak murrizteko proiektu honek, aurrekari bezela beste bi proiektu ditu norabide berdintsuan.

Alde batetik, Zerogar proiektua, non hiri hondakinen prebentziorako sortzen diren hondakinen araberako ordainketa sistemak aztertu dituen. Eta bestetik, erosketa guneetako hondakinen prebentzioa sustatzen duen proiektua. Hemen, arazo zehatz honi aurre egiteko

prebentzio estrategiak diseinatu eta balioaztatu dira. Aurreko proiektu hauetan landutakoez gain, beste testuinguru interesgarri bat etxea dela kontutan hartuta, ikerketa hau eremu honetara mugatu da.

Hondakinekiko hiritar bakoitzak duen portaera oso bestelakoa eta egitura-ezina dela ikusirik, ikerketa proiektua diseinu prozesu klasikoan oinarritu beharrean, esperientzien diseinuan oinarritu da. Diseinuaren jarduna inguruarekin batera garatzen den alorra izanik, gaur egungo kontestu sozio-ekonomikoak, esperientzietan oinarritutako diseinuen sorrera ekarri du (Pine eta Gilmore, 1998). Balore ekonomikoa produktu eta zerbitzuetatik, esperientzietara garraiatzen ari da eta berrikuntza kasu askotan hontan oinarritzen hasi da (Shedroff, 2001). Estrategiak, erabiltzaileen beharrizanak modu eraginkor eta sakonago batean lantzea ahalbideratzen du eta lotura emozional eraginkorragoa lortzen da (Jordan, 2000).

Honela, ikerketa lan honetan esperientzien diseinua ardatz hartuta, zaborren sorrera eta kudeaketarekin lotuta dagoen arazoari soluzio bat aurkitu nahi zaio. Eta horretarako, esperientziak diseinatzeko metodologia bat erabili da. Artikulu honek, proiektuan erabili den diseinu prozesuaren analisi fasea deskribatzen du eta esperientzia diseinuaren metodologiak berritasun eta berezitasunak azaldu, diseinu Brief-era heldu arte.

## 2. Ikerketaren helburuak

Ikerketa proiektu honen helburua, etxeetan janaria ahalik eta gehien aprobetxatzea ahalbideratzen duten produktu berriak diseinatzeko testuinguruen definizioa da.

Horretarako, Esperientzien diseinuan oinarrituta dagoen metodologia bat ardatz hartuta (Retegi et al., 2012), diseinu ikuspegi klasikoagoak diren irizpideetatik haratago, proiektua garatu ahal izateko testuinguruaren definizioa nola lortu eta analisi fasea nola burutu den azaltzen da. Ikerketa, Gipuzkoa Foru Aldundiaren diru laguntzarekin martxan dagoen Mondragon Unibertsitateko Ekodiseinu gelan garatu da.

## 3. Ikerketaren muina

Esperientzien diseinua, ohiko diseinu ikuspegiarekin alderatzen baldin badugu, erabiltzailearen motibazio eta zergaitietan oinarritzen den analisia da diferentzia nabarmenena. Honek, bideratzen baitu atzetik duen prozesuaren osotasuna.

Ikerketa proiektu honetan erabili den garapen prozesua esperientziak diseinatzeko metodologia bat da (Retegi et al., 2012), eta metodo hau pertsonen parte hartzean oinarritzen da, User Driven Innovation deritzon praktikan (DBZ, 2014). Abiapuntua pertsonen beharrizanak, xedeak eta gaitasunak dira. Horrela, modelo honek parte-hartzean oinarrituta bezeroarentzat esanguratsuak diren, salerosketa ikuspuntutik bideragarriak diren eta teknologia aldetik posibleak diren produktu eta zerbitzuak diseinatzea ahalbidetzen du.

### 3.1 Faseak

Proiektu hau aurrera eramateko prozesua 5 fase ezberdinetan banatua dago: kokapena, miaketa, kontzeptualizazioa, garapena eta ebaluazioa (1. irudia). Esperientzien diseinuaren garapenean, kokapenaren fasea da konplexutasun maila adierazten duena, eta era berean ohiko diseinu prozesuekin alderatuta desberdintasun nabarmenenak dituena. Horregatik, artikulu honetan kokapenaren fase zehatz hau azalduko da.

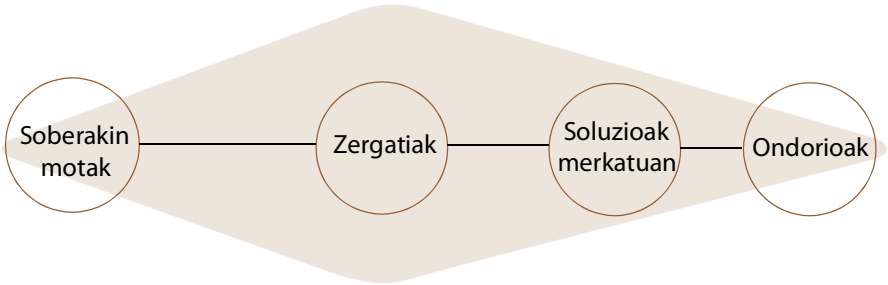
**1. irudia. Proiektuan aplikatu den diseinu prozesua.**



Kokapen fase hau, lau pausu ezberdinetan burutu da: soberakin motak, zergatiak, merkatuko soluzioak eta ondorioak (2. irudia).

Lehenik, hiri hondakinen egoeraren analisi orokor bat burutu da, estatu mailako eta europako datu estatistiko eta txosnen ezberdinak ikertuz. Jarraian, sortzen diren soberakin hauen izaeraren arrazoien edo zergaitiaren jatorria ezagutzeko analisia burutu da. Honetaz gain, jendeak janaria aprobetxatzeko izan ditzakeen motibazioak aztertu dira eta erabiltzaileen perfil deskribatzaileak osatu dira. Hurrengo pausuan, problematika honi erlazionatuta dauden merkatuko soluzio ezberdinak aztertu dira, produktu zehatzak, analogokoak, beste esparru batzutakoak, etab. Eta azkenik, aztertu diren esparru eta datu ezberdinen sintesia burutu eta lan-ildoak zehaztu dira, diseinu Brief-a osatu eta prozesuarekin jarraitu ahal izateko.

**2. irudia. Kokapen faseko lau pausuak.**




### 3.1.1 Soberakin motak

Analisi fasearekin hasteko etxeetako soberakin horiek ze motakoak izan ohi diren aztertu da, eta bide batez esanguratsuenak zeintzuk diren identifikatu dira. Helburu honekin ikertu diren txostenak Hispacoop (2012), OCU (2013) eta WRAP (2014) izan dira. Guztiak ere, esanguratsuak diren laginak erabili dituzte eta egungo egoera ondo islatzen dute, datu eguneratuak islatzen dituzte eta.

### 3.1.2 Zergatiak

Aurrez aipatu bezela, esperientzia ardatz duen metodologiaren abiapuntua pertsonen beharrizanak, xedeak eta gaitasunak dira. Horregatik, analisi faseko pausu zehatz honek berebiziko garrantzia du, zergaiti horren bilaketa baita metodologiaren funtsa.

Kasu honetan, etxeko jaki soberakinak aprobetxatzeko motibazio eta zergaitiak ezagutu nahi izan dira eta horretarako, analisi iturri bezela hiru erraminta ezberdin erabili dira: egunerokoa, elkarrizketak eta pertsonak.

Egunerokoa (Hofmeester eta Charon, 1999), ikertzen den erabiltzaileak etxean janariaren inguruan dituen ohiturak biltzeko erraminta bat da, eta koaderno edo txosten itxura hartzen du. Informazio iturri izateaz gain, gaiaren inguruan pentsarazi eta hausnarketarako tartea ematen du, ondoren egin zaien elkarrizketa aberatsagoa izan dadin. Ezaugarri eta perfil ezberdineko 30 pertsonai luzatu zaie eguneroko hau, adina, etxebizitzako pertsona kopurua eta bizitza estiloak kontutan hartuz.

Egunerokoaren egiturari dagokionez, hasieran bizitza estiolari dagozkion datu batzuk biltzen dira. Ondoren, astean zehar jan dutenaren eta soberakinekin zer egin den azaltzeko tartea dago. Eta janaria eta honen kudeaketaren inguruan galdera orokorrak gehitu dira, eta azkenik beraien hausnarketa eta ideien proposamena emateko aukera luzatzen da.

Egunerokoari jarraiki erabili den beste erraminta elkarrizketak izan dira. Elkarrizketak bi zati nagusi ditu. Lehendabizikoa egunerokoko galderei buruz informazio gehiago eskuratu ahal izateko diseinatua, hau da, aprobetxatu (ez) izanaren zergatiak aztertzeko. Bigarren zatian, aldiz, zergati horren jatorria azaleratzeko, beste galdetegi zehatz bat proposatu da, Sheldon

Test-a hain zuzen (Sheldon et al., 2001). Janaria aprobetxatzeko zein motibazio izaten duten galdetu zaie.

Sheldon galdetegiaren oinarri teorikoak dio, gizakion esperientzia positibo gehienak 10 beharrizan unibertsalen satisfakzioarekin erlazionatuta daudela. Psikologiaren alorretik datorren baieztapen honek, beharrizanak honako hauek direla dio: Autoestimua, autonomia, konpetentzia, hurkotasuna, plazerra-estimulazioa, ongizate fisikoa, auto errealizazioa, segurtasuna, ospe edo onarpena eta azkenik luxua. Eta, elkarrizketako test honetan, elkarrizketatutako jendeak horietako zein motibaziori jarraitzen dioten ikusteko, 30 galderako test edo galdetegia proposatu da.

Azkenik, pertsonak (Long, 2009) erraminta erabili da analisirako. Erraminta honen bidez pertsona ezberdinak janariaren inguruan dituzten ohituren eta bizitza estiloen arabera banatu dira, perfilak eraikiz. Perfil hauek, fikziozko pertsona bat zehaztasun handiarekin deskribatzean datza.

Kasu honetan, burututako analisiak lagunduta 6 perfil orokor eta 2 perfil osagarri proposatu dira. Honi esker, hiritarren gehiengoa perfil ezberdinetan sailkatzeko modua egongo da eta diseinatzerako orduan, perfil zehatz bakoitzaren berezitasunetatik abiatu ahal izango da emaitza arrakastatsu bat lortzeko.

### 3.1.3 Soluzioak merkatuan

Analisi fase oro, merkatuan dagoeneko dauden soluzioen azterketa batekin osatu beharra dago. Besteak beste, merkatuan egon daitezkeen hutsuneak identifikatzea laguntzen baitu. Proiektu honetan, aipatu diren zergati eta soberakin mota horiei aurre egiteko dagoeneko merkatuan dauden produktuak edota zerbitzuak aztertu dira.

Azterketa honi esker, hiru multzo nagusi bereizi dira: gidak, zerbitzuak eta produktuak. Gidak, orokorrean, sentsibilizazio kanpaina ezberdinei atxikita daude, eta honen adibide diren gida ezberdinak identifikatu dira.

Zerbitzuei dagokienez, era ezberdinetako proposamenak aurkitu dira. Jarraian lau adibide:

1) Tu basura vale un huevo: Sevillako “Ecologistas en Acción” taldeak dituen bazkideen hondakin organikoen soberakinak jasotzen ditu oiloak elikatzeko. Ondoren ematen duten kilogramo bakoitzeko arrautza bat ematen zaie bueltan.
2) Ciudadano 0,0 de San Miguel: Elikagaien bizitza luzatzeko aholkuak ematen ditu eta jatetxeetan sobratzen den janaria eramateko poltsak eskaintzen ditu.
3) Campuskitchens.org: Estatu Batuetako ikastetxe eta unibertsitate batzuetan jatetxeetan sobratzen den janaria berreskuratu eta berriro lantzeko guneak eskaintzen dira ikasleentzat. Ondoren, gosearen kontrako agentzietan bana dezaten.
4) Foodsharing.de: Alemanian oporretara doan jendeak iraungitze data pasako duten jakiak doan emateko aukera du zerbitzu honi esker.

Produktuei dagokionez, nahiz eta, oraindik ere eskaintza murritza izan, izaera honetako produktuen hazkundea eta goranzko joera nabarmena da. Horren adibide dira, egunerokoan sortzen diren ogi soberakinak aprobetzeko diseinatuta dagoen Bready produktua. Edo, etxeko fruta egoera txarrean jartzen ari dela abixatzen duen edukiontzia.

### 3.1.4 Ondorioak

Kokapen edo analisi fasea hiru ardatzetan oinarritu da (soberakin motak, zergaitiak eta soluzioak merkatuan) baina Brief-a osatu ahal izateko, jaso den informazio ezberdinaren irakurketa eta analisia beharrezkoa da. Jarraian, ardatz bakoitzaren ondorioak aurkezten dira.

Soberakin motak aztertzeko erabili diren txosten ezberdinetatik jakien aprobetxamenduarekin erlazionatuta dauden arazoak identifikatu dira. Txostenetan azaltzen diren arazoen jatorriak

aztertu eta proiektu honen kontestuan kokatu dira. Honek, kokapen fasearen norabidea zehazten lagundu du eta paraleloak diren beste errealitate batzuen irakurketa orokor bat ahal bideratu du.

Erabiltzaileen zergaitiak, informazio iturri gisa erraminta ezberdinak erabiliz landu dira: Egunerokoa, elkarrizketa, Sheldon Test-a eta Pertsonak erramintekin, hain zuzen. Erraminta hauen bidez jasotako informazioaren analisia eta irakurketa eginda, jakien aprobetxamenduan eragina duten erabiltzaileen beharrizanak autonomia, autoestima, auto errealizazioa eta segurtasuna direla ondioztatu da. Eta motibazio edo beharrizan hauetatik abiatuz eta bizi estilo ezbedinetan txertatuz erabiltzaile perfil ezberdinak sortu dira. Guztira, 6 perfil orokor eta 2 perfil osagarri proposatu dira. Honela, hiritarren gehiengoa perfil ezberdinetan sailkatzeko modua egongo da eta sorkuntza fasean, perfil zehatz bakoitzaren berezitasunetatik abiatuta, prozesua erraztuko duten oinarri oso baliagarria izango dira.

Azkenik, eta aurrez aipatu bezela, merkatuko soluzioei dagokienez hiru multzo nagusi bereizi dira: gidak, zerbitzuak eta produktuak. Merkatu azteketa honetan oinarrituta, jaki aprobetxamenduan eraginkortasun eta berme haundiena produktuek erakusten dutela ondioztatu da. Horregatik, kontzeptualizazio edo sorkuntza fasera begira produktu baten diseinua proposatuko da.

Guzti honekin eta ondorio nagusi bezela, jendearen motibazioa kasu askotan baliabide faltagatik eraitsiak eta gaindituak izaten direla ondorioztatu daiteke. Eta honek, esperientzien diseinua ardatz hartu izanaren egokitasuna adierazten du. Besteak beste, motibazio guzti hauek landu, aztertu eta diseinu berrian kontutan hartu ahal izan baitira.

## 4. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa lan honetan esperientzien diseinua ardatz hartuta, zaborren sorrera eta kudeaketarekin lotuta dagoen arazoari soluzio bat aurkitu nahi dion proiektua aurkezten da. Horretarako, esperientziak diseinatzeko metodologiaren analisi fasea deskribatzen da, eta bere baitan eman diren pausu eta erramintak azaltzen dira.

Kokapen edo analisi fase honi esker, prebentzio estrategian oinarrituta dauden ekintza eta proiektuekin emaitza positiboak lortu daitezkeela ikusi da. Era berean, esperientzien diseinua ardatz duten proiektuek ekarri ditzazketen aukerak ikus daitezke eta pertsonen motibazio eta funtsezko beharrizanak aztertzearen garrantzia ere nabarmen azaleratzen da. Lan ildo hau oinarritzat hartuta, klasikoagoak diren diseinu prozesuetan baino berritzaileagoak izan daitezkeen emaitzak lortzeko aukera ematen baitu.

Aurretik aipatu den WRAP txostenean ikusi daitekeen bezela, prebentzioan oinarrituta 2007tik 2012ra soberakin saihesgarrien kopurua %21an jaitsi dute. Besteak beste, otorduen planifikazioan oinarrituta, razioak hobeto kalkulatuz, zenbait jaki izoztuz eta azken batean soberakinak gehiago hobetuz. Hala ere, Europar Batzordeak exijitzen duen %30eko jaitsiera hori lortzeko, etxeetan aprobetxamentua ahalbidetu edo lagunduko duten produktuak beharrezkoak direla ikusi da.

Horregatik, etxeko jakien aprobetxamendua bilatzen duen proiektu honek, kokapen eta analisi fase honen ondoren, prozesu osoa burutu beharra dauka. Puntu honetan, diseinu Brief-a zehaztu da, eta puntu honetatik abiatuta ideien kontzeptualizazio, garapena eta ebaluazioa etorriko dira, hurrenez hurren.

Hiri hondakinen kudeaketa konplexua, norbanakoen etxeetara garraiatu den honetan, produktu eta zerbitzu berrien beharra dagoela nabarmena da eta hutsune hau betetzen saiatu beharra dago. Dena den, eta irakurketa orokorrago bat eginaz, Mondragon Unibertsitateko Ekodiseinu gelak jasangarritasunarekin lerrokatuta dauden proiektuak eta diseinuak bultzatzen jarraituko du.

## 5. Erreferentziak

DBZ (2014). *Metodología de innovación centrada en las personas del Centro de Innovación en Diseño (DBZ) de Mondragon Unibertsitatea*. DBZ Mondragon Goi Eskola Politeknikoa. [http://dbz.mondragon.edu/es/imagenes/metodologia-dbz]

Europar Batzordea (2014). *Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa (COM(2014) 398 final, 25.9.2014)*. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=COM:2014:398:REV1&rid=7]

Hispacoop (2012). *Informe sobre el desperdicio de los alimentos en los hogares*. [http://www.hispacoop.es/home/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=279&Itemid=37]

Hofmeester, K. eta Charon, E. (1999) OFMEESTER, K. Presence: New media for older people. 1 edn. Amsterdam: Printed by Presence at the Netherlands Design Institute.

Jordan, P. W. (2000). Designing pleasurable products: An introduction to the new human factors. CRC Press.

Long, F. (2009). Real or imaginary: The effectiveness of using personas in product design. In *Proceedings of the Irish Ergonomics Society Annual Conference* (pp. 1-10).

OCU (2013). *Compra Maestra*. 387. alea. [http://www.ocu.org/nt/nc/numero/ocucompra%20maestra-edition-387/download]

Pine, B. J. eta Gilmore, J. H. (1998). The experience economy. Harvard Business Review. Harvard Business School. Press Boston.

Retegi, A., Justel, D., Beitia, A. eta Gorritxategi, X. (2012). *Development of a new design approach for Experience.* 8th International Conference on Design & Emotion. Londres.

Shedroff, N. (2001). Experience Design 1. New Riders.

Sheldon, K. M., Elliot, A. J., Kim, Y., eta Kasser, T. (2001). What is satisfying about satisfying events? Testing 10 candidate psychological needs. *Journal of personality and social psychology*, *80*(2), 325.

WRAP (2014). *Household food and drink waste: A product focus, final report CFP204*. Waste and Resources Action Programme. Oxon, Erresuma Batua.

## 6. Eskerrak eta oharrak

Gipuzkoako Foru Aldundiko Ingurumena eta Lurralde Antolaketa Sailaren finantziazioz burutu den proiektua izanik, lerro hauen bitartez gure esker ona adierazi nahi diogu erakundeari. Era berean, Mondragon Unibertsitateko Goi Eskola Politeknikoa eta Diseinu Berrizkuntza Zentroaren babesa eskertu nahi dugu. Eta azkenik, proiektu honen garapenean parte hartu duten pertsona ezberdinei ere esker agurra helarazi nahi diegu.

# Makina Elektrikoen Portaera Bibroakustikoaren Neurketa eta Simulazioa

Telleria A, McCloskey A*, Arrasate X*, Hernandez X**
*Ingeniaritza Mekanikoko departamendua, Ingeniaritza fakultatea. Mondragon Unibertsitatea, Loramendi 4, 20500 Arrasate/Mondragón, Espainia.
**Ingeniaritza Mekanikoko departamendua, Orona EIC, Lastaola Poligonoa, 20120 Hernani, Espainia
ander.tellerias@alumni.mondragon.edu, amccloskey@mondragon.edu, jarrasate@mondragon.edu, xhernandez@orona-group.com

***Laburpena***

Makina elektrikoen zarata eta bibrazioa kezka garrantzitsuak dira. Beronen efizientzia hobetzeko burututako aldaketek bibrazio maila onartezin bat ekar dezakete. Ondorioz, makina hauen portaera bibroakustikoa aurreikusiko duten erremintak garatzea nahitaezkoa da. ABAQUS softwarearen laguntzaz, iman iraunkorreko motor sinkrono baten bibrazio portaera aztertzeko modelo bat garatu da, elementu finituen metodoa erabiliz. Makinaren osagai eta azpimultzo guztiak analisi modal esperimentalen (AME) bidez balioztatuak izan dira. Gainera, modelizazio aspektu batzuk hobetu egin dira, beraz modelo fidagarri bat sortu da. Estatore laminarra, altzairuzko zenbait xaflez osatuta dagoenez, material ortotropo bat bezala kontsideratu da, eta harilkatua ere solido ortotropo bezala kontsideratu dira. Errotore-ardatz azpimultzoa ere AME-ren bidez balioztatua izan da. Bestalde, errotorea multzoarekin lotzen duten errodamenduak malguki erradial batzuen bidez modelizatu dira. Gainera, bibrazioaren erantzuna zein den lortzeko, makina osoaren gain indar elektromagnetikoak aplikatu dira. Indar hauek estatore eta errotorearen hortz eta poloen artean dagoen fluxu magnetikoaren dentsitatearen bidez lortu dira. Horretarako, 2Dko elementu finituen modelo bat garatu da FLUX-en. Amaitzeko, igorritako potentzia akustikoaren neurketa esperimentala ere burutu da.

Hitz gakoak: Motor elektrikoak, Bibrazioak, Inposatutako erantzuna, Zarata elektromagnetikoa.

***Abstract***

*Noise and vibration of electrical machines is a major concern. Changes in the machine design to improve its efficiency can lead to unacceptable vibrations. Tools to predict its vibratory and acoustic performance at the design stage need to be developed. An improved finite element model has been developed to analyse the vibration behaviour of a permanent magnet synchronous motor (PMSM) using the finite element software ABAQUS. All components and subsets of the machine have been modelled and validated by experimental modal analysis (EMA) performed on them. Some modelling issues have been overcome so that an accurate enough model has been reached. The laminated stator, as it is formed by a pack of several steel sheets, has been treated as an orthotropic material and windings have been considered a solid orthotropic part as well. The rotor-shaft assembly has also been verified by EMA. The bearings that join the rotor to the assembly of the stator have been represented by radial springs. The electromagnetic forces are applied to the whole machine model in order to obtain the vibration response. These forces are obtained from the magnetic air-gap flux density which has been obtained with a 2D finite element model developed by FLUX. Finally, it has also been obtained the experimental acoustic power that the machine emits.*

*Keywords: Electric motors, Vibrations, Forced response, Electromagnetic noise.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Inbertsoreen erabilerak bibrazio eta zarata arazoak sortzen dituzten kitzikapen harmonikoak sartzen ditu sisteman. Zarata eta bibrazioek erabiltzailearen kalitate eta konfortaren pertzepzioan eragin zuzena daukate. Gaur egun, kosteak gutxitze aldera, makinaren efizientzia hobetzea nahitaezkoa da, eta ondorioz estatorearen geometria optimizatu behar da. Gainera, makinaren bibrazio portaera restrikzio bat da, geometrian egiten diren zenbait aldaketek bibrazio onartezin batzuk sor ditzaketelako.

Motor elektrikoetako zarata eta bibrazioaren jatorriak hiru taldetan sailkatu daitezke:

- Zarata elektromagnetikoa: Estatore eta errotorean aplikatzen diren indar magnetikoen ondorioz sortuak.
- Zarata mekanikoa: Eszentrikotasunek, errodamenduek etab. sortua.
- Zarata aerodinamikoa: Hozketarako dagoen haizagailuak sortua.

Zarata hauen eraginaren kontribuzioa kasuaren arabera aldatzen da. Aztertutako kasuan, haizagailurik ez dagoenez, sisteman ez dago zarata aerodinamikorik. Gieras et al. [2] eta Timar and Lai [6] autoreen arabera, zarata mekaniko eta aerodinamikoak abiadurarekin handitzen dira. Hala ere, Timar and Lai [6]-ek dioenaren arabera, abiadura oso baxuetan ere zarata mekaniko eta elektromagnetikoek eragin nabarmena dau kate. Kawasaki et al. [3] bezalako beste autore batzuen arabera, "1000 Hz-ren azpitik dagoen zarata batez ere norabide erradialeko kitzikapen elektromagnetikoak sortua da", eta Lakshmikanth et al. [4]-en arabera, potentzia baxuko edo ertaineko makinetan, faktore nabarmenena elektromagnetikoa da. aztertutako makinaren biraketa abiadura baxua denez, makina osasuntsu baten kasurako zarata mekanikoa baxua litzateke, ondorioz soilik zarata elektromagnetikoa kalkulatuko da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Eginbehar honetarako elementu finitu bidezko modelo estruktur al bat garatu behar da, analisi modal esperimentalaren (AME) balioztatua izango dena.

Bestalde, motor elektrikoa modelizatzeko, zenbait aspektu garatu behar dira. Hasteko, estatorea altzairuzko xafla batzuen pilaketaz osatuta dagoenez, zurruntasun balio ezberdinak ditu norabide erradial eta axialean, Gieras et al. [2], Verdyck and Belmans [7] and Wang and Lai [8] autoreen arabera. Ondorioz, estatorea errepresentatzeko erabili den solidoari pro pietate ortotropoak atxiki zaizkio. Propietate hauen balioak lortzea zaila da, fabrikazio prozesuan zehar eragindako presioaren araberakoa delako (Wang and Williams [9] and Watanabe et al. [10]), eta baita ere xafla guztiak lotzeko erabili den teknikaren a raberakoa. Ondorioz bere propietateak neurketa esperimentaletako emaitzen arabera doitu dira.

Ondoren, harilkatuaren modelizaziorako estrategia ezberdinak aurkitu dira, bibliografia ezberdinetan arakatuz. Belmans et al. [1] eta Wang and Lai [8] autoreen arabera, harilkatuaren masaren kontribuzioa bere zurruntasunarena baino askoz ere garrantzitsuagoa da, eta ondorioz elementu hauek masa gehigarri bat bezala kontsideratu dira. Hala ere, ezin da ziurtasun osoz jakin ea estrategia hau edozein geometria duen estatorean aplikagarria den. Ondorioz, Gieras et al. [2]-en arabera, estatoreen hortzen arteko bolumena betetzen duten harilkatu zatiak ere solido bat bezala modelizatzen dira. Elementu hauen propietateak estimatzeko, berriz ere analisi modal esperimentaleko emaitzez baliatu da.

Beste aspektu garrantzitsu bat elementuen arteko loturak dira. Hasiera batean, torloju bidezko loturak zurrunak bezala kontsideratzen dira, eta ondorioz elementu hauen bidez lotuta dauden gainazalak elkar itsatsita baleude bezala kontsideratu dira. Errotorearen kasuan, errodamenduen bidez lotuta dagoenez, malguki batzuk sartu dira norabide erradialean, errodamenduak kokatuta dauden lekuetan, hain zuzen.

## 3. Analisi esperimentalak

### 3.1 Erabilitako elementuak eta jarraitutako prozedura

Neurketa esperimentaletarako ondorengo ekipoa erabili da:

- Brüel & Kjaer ekoizlearen Front end bat eta ordenagailu eramangarri bat, Pulse Labshop softwarea duena.
- Mailu sentsoreduna.
- 10 azelerometro triaxial.

Aztertutako sistemak soka elastiko batzuen bidez zintzilikatu dira, lotura baldintzen eragina ekidinez, sistemen frekuentzia naturalak kalkulatzeko.

Sistema bakoitzean diskretizazio espazial desberdin bat erabili da, eta ondorioz neurtutako puntuen kopurua eta posizioa aldakorra izan da neurketatik neurketara. Aztertutako osagarriak honako hauek izan dira:

- Estatore laminarra
- Estatore laminarra eta harilkatua
- Estatorea, harilkatua eta tapak
- Errotorea eta ardatza
- Aurreko bi sistemak, errodamenduen bidez lotuta (freno gabe)
- Makina osoa

Freno gabeko muntaia errodamenduen portaera eta zurruntasuna aztertzeko erabili da. Honetarako ardatzean hainbat azelerometro kokatu behar direnez, frenoa eta gainerako beste elementu batzuk (frenoaren euskarriak etab.) ez dira kontutan hartu muntaian.

### 3.2 Operazioan neurtutako bibrazio maila

Kasu honetan ere aurrez azaldutako neurketa ekipo bera erabili da, maila ezik. Neurketa hau egiteko, makina mahai baten gainean zurrunki lotu da.

Bibrazio maila neurtzeko ere azelerometroak kokatu dira motorraren gainazalean zehar. Motorraren lan baldintzei dagokienez, kargapean eta abiadura nominalean neurtu da bere bibrazio maila.

### 3.3 Operazioan neurtutako potentzia akustikoa

Potentzia akustikoaren neurketa bibrazioarenaren baldintza eta leku berean burutu da. Hau neurtzeko, bost mikrofono kokatu dira makinatik 0,5 metrotara, beronen ondoan paralepipedo irudikari bat osatuz. Potentzia akustikoaren balioa lortzeko ISO 3746 araua jarraitu da.

## 4. Elementu finitu bidezko modelo estrukturala

Elementu finituetako modelo bakoitza neurketa esperimentaletan lortutako modoekin elementuen propietateak egiaztatuz garatu da. Hala ere, zenbait elementuk erakusten duten zailtasuna dela eta, aktualizazio prozesu bat egin da Virtual.Lab-eko optimisation modulua erabilita.

Analisi modalean aztertutako frekuentzia tartea 0 eta 2500 Hz artekoa izan da, makina honek sortutako zarata frekuentzia baxukoa delako.

### 4.1 Estatorearen modeloa

Aurrez esan bezala, estatorea altzairuzko xaflen pilaketez osatuta dago. Horregatik, propietate ortotropoak atxiki zaizkio solido bezala modelizatzerakoan. Lortutako propietateak altzairuaren antzekoak dira norabide erradialean, baina norabide axialean aldatu egiten dira, xaflen arteko aire pilaketa eta lotura sistemagatik. Hala ere, neurketa esperimental eta teorikoaren arteko errore erlatibo guztiak %6 baino txikiagoak izan dira. Kasu honetan ez da egin ez kalkulu teorikorik ezta simulaziorik ere, aztertutako estatorea aurrez kalkulatuta zegoen beste makina baten berdina delako.

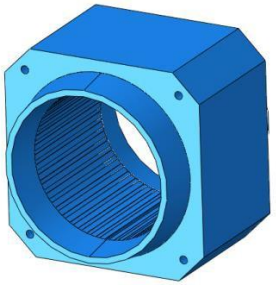
### 4.2 Estatore eta harilkatuaren modeloa

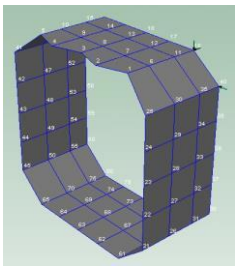
Harilkatua kobrezko hari batzuen bidez osatuta dago, zeintzuk material isolatzaile baten bidez estaliak dauden. Estatorearekin gertatu den bezalaxe, estatorearen hortzen arteko harilkatu

zatia solido baten bitartez modelizatu da, eta propietate ortotropoak atxiki zaizkio. Propietate hauek modo esperimentaletan lortutako balioen arabera doitu dira. Ondorengo irudian (1 irudia) ikus daitezke erabilitako modelo numeriko zein esperimentalak.

**1. irudia. Estatore eta harilkatuaren modelo numeriko eta esperimentalak**

Modelo numerikoa Modelo esperimentala





Modelo numerikoan, estatore eta harilkatuaren arteko lotura Abaqusek eskaintzen duen "tie" loturaren bidez egin da, zeinetan bi gainazalen arteko nodoak elkar itsasten dituen.

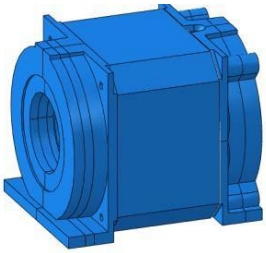
Multzo honi tapak eransten zaizkionean, deformazio axialak ezeztatzen dira, eta ondorioz analisi honetan modo hauek eragiten duten propietateak egoki atxikitzeari eman zaio garrantzia.

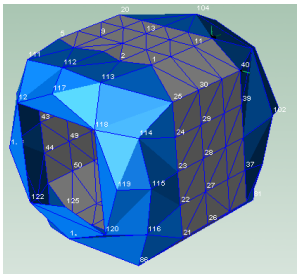
### 4.3 Estatore, harilkatu eta tapen modeloa

Kasu honetan aurreko multzoari bi tapak erantsi zaizkio (2 irudia). Tapetako batek balaztatze sistema osatzen duten elementuak eusteko balio du, eta besteak aldiz polea.

**2. irudia. Estatore, harilkatu eta tapen modeloak**

Modelo numerikoa Modelo esperimentala





Bi elementu hauek torloju bidez daudenez lotuta estatorearekin, lotura zurrun bezala modelizatu dira. Materialari dagokionez, burdinurtuz eginda daude ( EN-GJL-250 (GG-25)), eta beronen propietate mekanikoak aplikatu zaizkie bi tapei.

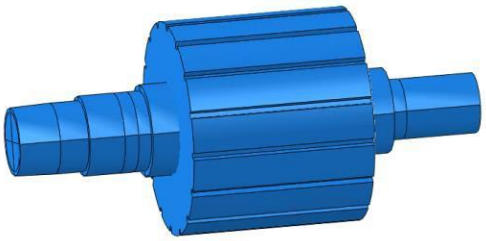
### 4.4 Errotore eta ardatzaren modeloa

Errotoreari dagokionez, elementu hau ere xafla batzuen pilaketaz osatuta dago, eta bere barnean iman iraunkorrak ditu. Horregatik, honi ere neurketa esperimentaletik eratorritako propietate ortotropoak atxiki zaizkio. Ardatza aldiz altzairuzkoa da eta propietate isotropoak kontsideratu dira kalkuluetarako.

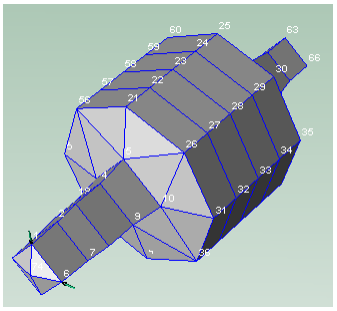
Loturari dagokionez aldiz, bi elementuen arteko lotura zurruna bezala kontsideratu da (3 irudia).

**3. irudia. Errotore eta ardatzaren azpimultzoa**

Modelo numerikoa



Modelo esperimentala

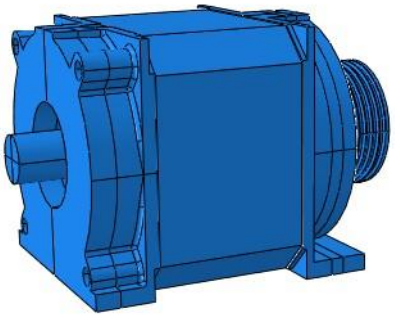


## 4.5 Freno gabeko azpimultzoa

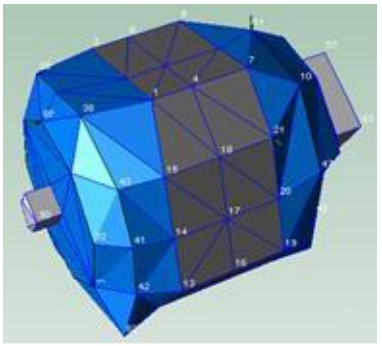
Ardatza eta errotorea estatore, harilkatu eta tapen modeloari gehitu zaio, eta bi azpimultzoak malgukien bidez elkartu dira (4 irudia). Polea ere azpimultzo berean kokatu da.

**4. irudia. Freno gabeko multzoko modeloak**

Modelo numerikoa

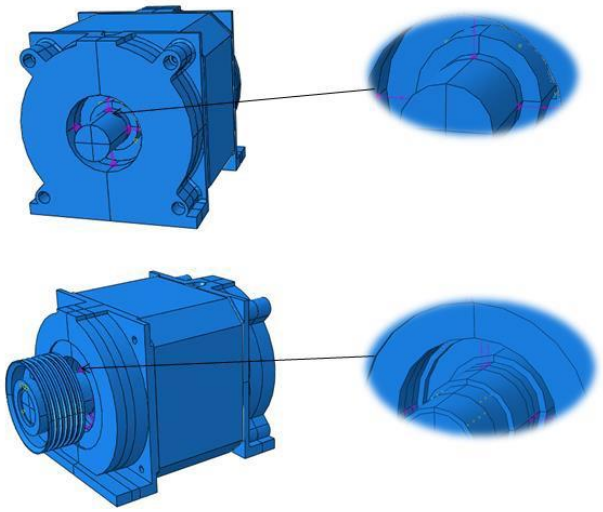


Modelo esperimentala



Malgukiei dagokienez, frenoaren aldekoa lau malguki erradialen bidez modelizatu da, plano bakoitzeko bi. Polearen aldekoa aldiz bi ilaratako errodamendu bat denez, plano bakoitzeko lau malguki kokatu dira, eta norabide axialean ere zurruntasun bat aplikatu da, karga axialak jasango dituena (5 irudia).

**5. irudia. Malgukien modelizazioa**



Zurruntasunaren balioak analisi esperimentaletik lortu dira, eta aplikatutako balioak honako hauek izan dira (1 Taula):

**1. Taula. Malgukien zurruntasunen balioak**

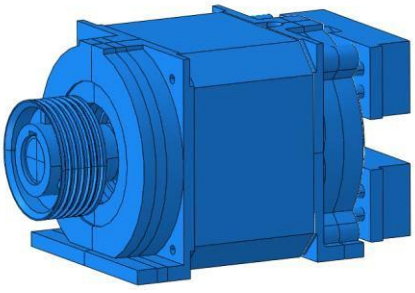
| Malgukia | Zurruntasun koef.(kN/mm) |
|---|---|
| Frenoaren aldekoa | 200 x 2 |
| Axiala, polearen aldean | 5.09 x 8 |
| Erradiala, polearen aldean | 166.115 x 4 |

## 4.6 Makina osoa

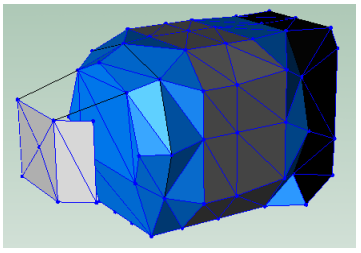
Aztertu den azkeneko azpimultzoan makina osoa aztertu da. Horretarako, aurreko azpimultzoari balazta sistemako elementuak gehitu zaizkio, hala nola diskoa eta kanpoko bi blokeak (6 irudia). Elementu hauek aluminioz eta altzairuz eginda daudenez, ez da zailtasunik egon beraien propietateak identifikatzerako orduan. Loturari dagokionez, aurreko kasuetan bezala lotura zurruna dela kontsideratu da, eta elementuak elkarri itsatsita baleude bezala modelizatu dira.

**6. irudia. Makina osoaren modelo numeriko eta esperimentalak**

Modelo numerikoa



Modelo esperimentala



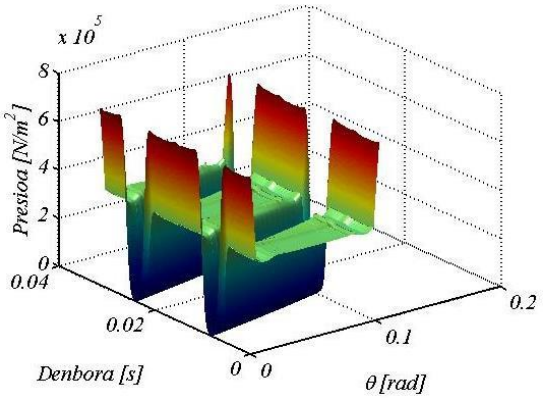
Kalkuluei dagokienez, esan behar da makina osoa bi baldintzatan kalkulatu dela: Bata aske, gomazko soken bidez zintzilikatuta, eta bestea oinarria plataforma zurrun bateri lotuta duela.

# 5. Bibrazioaren erantzunaren kalkulua

## 5.1 Indar elektromagnetikoen kalkulua

Bibrazioaren erantzuna kalkulatzeko, lehenengo indar elektromagnetikoak kalkulatzea nahitaezkoa da. Indar hauek kalkulatzeko, elementu finituen metodoa aplikatu da, 2D-ko FLUx softwarea erabiliz. Kalkulua egiteko, makinaren oinarrizko frekuentziari dagokion denbora tartea hartu da kontutan, eta ondoren denboraren domeinutik frekuentziara pasatu da, FFT bat aplikatuz (7 irudia).

**7. irudia. Presioaren distribuzioa hortz baten gainean**

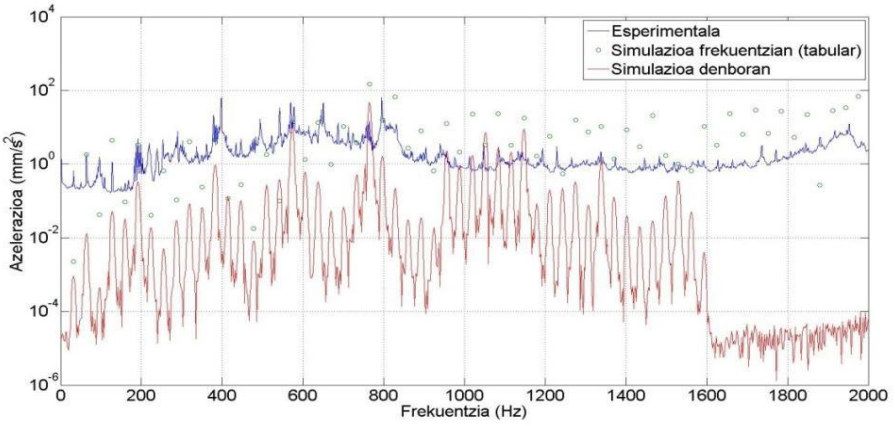



## 5.2 Indarren aplikazioa eta bibrazioaren kalkulua

Aurrez kalkulatutako indar elektromagnetikoak estatorearen hortzetan eta errotorearen poloetan aplikatu dira. Hau egiteko bi modu daude: bata *Tabular* deiturikoa, pultsu baten bezalakoa dena, eta bestea simulazio tenporala. Lehenengo kasuan lortutako espektroa diskretua da, karga bakoitzak bere maiztasuna duelako. Bigarrenean, aldiz, espektro jarraitua lortu da, bakarrik egoera egonkorreko denbora zati bat aztertu delako. Gainera, denbora zati hau periodiko izateko *Hann* leihoa aplikatu zaio erantzunari, eta ondorioz emaitza jarraitua lortu da. Amortiguamenduari dagokionez, beronen balioa neurketa esperimentaletatik lortu da.

Behin kalkulu teorikoa egin eta gero, lortutako emaitza neurketa esperimentalarekin alderatu da, estatorearen erdiko azelerazio normalaren balioa grafikatuz kasu bakoitzerako (8 irudia).

**8. irudia. Azelerazioaren konparaketa**



## 6. Ondorioak

Hasieran definitutako helburua lortu da, hau da, makinaren bibrazio eta zarata maila kalkulatzea. Zailtasun handiena estatore, harilkatu eta errotorearen propietateak identifikatzean egon da, elementu ezberdinen pilaketez eginda daudenez propietateak ez direlako guztiz uniformeak, eta beraien balioa identifikatzea zaila da. Gainera, elementuen arteko loturak ere eragina dauka, batez ere gainazalak elkarrekin lortzean sortzen diren presioak.

Kontutan eduki beharreko beste aspektu garrantzitsu bat sistemaren modelizazioa da. Teorian elementuen tamaina zenbat eta txikiagoa izan orduan eta emaitza zehatzagoak lortzen dira, baina emaitza kalkulatzea luzeagoa da, eta askoz memoria gehiago okupatzen du modeloak. Horregatik, errekurtsoen kontsumoaren eta zehaztasunaren arteko oreka topatzea garrantzitsua da. Gainera, elementuen tamainaz gain elementu motak ere eragina dauka kalkuluan. Adibidez, elementu lineal edo koadratikoak aukeratzea, edota integrazio murriztua edo ez erabiltzeak eragina dauka, sisteman hourglass bezalako efektuak sor ditzakeelako.

Amaitzeko, esan beharra dago azelerazioaren konparaketaren grafika ez dela behin-betikoa, behin-behinekoa baizik. Horregatik, ez dira RMS bezalako parametroak kalkulatu, oriandik ere emaitza alda daitekeelako. Puntu batzuetan desberdintasun nabarmenak ikus badaitezke ere, adostasunak ere nabarmenak dira (adibidez, maiztasun naturalak identifikatu dira). Ondorioz, etorkizunari begira beste neurketa batzuk planteatu dira, batez ere zarata mekanikoa eta elektrikoa desberdintzeko balioko dutenak.

## 7. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunari begira, hainbat azterketa paralelo ari dira egiten. Alde batetik, modelo numerikoen aplikazioa ari da aztertzen, literaturan errebisatuz sistema era ezberdinetara modelizatuz. Esate baterako, estatore eta harilkatua eraztunen bidez modelizatzea egokia den edo ez ikusteko froga desberdinak egin dira.

Bestalde, estatore eta errotoreko hortz eta poloen diskretizazioaren optimizazioa ere ari da lantzen. Diskretizazio hau ondo egitea garrantzitsua da, lortutako emaitza guztiz aldatzen delako. Motor honen kasuan, hortz eta polo kopuruen arteko zatiketak zenbaki oso bat ematen duenez, errotorean aplikatutako kargek periodo osoak izango dituzte, eta ondorioz indar netoa nulua izango da. Horregatik, diskretizazio desegoki batek indar neto bat eragingo luke errotorearen gainean.

## 7. Erreferentziak


Ronnie JM Belmans, Dirk Verdyck, Willy Geysen, and Raymond D Findlay. Electromechanical analysis of the audible noise of an inverter-fed squirrel-cage induction motor. IEEE Transactions on Industry Applications, 27 (3), 539–544, 1991.

Jacek F Gieras, Chong Wang, and Joseph Cho Lai. Noise of polyphase electric motors. CRC press, 2005.

Ryo Kawasaki, Yasuo Hironaka, and Masaharu Nishimura. Noise and vibration analysis of eleva tor traction machine. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 369–377. Institute of Noise Control Engineering, 2010.

S. Lakshmikanth. Noise and vibration reduction in Permanent Magnet Synchronous motors – A review. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 2 (3), 405 –416, 2012.

A. McCloskey, X. Arrasate, G. Almandoz, X. Hernandez. Vibro-acoustic finite element analysis of a Permanent Magnet Synchronous Machine. 9th International Conference on Structural Dynamics, Eurodyn 2014.

PL Timar and JCS Lai. Acoustic noise of electromagnetic origin in an ideal frequency-converter-driven induction motor. IEE Proceedings -Electric Power Applications, 141 (6), 341 –346, 1994.

D. Verdyck and R.J.M. Belmans. An acoustic model for a permanent magnet machine: modal shapes and magnetic forces. IEEE transactions on industry applications, 30 (6), 1625–1631, 1994.

C. Wang and JCS Lai. Vibration analysis of an induction motor. Journal of sound and vibration, 224 (4), 733–756, 1999.

Huan Wang and Keith Williams. The vibrational analysis and experimental verification of a plane electrical machine stator model. Mechanical Systems and Signal Processing, 9 (4), 429–438, 1995.

S. Watanabe, S. Kenjo, K. Ide, F. Sato, and M. Yamamoto. Natural frequencies and vibration behaviour of motor stators. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, (4), 949–956, 1983.

# CAN busa erabiltzen duten sistemetan gailu berriak integratzeko metodologia, ibilgailuen interfazeetan oinarritua

Bilbao A.
*bilbao.ainara@gmail.com*

## *Laburpena*

Joera berriek eta gero eta ohikoagoak diren gailu eta funtzio berriek beharrezkoa egiten dute ibilgailuaren eta bere arkitekturaren egokitzapena. CAN (Controller Area Network) sarea izanik ibilgailuetan gehien azaltzen den komunikazio sarea, artikuluan azaldutako tesiaren muina bere analisia eta optimizazioa proposatzen duen metodologia dira. Bere funtzionamendua eta erabilgarritasuna erakusteko kasu praktikoak ere garatu dira.

Hitz gakoak: CAN (Controller Area Network), ibilgailuen interfazea, simulagailuak, garraiorako adimendun sistemak, ibilgailu konektatua

## *Abstract*

*New trends and growing on-board devices have generated the adaptation of the automotive architecture. CAN (Controller Area Network) is the most used communication bus in vehicles, so the thesis presented in this paper is centered in its analysis and its optimization. To validate the presented methodology real cases have been developed..*

*Keywords: CAN (Controller Area Network), human machine interface, simulators, intelligent transportation systems, connected vehicle*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Gaur egun gidatzea, ibilgailu bat errepidetik eramate hutsetik harago doan zeregin bat da. Gidatzen ari garen bitartean inguruan ditugun sistema eta gailu kopuru gero eta handiagoa dugu horren erakusle SAE (Society of Automotive Engineers) elkartearen urteroko txostenak erakusten duen moduan (2012): telefono mugikorra, GPS nabigatzailea, ibilgailuak berak dituen sistema adimendunak, etab. Gailu guzti hauek eragin negatiboa daukate gidatzeko garaian (Ranney 2008): alde batetik, sistemek emandako informazio eta abisuek gidariaren karga mentala handitzen dute; beste aldetik, eskuak bolantetik eta begirada errepidetik aldentzea eragin dezakete, horrela gidatzeko beharrezkoa den arreta txikituz.

Ibilgailua eta gidariaren arteko komunikazio bide printzipala HMI (Human Machine Interface) edo interfazea da. Ibilgailuak bere HMI nagusian gidatzean beharrezkoa den informazioa erakusten du: momentuko abiadura, motorraren abiadura, egindako kilometroak, abisu desberdinak, etab. Gidariak berriz, botoi, pedal eta palanka desberdinak ditu ibilgailuarekin elkar-eragiteko. Horretaz gain, gailu bakoitzak bere HMI propioa ere badauka, ibilgailuarekiko modu independentean funtzionatzen duena.

Paradigma berri honek, ibilgailua bera egoera berri honetara egokitzera behartu du, batez ere gidariaren ikuspuntutik. Ildo honetan, joera nagusietako bat sistema guztien elkarrekintza bateratzea da, horretarako HMI guztiak integratuz eta momentu bakoitzean eman beharreko informazioa erabakiz. Interfaze bakar honek abantaila argiak ditu:

- Arreta puntuak gutxitzen ditu eta begirada errepidean mantentzea errazten du .
- Funtzionamendu independentea duten sistemen erantzuna bateratu eta koordinatzen du, arreta ezak eragindako arrisku momentuak gutxituz.

Honek noski, gailu berriak kotxeko arkitekturan integratu beharra eskatzen du, ez bakarrik fisikoki, baita funtzionamenduari dagokionean ere. Horretarako beharrezkoa da sistema bakoitzaren seinaleak eta mezuak interfaze printzipalean integratzea.

Gaur egun, ibilgailu bateko kontrol elektronikoko unitateek CAN (Controller Area Network) sarea erabiltzen dute elkarren arteko mezuak banatzeko (Bosch 1991). Mezuek transmititzen

duten informazioaren arabera, abiadura desberdineko CAN sare edo domeinuak daude ibilgailuaren komunikazio sarean (Simonot-Lion eta Trinquet 2008): trakzioarekin lotutako informazioa CAN azkarraren bidez doa; informazio ez hain kritikoa, ordea, CAN geldotik.

Ibilgailuaren HMI nagusia kontrolatzen duen unitatea ere CAN sare bati lotuta dago eta, ondorioz, kanal horren bidez iristen zaio bertan erakutsi beharreko informazio guztia. Sistema berri baten jakinarazpena bertan erakutsi nahi bada, beharrezkoa da CAN sarean datu berriak sartzea. Eta hori da hain zuzen ere ikerketa eragin duen behar nagusia

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gaur egun ibilgailu baten komunikazio sistema zentralita elektroniko (ECU) eta protokolo desberdinetako komunikazio sareez osatuta dago. Gero eta gehiago dira zentralita berdinean aplikazio desberdinak elkartzen dira eta funtzionalitate berriek zentralita askotako informazioa behar dute funtzionatu ahal izateko. Hau dela eta ibilgailu konektatua bezalako kontzeptuak erabiltzen dira gaur egun (Teepe, Remboski eta Baker 2002).

Honekin batera automozioko arkitekturaren beharrak aldatu egin dira azken urteetan. Arkitekturaren malgutasuna eta sistema eragile desberdinetara egokitzeko ahalmena ez ezik, segurtasuna, fidagarritasuna eta sendotasuna ezinbesteko ezaugarriak bihurtu dira. Middlewarearen diseinua oso garrantzitsua da horretarako (Simonot-Lion eta Trinquet 2008). Laurogeita hamarreko hamarkadatik proiektu desberdinak garatu dira helburu berdinarekin eta 2003an AUTOSAR izeneko partzuergoa sortu zen automoziorako software estruktura bat estandarizatzeko asmoarekin[1].

Hala ere, AUTOSARen oinarritutako arkitektura gehienak sistema itxiak dira eta ez daude diseinatuta hasieran aurreikusi gabeko elementu berriak plataforman txertatzeko. DySCAS proiektua da salbuespen bakarrenetako bat (Qureshi 2009). Bere helburu nagusia hardware nahiz softwarean eman daitezkeen aldaketen aurrean erantzuteko gai den middleware baten espezifikazioa burutzea da.

CAN Robert Boschek garatutako komunikazio protokoloa da eta automobil-industrian gehien erabiltzen den sarea da. Bere hasierako helburua ibilgailuetako kable kopurua jaistea izan zen eta horregatik aukeratu zen bus topologia. Ibilgailu bateko unitateak busa osatzen duten bi harietako bakoitzera konektatzen dira mezuak elkarren artean trukatzeko. Mezu bakoitzak identifikatzaile desberdin bat du, bere lehentasuna adierazten duena.

CAN protokoloak OSI (Open System Interconnection) ereduaren bi maila baxuenak definitzen ditu (Bosch 1991): kapa fisikoa eta datuen loturako kapa. 1 Mbps-ekoa da gehienezko abiadura eta balio horrek mugatzen du denbora unitateko garraiatu daitekeen informazio kopurua. Mezuak transmititu ahal izateko CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) protokoloa erabiltzen du eta horregatik lehentasun altueneko mezuaren iriste denbora ziurtatzen du. Komunikazio protokolo sendoa eta segurua da eta gainera bere inplementazioa merkea da.

Helburu nagusia CAN sareetan oinarritutako sistemen funtzionalitatea hobetzeko metodologia bat garatzea da eta bere zeregin nagusia sarean gailu berriak integratzea izango delarik. Horretarako, CEIT zentroan aurkitzen den neurri errealeko kamioi simulagailua prestatzea beharrezkoa da, automozioko gailuak integratzeko plataforma bat diseinatuz.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Automozioko gailuak integratzeko plataforma eta simulagailua

Ibilgailuaren HMI nagusian elementu berriak integratu nahi baldin badira, garbi dago interfaze hau konfiguragarria izan beharko dela. Honetaz gain ibilgailuaren arkitektura ere gai izan beharko da gailu

1 Autosar on the road. www.autosar.org

berrien konexioa jasateko, bai hardware mailan , baita software mailan ere. Horretarako kamioi simulagailuaren arkitektura eta interfazea egokitzea da lehen lana (1. irudia).

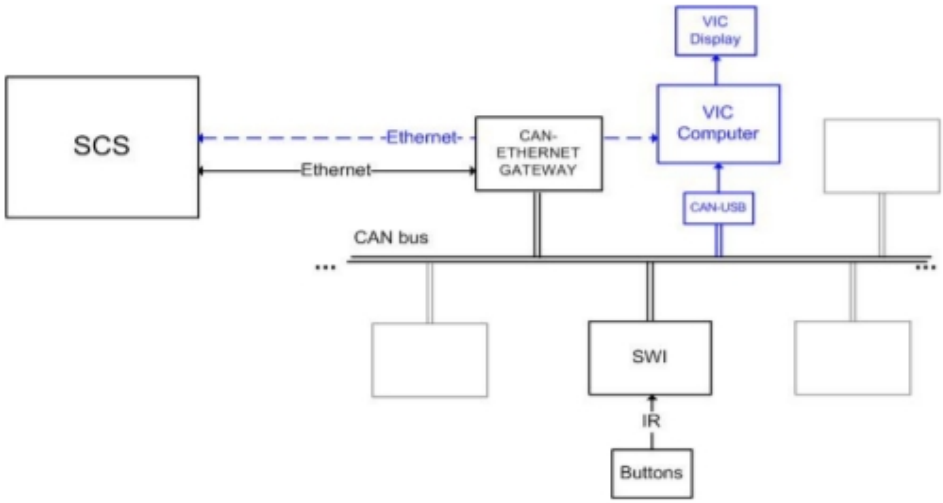
**1. irudia. CEIT zentroko kamioi simulagailua.**



Kamioiaren HMI printzipalaren ordez TFT (Thin-film transistor) pantaila bat jarri da bere lekuan (Bilbao et al, 2011), "instrument cluster" birtuala edo VIC (Virtual Instrument Cluster) osatuz. Honela interfaze guztiz konfiguragarria lortzen dugu eta posible gertatzen da hasiera batean aurreikusi gabeko interakzio modu berriak pantailan txertatzea.

Arkitektura mailan interfaze hau simulagailuko CAN sarera lotu da horretarako plataforma (Bilbao et al, 2009) tartean jarriz (2. irudia). Plataforma hau, VIC Computer irudian, honen zeregin nagusia integratu nahi diren gailu berrien gateway funtzioa egitea da eta bestalde gidariarekin interakzioa erabakiko duena gidatze egoeraren arabera. Plataforma honek gidariaren, ibilgailuaren eta ingurunearen egoera ebaluatuko ditu eta horren arabera gidariarekin nola komunikatu erabakiko du.

**2. irudia. Simulagailuaren komunikazio arkitektura.**




VIC Computer ordenagailu bat da simulagailuan, baina etorkizunean ibilgailuetan mikrokonotrolagailu batekin ordezkatuko da. Ordenagailua CAN sarera konektatzeko CAN-USB gailu bat erabiltzen da eta honela simulagailuko gainontzeko zentralitekin konektatuta dago eta informazioa elkarbanatu dezakete. SCS (Simulation Control Server) blokeak simulagailuaren funtzio eta kontrol guztia irudikatzen du eta 8 ordenagailuz osatuta dago. Ordenagailu horietako informazio CAN sarean jarri eta bertako datuak SCS-ra eramateko CAN-Ethernet gailu bat garatu da. SWI (Steering Wheel Interface) blokeak bolanteko botoien egoera idazten du CAN sarean. Botoi hauen bidez kontrolatzen du gidariak interfazea.

Gidatze egoeran oinarritutako gidariarekiko interakzio berri hau inplementatu ahal izateko zentralita desberdinen artean informazio eta datu berriak transmititu beharko dira eta honek CAN sarean mezu berriak egotea eragingo du. Horregatik ikerketaren muina CAN sarearen analisia eta optimizazioak osatzen du.

### 3.2 CAN sarearen analisia eta optimizazioa

CAN sarea aztertzeko aurkeztutako metodologiak osagarriak diren hiru fase desberdin ditu; hala ere, fase bakoitza bere aldetik ere erabil daiteke. Lehenengo biek mezuen iriste denboraren ebaluatzea dute helburu eta hirugarrenak iriste denbora ez ezik, sarearen erabilera maila ere hartzen du kontutan.

Lehen metodoa, mWCRT (modified Worst Case Response Time) deiturikoa, kalkulu teoriko bat da eta bere helburua Tindell-ek (1995) aurkeztutako azterketa klasikoaren ziurgabetasuna txikitzea da. Iriste denborak hiru osagai ditu: $J_i$, $w_i$ eta $C_i$. $J_i$, jitter deituriko denbora da eta muga fisikoen ondorioz denboran ematen den aldakortasuna adierazten du. Normalean oso txikia izaten da beste elementuekin konparatuz. $w_i$, mezuak ilaran zain emandako denbora da, busa libre aurkitu arte pasa beharrekoa. Eta azkenik, $C_i$ transmisio denbora da, mezuak busean bertan unitate batetik bestera joaten behar izan duen denbora. $C_i$ mezu bakoitzaren luzera eta busaren abiaduraren araberakoa da. Gainera, mezu bakoitzaren transmisio denborak gainontzeko mezuek ilaran pasa beharreko denboran ($w_{i-n}$) eragingo dute.

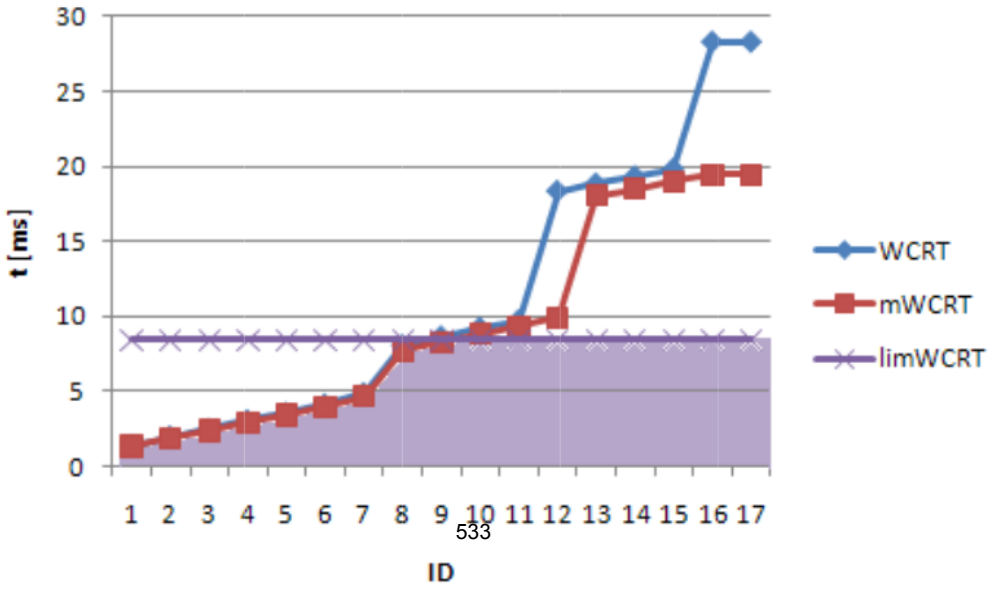
Tindellek proposatutako analisian, WCRT (Worst Case Response Time) delakoan, $C_i$-ren balio txarrena erabiltzen. Hala ere, mezuak ezagunak baldin badira, mezu bakoitzaren transmisio denbora zehaztasun handiagoz kalkulatu daiteke, nahiz eta momentu bakoitzean transmitituko diren datuak ez jakin. Eta hau da hain zuzen ere mWCRT metodoak erabiltzen duena WCRT- aren bidez lortutako balioak txikitzeko eta kalkulu teorikoak errealitatera gehiago hurbiltzeko.

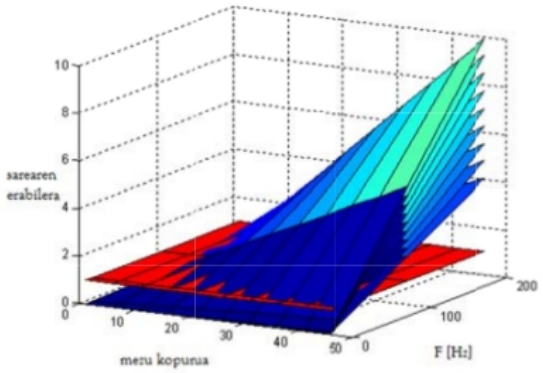
Kalkulu teoriko eta simulazioaz aparte, bada martxan dagoen bus bat aztertzeko emaitzak doitzen laguntzen duen modu bat: neurketa zuzena. limWCRT (limited Worst Case Response Time) deitutako neurketa metodologiari esker, bus bateko gehienezko atzerapen denbora mugatzeko modua proposatu dugu. Metodologia hau “busy period” kontzeptuan oinarrituta dago. CAN bus batek bi egoera posible ditu: inor ez denean transmititzen ari (idle) eta norbait mezu bat transmititzen ari denean (busy). Busy period kontzeptuak sarea beteta dagoen denbora tarte jarrairik luzeenari dagokio. Hasiera batean prozesadoreen arlorako definitu zen kontzeptu hau (Lehoczky 1990), baina CAN sarea ere erabiltzen da (Davis 2007). Tesian bertan frogatutako hipotesiaren arabera, beteta dagoen denbora tarte hori baino luzeagoa den atzerapen denborarik ez dago. Honela, nahikoa da busa okupatuta dagoen denbora tarterik luzeena neurtzea, itxarote denbora mugatua izateko .

Hurrengo irudian ikusi daitezke Tindellen WCRT eta lan honetan proposatutako bi metodoen arteko konparaketa. Abzisa ardatzean CAN sareko mezuak azaltzen dira lehentasunaren arabera ordenaturik, hau da ID1 lehentasun handieneko mezua da eta ID17 lehentasun txikieneko mezua. Ordenatu ardatzean mezu bakoitzaren iriste denbora txarrena azaltzen da ms-tan. Ikusi daitekeen moduan denbora txarrenaren balioa asko jaitsi daiteke.

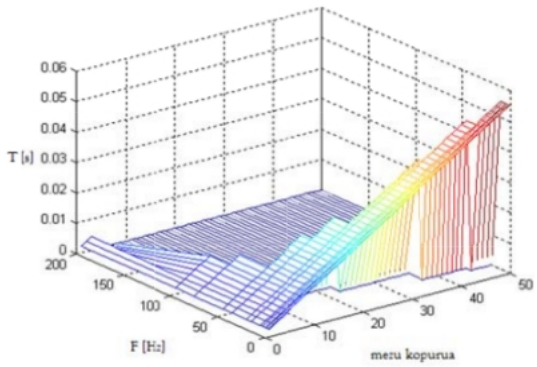
Anali
honela n
bus bate
zabalera
aldagai
mugatze
erabiltze
beteko d
aukera d

elburu,
tarako
banda
ia). Bi
opurua
fikoak
mugak
puntua

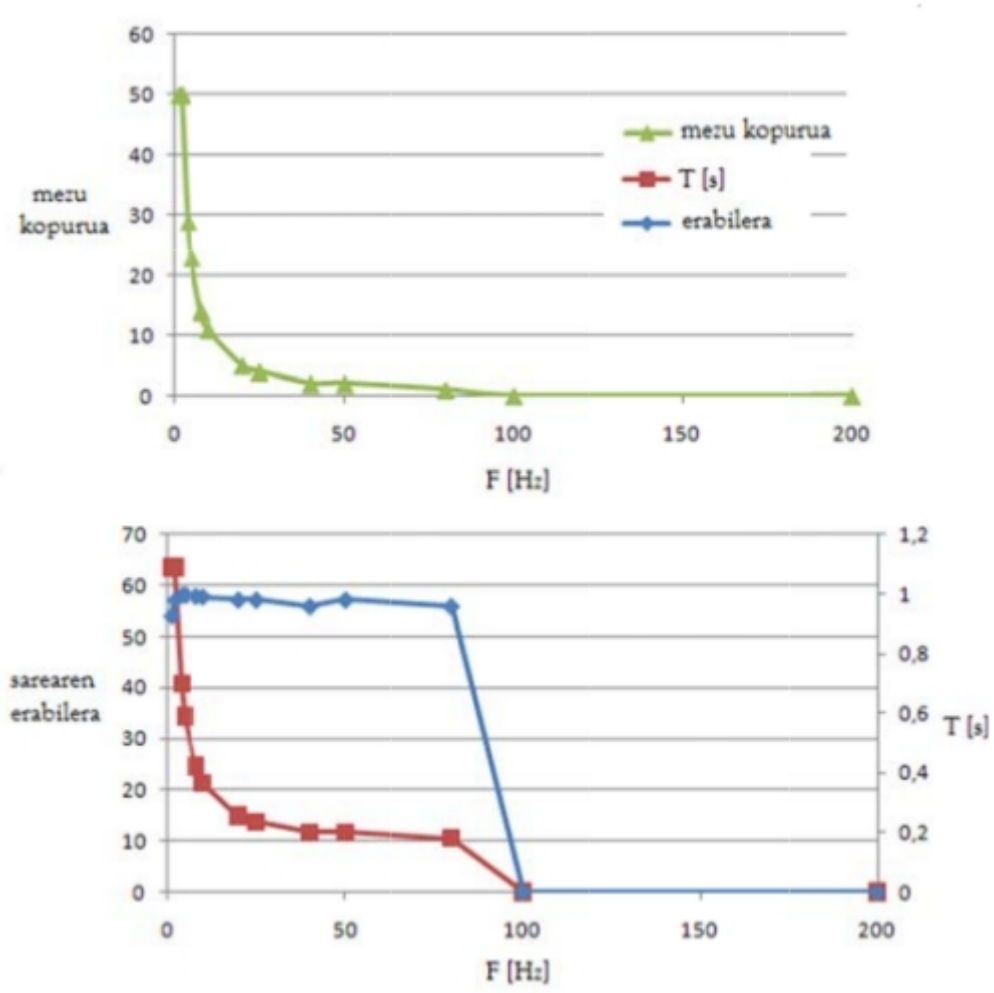





**4. irudia. Saerearen erabilera maila mezu kopurua eta beraien bidaltze frekuentziaren arabera.**




**5. irudia. Mezuen iriste denbora mezu kopurua eta beraien bidaltze frekuentziaren arabera.**




**6. irudia. Funtzionamendu puntuen muga, saerearen erabilpen eta iriste denbora maximoen ebakidurak emana. Goiko grafikoak sareko mezu kopurua erakusten du eta behekoak sareko erabilera eta mezuen iriste denbora, balio guztiak mezuen bidaltze frekuentziaren arabera.**

Honela, azaldutako hiru metodo hauen bidez posible da kalkulu teorikoak nahiz neurketak erabiliz diseinatuta dagoen edo martxan dabilen CAN bus baten egoera aztertzea eta gainera ikus dezakegu bus horretan mezu berriak sartzeko aukerarik badagoen ala ez sarearen mugak gainditu gabe. Dena den ikerketa honetan pausu bat aurrera eman eta egoera aztertu ez ezik, CAN sarearen egoera hobetzeko optimizazio metodo bat ere proposatzen da. Bere helburua mezuen iriste denbora jaitsi eta sarearen banda zabalera librea handitzea da.

Optimizazioari dagokionean orain arte proposatutako metodo desberdinen analisi bat egin da ikerketan eta emaitzaren araberako proposamen bat luzatzen da CAN sare batean mezu berriak sartzeko helburuarekin. Bi fase ezberdinez osatutako metodologia da:

- Paketatzea: integratu nahi diren seinale guztiak paketatzen dira banda zabalera minimoa hartu dezaten, beti ere haien lehentasunak kontutan izanik.
- Atzerapenak ezartzea: aurkeztutako algoritmoaren bidez mezu bakoitza zein momentutan bidali behar den kalkulatzen da. Honela mezu berriek ahalik eta gutxien eragingo dute gainontzeko sareko trafikoan.

### 3.3 Metodologiaren aplikazioa

Metodologia honetan oinarritutako CAN sarearen analisia modu praktikoan erakusteko aplikazio erreal bat garatu dugu. CEIT zentroan aurkitzen den simulagailuan HMI integratu bat inplementatu dugu eta aplikazio erreal bat txertatu dugu bertan: esku libreko telefono aparailua. Gainera, mota desberdinetako gailuak fisikoki ibilgailuan integratzen dituen plataforma bat ere garatu dugu. HMI nagusi gisa interfaze birtual bat garatu dugu, bere itxura erabat konfiguratu daitekeelarik.

Honetaz gain CAN busaren optimizazio metodologia erakusteko simulagailuko sarearen optimizazioa egin da bertan transmititzen den informazioak banda zabalera txikiagoa har dezan eta mezuen iriste denbora txikiagoa izan dadin. Frogatu ahal izan dugu paketatzeak banda zabalera txikitzen duela eta atzerapenen ezartze egokiak laguntzen duela sareko iriste denbora luzeena txikitzen.

## 4. Ondorioak

CANaren analisian oinarritutako metodologiak eta simulagailuaren interfaze berriak abantaila handiak eskaintzen ditu bai sistema berrien garapen fasean eta baita aplikazio mailan ere.

Garapen fasean sistema berrien txertatze denbora txikitzea ahalbidetzen du. Sistema bakoitzak behar dituen mezuak jakinik, aurkeztutako metodologiak mezuok nola integratu adieraziko digu. Honela, benetako ibilgailuen komunikazio arkitektura mantenduz, hau da CAN sarea erabiliz, nahikoa da HMIaren portaera berria definitzea. Ondoren, funtzionamenduaren ebaluazio fasean, ingurune errealista batean gailu berriak gidariarengan duen eragina aztertu daiteke.

Aplikazio mailan ere badira HMI integratu baten abantailak: sistema guztien erantzuna koordinatzen du, sistema hauekiko interakzioa askoz seguruago gertatu dadin. Gainera, HMI kudeatzaile batekin konbinatuz, gidariarentzako karga handiko momentuak ekidin daitezke.

Bestalde, ibilgailu baten diseinuan aurreikusi gabeko sistema berriak ibilgailuaren funtzionamenduan bertan integratzen lagun dezake aurkeztutako ikerketak. Egia da tesi honetan baldintza egonkorrak soilik kontsideratu direla eta errealitatea konplexuagoa dela. Ondorioz, momentuz ez da posible ibilgailu erreal batean CAN mezu berriak sartzea segurtasun osoa mantenduz. Hala ere, egindako analisia eta lortutako ondorioak pausu bat gehiago dira etorkizuneko erronka berri honentzat.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Bide desberdinak jorratu daitezke lan honi segida emateko. Alde batetik oso onuragarria litzateke hardware estrukturatan sakontzea eta benetako birkonfigurazio dinamikoa lortzera

bidean pausuak ematea. Honek asko erraztuko luke ibilgailuetan gailu desberdinak modu errazean integratzea.

CAN sarearen analisiari dagokionean, aurkeztutako analisi metodologia osoa modulu fisiko batean garatzea proposatzen da. Modulu hau edozein CAN saretan konektatuz posible izango litzateke bere momentuko egoera ezagutzea modu grafiko eta dinamikoan.

CAN sarearen optimizazioa ere oraindik osatu eta garatzeko dagoen ikerketa lerro bat da. Mezu bakoitzaren atzerapena ez ezik, mezuen lehentasuna ere kontutan hartzen duten algoritmoak izan daitezke aurrera egiteko bide bat.

## 6. Erreferentziak

(2010). *Intelligent Vehicle Initiative (IVI) Technology Advanced Controls and Navigation*, SAE International.

Bilbao, A. et al. (2009) ASISTE – Intelligent transportation systems integration platform for industrial vehicles, in IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Txina

Bilbao, A. et al. (2011) *Virtual Instrument Cluster for enhancing the configurability of an automotive simulator*, Simulation: Transactions of the Society of Modeling an Simulation International.

Bosch, R. (1991). *CAN Specification Version 2.0*., Sttutgart, Alemania.

Davis, R., et al. (2007) *Controller Area Network (CAN) Schedulability Analysis: Refuted, Revisited and Revised*. Real-Time Systems, 2007, vol. 35, no. 3. pp. 239-272. ISSN 0922-6443

Lehoczky, J. P. (1990) *Fixed Priority Scheduling of Periodic Task Sets with Arbitrary Deadlines*. in Real- Time Systems Symposium.

Qureshi T. N. (2009) Towards model-based development of self-managing automotive systems: modeling, simulation, model transformation and algorithms: supporting the development of the Dyscas middleware

Ranney, T. A. (2008) *Driver Distraction: A review of the Current State-Of-Knowledge*, NHTSA.

Teepe G. et al. (2002). *Towards information centric automotive system architecture*, Pennsylvania

Tindell, K., Burns, A. eta Wellings, A. (1995) Calculating Controller Area Network (CAN) Message Response Times. Control Engineering Practice, vol. 3. pp. 1163-1169

Simonot-Lion F. eta Trinquet Y. (2008). Vehicle Functional Domains and their Requirements in Taylor & Francis (2008) Automotive Embedded Systems Handbook

# Geruzatzerik gabeko berun-azido bateriak

Oca L.[1,a], Campillo-Robles J. M.[1,b], Bou-Ali M. M.[1,c], Ballesteros B.[2,d]

[1]*Mekanika eta Ekoizpen Industrialeko Saila, Mondragon Goi Eskola Politeknikoa, Mondragon Unibertsitatea, 20500 Arrasate, Euskadi*, [2]*Energy Revival S. L., 20570 Bergara.*

[a]*laura.oca@alumni.mondragon.edu*, [b]*jmcampillo@mondragon.edu*, [c]*mbouali@mondragon.edu*, [d]*bballesteros@rebattery.eu*

## *Laburpena*

Zahartze-prozesuek mugatzen dute berun-azido baterien bizitza erabilgarria. Elektrolito likidoko baterietan elektrolitoaren geruzatzea horietariko bat da. Ikerketa-proiektu honetan geruzatzearen azterketa egiten ari gara, berau desaktibatzeko helburuarekin. Hori lortuz gero, bateriaren eraginkortasuna handituko litzateke, bere bizitza erabilgarria luzatuko litzateke eta gainera, ingurunearen gaineko eragina txikituko genuke. Bateriaren elektrolitoa ezaugarritu, saiakuntza-bankua diseinatu eta hasierako simulazioak burutu ditugu. Eta orain, egiaztatze esperimentala egitera goaz.

Hitz-gakoak: berun-azido bateria, elektrolitoa, geruzatzea, simulazioa, saiakuntza-bankua.

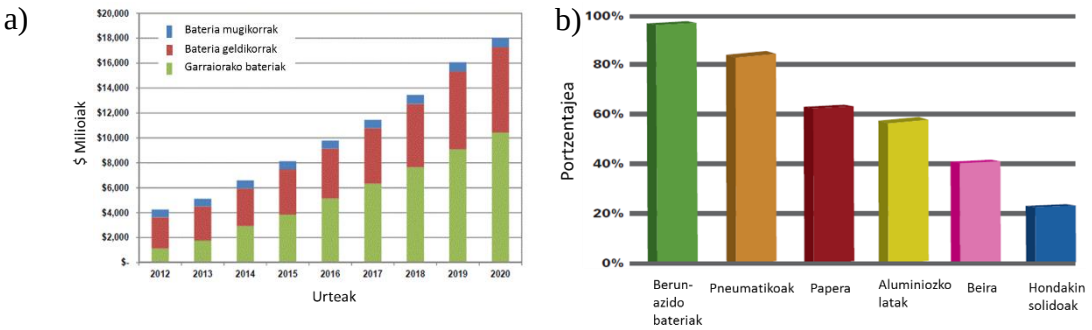
## *Abstract*

The aging processes limit useful life of lead-acid batteries. The stratification in flooded lead-acid batteries is one of them. In this research project, an analysis of stratification is being carried out, in order to deactivate it. If that objective is achieved, the efficiency of the battery will be increased, the useful life of batteries will be prolonged and, moreover, the impact on the environment will be reduced. We have characterized the electrolyte of the battery, we have designed a test bench and initial simulations have been performed. From now on, we will continue working on experimental verification.

Keywords: lead-acid battery, electrolyte, stratification, simulation, test bench.

## 1. Sarrera eta motibazioa

1859an, Gaston Planték (1834-1889), fisikari frantsesak, lehenengo bateria kargagarria garatu zuen, berun-azido bateria (Plante, 1860). Bateria honek mende eta erdi bat baino gehiago iraun du aldaketa esanguratsurik gabe. Gaur egun, berun-azido bateria aplikazio askotan erabiltzen da oraindik ere: autoen abiatze-sistemetan, telekomunikazioetan, trakzio-sistemetan, etenik gabeko elikaduretan (ingelesez *UPS*), ibilgailu elektrikoetan eta abar (Pavlov, 2011). Izan ere, berun-azido teknologia oso fidagarria, merkea eta eraikitzeko erreza da. Honetaz gain, bateria mota hau iraupen luzekoa da, ez dauka mantentze-lan handirik, korronte handiak eman ditzake, ez dauka memoria-efekturik, autodeskarga oso txikia dauka, eta abar. Hori dela eta, berun-azido baterien merkatuak zabaltzen jarraituko du (ikus 1. Irudia a)).




**1.Irudia.** a) Berun-azido baterien merkatu-aurreikuspenak 2012-2020ko eperako (Pike Research, 2012). b) Estatu Batuetako birziklatze-portzentajeak 2009-2011-ko epean (SmithBucklin Statistics Group, 2011).

Berun-azido bateriak alderdi negatibo batzuk ere baditu. Adibidez, bateria hau ezin da gorde deskargaturik, hondatzen delako. Gainera, bere osagaien artean beruna dago, material kutsakorra. Dena dela, bateria hauen bizitza-zikloa itxia da, haren birziklatze-prozesua eraginkorrena baita

kontsumo-produktuen artean (ikus 1. Irudia b)). Adibidez, 2009-2013-ko epean AEBtan erabilitako baterien berunaren % 99 birziklatu da (SmithBucklin Statistics Group, 2014). Hala ere, momentu honetan bere arazorik garrantzitsuena beste bat da. Energia-dentsitate txikia dauka beste teknologia batzuekin alderatuta. Hau da, bateria pisutsua da, eta horregatik, gehienbat aplikazio geldikorretan erabiltzen da.

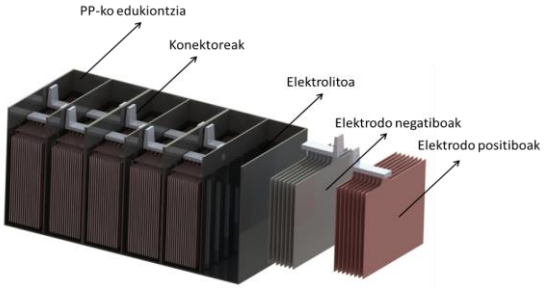
Berun-azido teknologiaren arazoak konpontzeko baliabide asko bideratzen dira mundu osoan zehar. Ikerketa eta garapen-programa hauen helburu nagusia berun-azido bateriaren merkatu-kuota handitzea da. Gaur egun, berun-azido teknologiak honako aplikazio-eremuak ditu begiz jota: ibilgailu elektriko hibridoak (ingelesez *HEV*), urrutiko lekuentzako elikatze-iturrien sistemak, energia berriztagarrien eta sare-metaketarako sistemak, *start-stop* automozio-sistemak eta aplikazio geldikorretarako eta telekomunikaziorako *back up* sistemak. Berun-azido bateria aplikazio-eremu berri hauetan hedatzeko, bi arlo nagusitan ikertzen ari da. Alde batetik, aplikazio batzuetan bateriaren eraginkortasuna mugatzen duten faktoreak ulertu eta murriztu behar dira. Eta bestetik, bateriaren errendimendua optimizatzeko konponbide teknologikoak sortu behar dira.

Momentu honetan, Euskal Herrian ez dago berun-azido bateriaren garapenaren inguruan interes berezirik. Metaketa-teknologietan egiten den ikerketa- eta garapen-lan gehiena beste kimikak aztertzera bideratzen ari da. Hori dela eta, interesgarria deritzogu berun-azido teknologian ezagutza sakontzea, produktu edota zerbitzu berriak garatzeko helburuarekin.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

### 2.1. Gaur egungo egoera

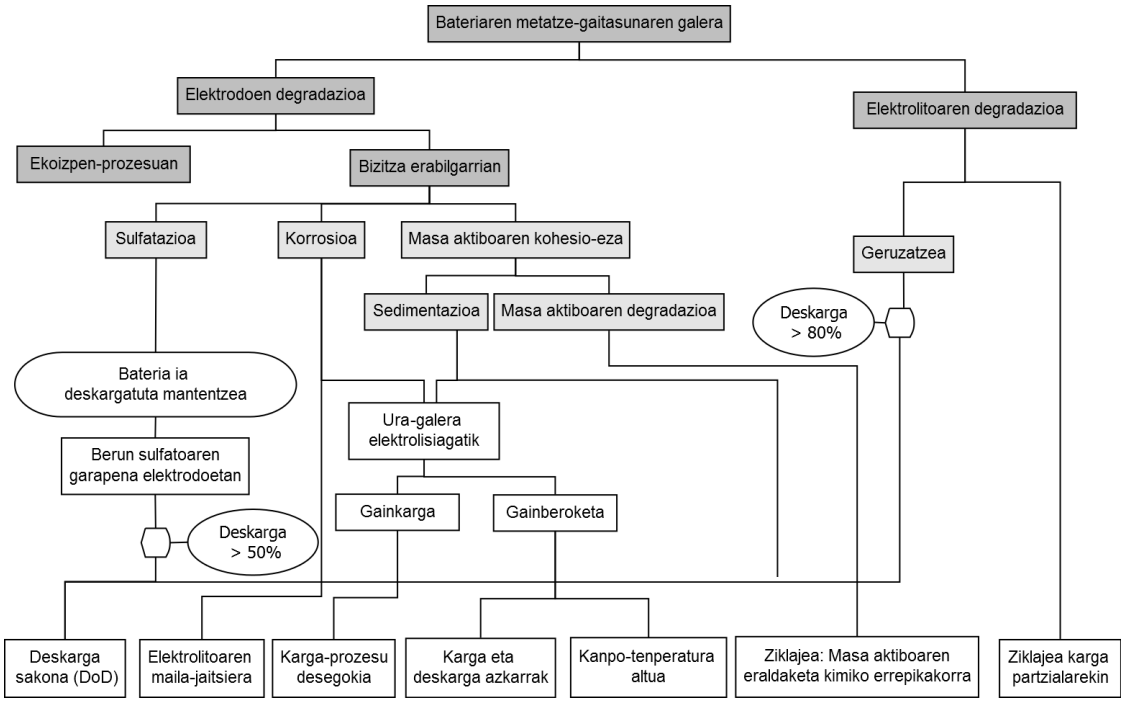
Elektrolito likidoko berun-azido bateria metagailu oso sinplea da. Ohiko bateriaren elektrodoak xafla errektangeluarrak dira (ikus 2. Irudia). Elektrodo negatiboa berunezkoa da, eta positiboa, berriz, berun-oxidokoa. Elektrodo hauek polipropilenozko karkasa baten barruan daude, elektrolitoan murgilduta. Elektrolitoa, ura eta azido sulfurikoaren arteko disoluzio bat da, eta baterietan bere ohiko kontzentrazioa wt% 10-40 tartean dago. Elektrolitoak bi elektrodoen arteko korronte elektrikoa garraiatzen du. Azkenik, elektrodoen artean plastiko porotsuaz egindako mintz-banatzaile bat jartzen da, ioiak bertatik igaro ahal izateko eta aldi berean zirkuitulaburrak galarazteko.




**2. Irudia.** Elektrolito likidoko berun-azido bateriaren osagai garrantzitsuenak.

Berun-azido baterien zahartze-prozesuak aspalditik ezagunak dira (Ruetschi, 2004). Zahartze-prozesuek bateriaren eraginkortasun-galeran eragiten dute, eta gainera, bateriaren bizitza erabilgarria murrizten dute. Zahartze-prozesu garrantzitsuenak honako hauek dira (ikus 3. Irudia): elektrodoen korrosioa, materia aktiboan berun sulfatoaren eraketa itzulgaitza (sulfatazioa), masa aktibo positiboaren degradazioa (sedimentazioa), itsaspen-galera saretan, zirkuitulaburrak eta ur-galera (lurrunketa).

Jakina denez, bateriaren zahartze-prozesu hauek elkarri lotuta daude. Adibidez, baterian karga eta deskarga azkarrak eraginez gero, ur-galera gertatzen da sortutako gainberoketaren ondorioz. Honek elektrolitoaren maila-jaitsiera eragiten du, eta elektrodoek korrosioa jasaten dute. Gainera, karga eta deskarga azkarren eraginez elektrolitoak ez du homogeneizatzeko denborarik izaten, eta baterian geruzatzea gertatzen da.




**3. Irudia.** Gris argian berun-azido bateriaren zahartze-prozesuak, gris ilunean beraien kokapena eta zurian beraien sorburua (Brik eta ben Amar, 2013).

Orainaldi honetan, geruzatzea sakonki aztertzen ari da, bere eragin kaltegarriak gutxitzeko asmoz . Bateriak ziklatzean edo denbora luzez biltegiratzean, ura baino pisutsuak diren ioiak gelaxkaren beheko alderantz joaten dira, elektrolitoaren geruzatzea eratuz. Geruzatzea oso kaltegarria da, gelaxkan korronte-banaketa ez-uniformea sortzen duelako, eta gainera, elektrodoen materia aktiboaren erabilera partziala eragiten duelako. Deskarga-egoeran agertzen diren azido-kontzentrazio baxuak elektrodoaren saretarentzako kaltegarriak dira. Bestalde, azidoaren kontzentrazio altuek bateriaren bizitza erabilgarria murrizten dute, autodeskarga eta sulfatazioaren ondorioz (Ebner et. al., 2013).

Berun-azido baterien geruzatzea txikitzeko bi garapen garrantzitsu gertatu dira. XX. mendeko 50. hamarkadan. Alde batetik, gelezko bateriak garatu zituzten elektrolito likidoa silize hautsarekin nahastuz. Horrela, gelifikatutako elektrolitoa lortu zuten. Bestetik, 70. hamarkadan, beira-zuntzezko banatzailedun bateriak garatu ziren erabilera militarrerako. Bateria hauetan elektrolitoa beira-zuntzean xurgaturik dago (ingelesez *Absorved Glass Mat*, *AGM*). Bi motatako bateria hauek geldiarazitako elektrolitokoak dira, eta beraietan balbula bat erabiltzen da erreakzio kimikoetan sortutako gasak erregulatzeko (ingelesez *Valve-Regulated Lead-Acid*, *VRLA*). *VRLA*ko baterietan geruzatzea txikiagoa da, eta gainera, mantentze-lan gutxiago daukate (ura ez da gehitu behar) eta tenperatura-aldaketen eta bibrazioen aurrean jokamolde hobea erakusten dute. Hori bai, *VRLA*ko bateriak garestiagoak dira.

Schulte-k eta bestek geruzatzea kuantifikatzeko geruzatze-indizea (ingelesez S*tratifiability Index*, *SI*) definitu dute (Schulte et. al., 2014):

$$SI = 100\frac{\left(\rho_{behean} - \rho_{goian}\right)}{0{,}84} \qquad (1).$$

non $\rho_{\text{behean}}$ eta $\rho_{\text{goian}}$ bateriaren beheko eta goiko aldeetako dentsitateak diren, g $cm^{-3}$-tan adierazita; eta 0,84 azido sulfurikoa eta uraren dentsitateen arteko diferentzia g $cm^{-3}$-tan. (1) ekuazioko indizea oso erabilgarria da geruzatzea analizatzeko, eta normalean % 0 eta % 35 balioen artean dago.

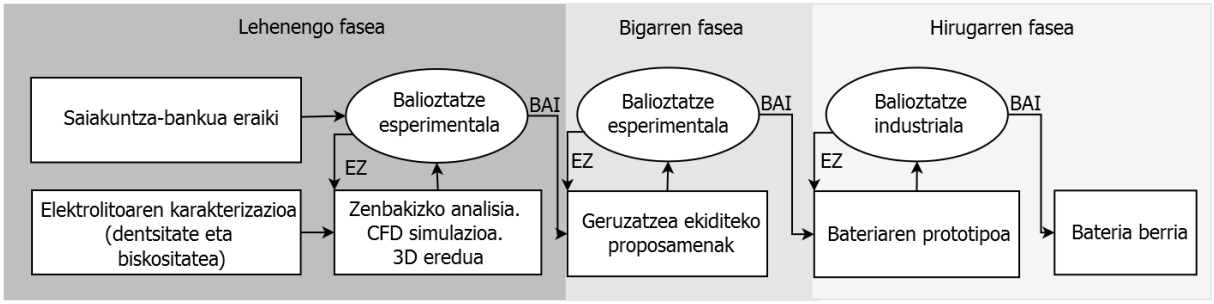
## 2.2. Ikerketaren helburuak

Ikerketa-proiektu honetan elektrolito likidoko berun-azido baterien gerutzatzearen fenomenoa aztertzen ari gara. Ikerketaren helburu nagusia elektrolitoaren geruzatzea partzialki edo erabat desagerraraztea da. Horretarako, elektrolitoan gertatzen diren efektu termograbitazionalen

gainean eragiteko asmoa daukagu. Geruzatzea txikitzea edo desagertzea lortuz gero, hiru onura garrantzitsuak erdietsiko ditugu: bateriaren eraginkortasuna handituko da, bizitza erabilgarria luzatuko da eta ingurunearen gaineko eragina txikituko da. Honek bidea zabalduko digu gaur egun merkatuan dauden berun-azido bateriak hobetzeko, eta agian bateria berri bat patentatzeko. Bide batez, berun-azido teknologian lortutako ezagutzari esker, Energy Revival S. L. enpresak garatu zuen desulfatazio elektronikoa hobetzen saiatuko gara.

## 3. Ikerketaren muina

Ikerketa-lan honen abiapuntua elektrolitoaren ezaugarritzea izan da. Lehendabizi, elektrolitoaren dentsitatea eta biskositatea neurtu ditugu. Ondoren, balioztatze esperimentala gauzatzeko saiakuntza-bankua prestatu dugu. Bateria komertzialak erabili ditugu saiakuntzetan. Esperimentuetan bateria komertzialak aztertzeaz gain, horien elektrodoekin sortutako gelaxka elektrolitikoak ere analizatu ditugu. Aldi berean, eredu teoriko garatzen hasi gara, bateriaren gelaxka simulatzeko oinarria baita. Eredu teorikoa esperimentalki balioztatu ondoren, simulazioaren bitartez geruzatzea desaktibatzen duten proposamenak aztertuko ditugu. Alde batetik, bateriaren hiru dimentsioko eredu errealean geometria konbentzionala aldatuko dugu, elektrodoen formak edota posizioak, besteak beste. Bestetik, baterian azaltzen diren tenperatura- eta potentzial-gradienteen gainean ere eragingo dugu, elektrolitoaren difusio- eta konbekzio-ezaugarriak aldatzeko asmoz. Behin hori eginda, balioztatze esperimentalaren bitartez bateria-prototipo bat diseinatuko dugu. Jarraian, bateria-prototipoa eraikiko dugu, eta ingurune industrial batean balioztatuko dugu. Azkenik, lan guzti honen bukaerako emaitza geruzatzerik gabeko bateriaren ezaugarriak zehaztea izango da.




**4. Irudia.** Ikerketa-proiektuaren fluxu-diagrama.

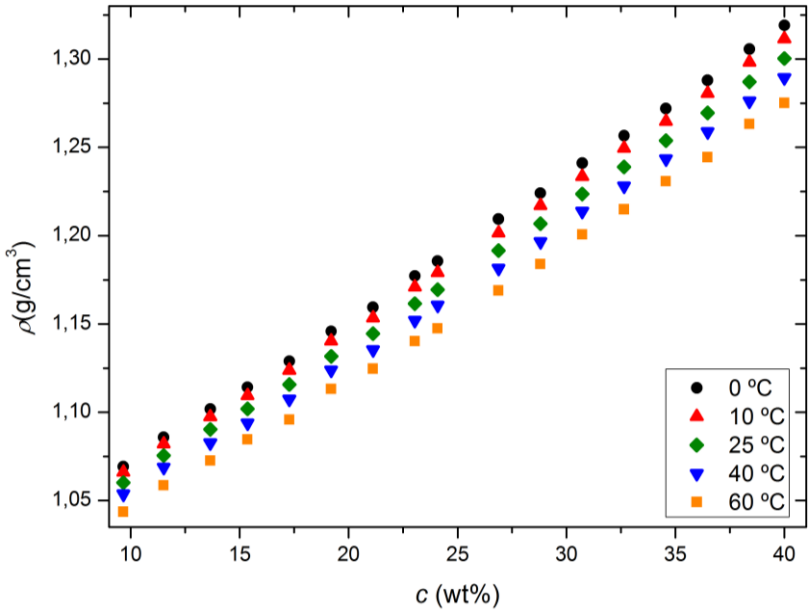
4. Irudian ikus daitekeenez, ikerketa-proiektuaren zereginak hainbat fasetan banatu ditugu. Idazki honetan proiektuaren lehenengo faseko hainbat emaitza bildu dugu. Ikus dezagun lehenengo fase honetan egindakoa.

### 3.1. Elektrolitoaren ezaugarritzea

Jakina denez, berun-azido bateriaren karga- eta deskarga-prozesuetan elektrolitoaren dentsitatea aldatuz doa. Adibidez, 25 ºC-ko tenperaturan dentsitatea bateriaren deskarga-egoerako 1,10 g $cm^{-3}$-ko baliotik karga-egoerako 1,28 g $cm^{-3}$-ra handitzen da. Jokaera honi esker, dentsitatea neurtuz bateriaren karga-egoera zehaztu daiteke tenperatura jakin batean. Hortaz, tenperatura eta kontzentrazioarekin elektrolitoaren dentsitatea nola aldatzen den ezagutzea oso garrantzitsua da.

Elektrolito likidoko baterien ohiko funtzionamenduan elektrolitoaren kontzentrazioa %wt 10-40 tartean egoten da. Hori dela eta, elektrolitoaren dentsitatea 0 ºC eta 60 ºC-ko tenperaturen artean neurtu dugu kontzentrazio-tarte horretan. Dentsitatearen neurketarako Anton Paar DMA 5000 dentsimetroa erabili dugu (Oca et. al., 2014 a). Dentsimetro honek dentsitatea ± 5 $10^{-6}$ g/$cm^3$-ko eta tenperatura ± 0,01 ºC-ko zehaztasunarekin neurtzen du. Neurtutako dentsitatearen hainbat balio 5. Irudian irudikatu dugu, dentsitatearen jokaera ikusteko.

Bere garrantzi teknologikoa dela eta, azido sulfuriko-ura nahastearen dentsitatea ondo neurtutako parametroa da. Bibliografian hainbat neurketa ageri dira. Hala eta guztiz ere, neurketa guztien artean Domke eta Bein-en balioak dira gehien aipatzen direnak (Domke eta Bein, 1905). Domke eta Bein-en balioak eta beste neurketa batzuetakoak hartu ditugu, eta gure neurketaren balioekin alderatu ditugu. Neurketak bat datozela egiaztatu dugu.




**5. Irudia.** Elektrolitoaren dentsitatea kontzentrazioaren funtzioan hainbat tenperaturatan.

Neurtu ditugun dentsitatearen balioekin funtzio bat doitu dugu {c (%wt 10-40); T (0-60 °C)} tarterako. Zeregin honetarako, sei parametro doigarriak dituen funtzio polinomikoa erabili dugu, honako hau alegia:

$$\rho(c,T) = \rho_{00} + \rho_{10}\mathrm{c} + \rho_{20}\mathrm{c}^2 + \rho_{01}\mathrm{T} + \rho_{02}\mathrm{T}^2 + \rho_{11}\mathrm{cT} \qquad (2).$$

Bibliografian egiaztatu ahal izan dugunez, era honetako adierazpen gehiago garatu izan dira azido sulfuriko-ura nahastearen dentsitatea deskribatu ahal izateko (Myhre, 1998). Hala ere, gure adierazpena guztien artean sinpleena da, koefiziente doigarri gutxien dituen adierazpena baita. Esan gabe doa doitutako (2) ekuazioa garrantzitsua dela bateriaren gelaxkan elektrolitoaren jokaera zenbakizko analisiaren bitartez deskribatzeko.

Ondoren, elektrolitoaren beste bi ezaugarri garrantzitsuak zehaztu ditugu dentsitate-neurketetatik abiatuta. Lehendabizi, elektrolitoaren espantsio termikoaren koefizientea, $\alpha$, kalkulatu dugu presio atmosferiko konstantean. Jarraian, espantsio masikoaren koefizientea, $\beta$, ere kalkulatu dugu presio atmosferiko konstantean (Oca et. al., 2014 b).

Azkenik, 25 ºC-tan elektrolitoaren biskositatea neurtu dugu. Etorkizunean fluido honen ezaugarri elektrikoak eta termikoak zehaztuko ditugu, hauek ere garrantzitsuak baitira elektrolitoaren jokaera modu egokian simulatzeko.

### 3.2. Bateriaren zenbakizko analisia

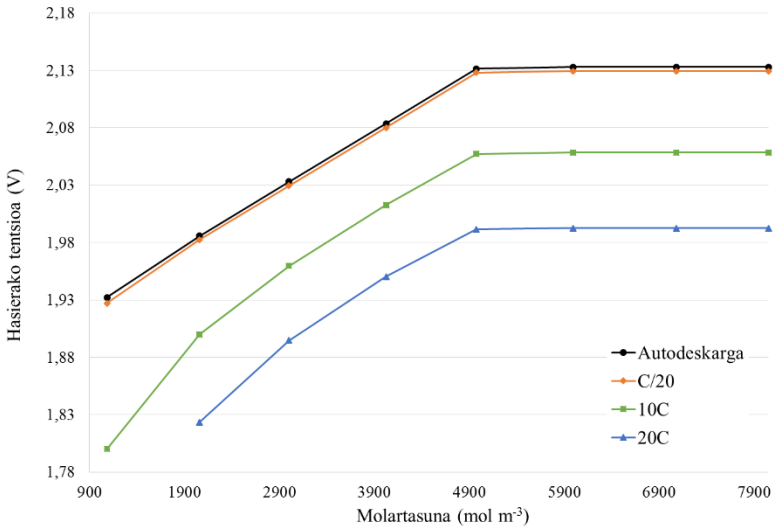
Azken urteotan, software multifisikoen garapenak asko erraztu du sistema konplexuetan simulazioak burutzea. Gainera, ordenagailuen kalkulu-potentziaren etengabeko handitzeak ere gero eta konplexuagoak diren simulazioak egiteko bidea erraztu du. Horren guztiaren ondorioz, baterietan gertatzen diren fenomenoak simulazioen bidez azaltzeko ahaleginak ugaritu dira. Zoritxarrez, orain arteko ereduak baterien jokaera nahiko ondo deskribatzen badute ere, hainbat gabezi erakusten dute arlo konkretu batzuetan. Adibidez, zahartze-prozesuak simulazioetan deskribatzea oso zaila da. Prozesu hauek erabat erlazionatuta daudenez, ez daude ereduaren parametro bakar bati lotuak. Beraz, sinplifikazioak derrigorrez egin behar dira. Bateriaren zahartze-prozesuen eta ereduaren parametroen arteko lotura hobeto deskribatuz, zahartze-prozesuen inplikazioaren diagnostikoa eta hauek eraginkortasunean duten eragina hobeto ulertuko dugu.

2009an Cugnet-ek eta bestek argitaratutako artikulua erreferentziazko lana da berun-azido baterien simulazioetan (Cugnet et. al., 2009). Dimentsio bakarreko eredua izanik ere, nahiko ondo deskribatzen du bateriaren jokaera, eta horrela ageri da esperimentuekin egindako alderaketan.

Hori bai, eredu honek hainbat gabezia du; autoen abiatze-sistemetako baterietan agertzen diren zahartze-prozesu garrantzitsuenak bakarrik kontuan hartzen ditu: sulfatazioa eta korrosioa. Eredua sinplifikatzeko, sulfatazioaren fenomenoa bi elektrodoetan berdina dela eta hasierako kontzentrazioa berdin mantentzen dela suposatu du. Gainera, dimentsio bakarreko eredua izanda ezinezkoa da geruzatzea aztertzea. Ikerketa honetan, Cugnet-ek eta bestek sortutako eredu honetan oinarritu gara gure eredua abiatzeko. Horrela, berun-azido bateriaren gelaxka bat deskribatzen duen dimentsio bakarreko eredu bat prestatu dugu. Hortik abiatuta, bi eta hiru dimentsiotako ereduak prestatzen ari gara momentu honetan. Eredu berrian gelaxka elektrolitikoan ageri diren fenomeno fisiko-kimiko garrantzitsuenak kontutan hartu nahi ditugu: difusioa, konbekzioa eta abar. Garatutako eredu teoriko berriaren emaitzak saiakuntza-bankuarekin egiaztatuko ditugu etorkizunean.

Orain arte garatutako dimentsio bakarreko ereduan, bateriaren karga-deskarga prozesuen hainbat alderdi aztertu dugu: banatzailearen kokapen egokiena gelaxkan, elektrolitoaren hasierako kontzentrazioaren eragina, elektrodoen, elektrolitoaren eta banatzailearen dimentsioen optimizazioa, karga- eta deskarga-abiadura ezberdinen analisia, eta abar. Adibidez, 6. Irudian deskarga-prozesuaren hasierako tentsioa irudikatu dugu elektrolitoaren hasierako kontzentrazioaren funtzioan. Alde batetik, deskarga-abiadura handitzen badugu, hasierako tentsioa txikitzen da. Beste aldetik, elektrolitoaren kontzentrazioa handitzean, hasierako tentsioa handitzen da % 40ko kontzentrazioraino, eta hortik aurrera, konstante mantentzen da. Azken hau deskarga-abiadura guztietan gertatzen da (ikus 6. Irudia). Gainera, dimentsio bakarreko ereduaren deskarga-analisietatik beste ondorio hauek ere lortu ditugu. Deskargetan, sulfatazioaren eraginez, elektrodoen porositatea txikitzen da elektrolitoaren kontzentrazioarekin batera. Bestalde, elektrodoen gainazaleko porositatea barrualdekoa baino askoz azkarrago murrizten da. Beraz, elektrodo positiboaren lodiera eta porositatea handitzen badugu, deskarga-denbora luzatu dezakegu.

Zenbakizko kalkulu hauen emaitzak beste ikertzaileek lortutakoekin alderatu dira, eta antzeko emaitzak lortu ditugu (Esfahanian et. al., 2014). Hurrengo urratsa balioztatze esperimentala izango da.




**6. Irudia.** Hasierako tentsioa 4 deskarga-abiaduretan elektrolitoaren hasierako kontzentrazioaren funtzioan.

### 3.3. Balioztatze esperimentala

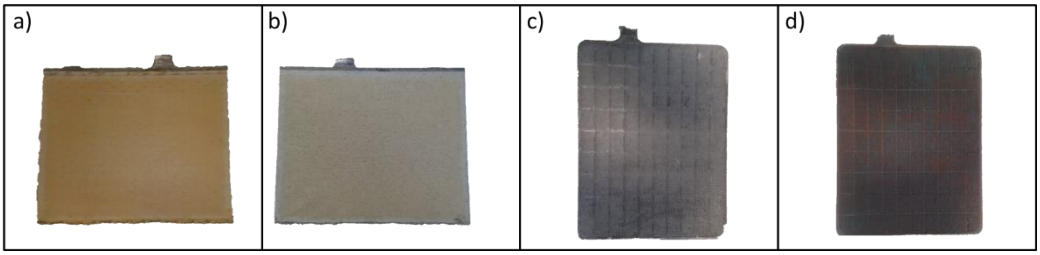
Berun-azido baterietan neurketak *in-situ* egitea oso zaila da, gelaxka elektrolitikoa inguru erasokorra baita. Alde batetik, ingurune azidoa da, eta material asko erasotuak izaten dira. Eta bestetik, korronte elektrikoak ditugu. Hori dela eta, bateriak era egokian sentsorizatzea ez da erraza, sentsore askok ezin baitu lan egin holako ingurunetan. Proiektuaren lehenengo fase honetan saiakuntza-bankuaren prozedura eta sentsorizazioa finkatu ditugu.

Lehenengo egiaztapenak egiteko, bi motatako abiatze-bateria lehorrak aukeratu ditugu:

- 12 V eta 90 Ah-ko ezaugarriak dituen kotxerako bateria. Bateria hau formatu gabe dago. Hortaz, edozer egin aurretik formazio-prozesu zehatz bat eman behar diogu (9 A-eko korrontea

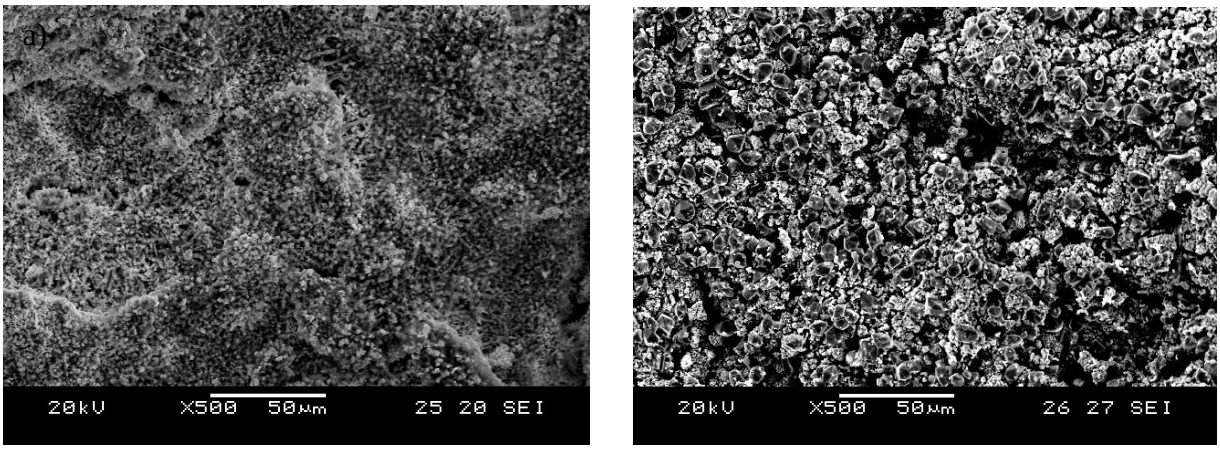
40 orduz 1,245 g $cm^{-3}$-ko hasierako dentsitatearekin). Bateria honen elektrodoak paper batekin babestuta daude (ikus 7. Irudia a) eta b)).

- 12 V eta 12 Ah-ko ezaugarridun motorrerako bateria formatua. Aurrekoa baino bateria txikiagoa da. Ondorioz, elektrodoak txikiagoak dira (ikus 7. Irudia c) eta d)).




**7. Irudia.** Formatu gabeko 12 V eta 90 Ah-ko bateriaren a) elektrodo negatiboa eta b) elektrodo positiboa. Formatutako 12 V eta 12 Ah-ko bateriaren c) elektrodo negatiboa eta d) elektrodo positiboa.

Bateriaren elektrodoak aztertzeko ekorketazko mikroskopio elektronikoa (ingelesez *SEM*) erabili ohi da (Pavlov, 2011). Mikroskopioaren irudien bitartez elektrodoen gainazalaren honako ezaugarriak zehaztu daitezke: porositatea, konposizioa, prezipitazioak eta abar. Gainera, mikroskopioari esker elektrodoen propietate hauek denboran zehar nola aldatzen diren aztertu daiteke. Horrela, karga-prozesuak, tenperaturaren eraginak, zahartze-prozesuak, kontzentrazio-aldaketak eta abarrek elektrodoetan sortzen dituzten efektuak aztertu daitezke. Adibidez, 12 V eta 12 Ah-ko ezaugarridun bateria formatuko elektrodoak 8. Irudian azaltzen dira handitze berdinarekin. Bertan ikus daitekeenez, elektrodo positiboan (b) porositatea handiagoa da elektrodo negatiboan baino (a).




**8. Irudia.** 12 V eta 12 Ah-ko bateriaren elektrodoak: a) negatiboa (Pb) eta b) positiboa ($PbO_2$).

## 4. Ondorioak

Ikerketa-proiektuaren lehenengo fasean honako ondorio nagusiak lortu ditugu:
- Elektrolitoaren dentsitatea eta biskositatea neurtu dugu, eta lortutako balioetatik dentsitatearen parametrizazio berri bat lortu dugu. Parametrizazio hau bibliografian daudenak baino sinpleagoa da, eta simulazioetan sartu dugu elektrolitoaren jokaera hobeto deskribatzeko.
- Zenbakizko kalkuluak burutzeko dimentsio bakarreko eredu sinple bat inplementatu dugu. Berun-azido bateriaren oinarrizko jokaerak ondo azaltzen ditu, baina balioztatze esperimentala egitea falta zaigu. Hurrengo urratsak bi eta hiru dimentsioko ereduak garatzea izango da.
- Saiakuntza-bankua diseinatu dugu, bere prozedura finkatu dugu. Hemendik aurrera, eredu teorikoen egiaztatze esperimentala burutu behar da.

## 5. Etorkizunerako ildoak

Aurretik aipatu dugun moduan, ikerketaren lehenengo fasean murgilduta gaude. Hortaz, hurrengo bi faseen zereginak zehaztuta daude jadanik. Hala ere, berun-azido teknologiaren garapenean lan-ildo

interesgarri asko daude, eta horietan sakontzeko asmoa daukagu. Alde batetik, gaur egun metaketa-teknologia guztietan nanomaterialen erabilera hedatzen ari da. Hori ikusita, berun-azido baterian nanomaterialen efektua aztertzeko asmoa daukagu. Bestetik, elektrolitoaren eroankortasuna handitzeko gehigarriak aztertu nahi ditugu.

## 6. Erreferentziak


Brik, L., ben Amar, F. (2013). Causal tree analysis of depth degradation of the lead acid battery, *J. Power Sourc.* **228**, 39-46.

Cugnet, M., Laruelle, S., Grugeon, S., Sahut, B., Sabatier, J., Tarascon, J.-M., Oustaloup, A., J. (2009). A Mathematical Model for the Simulation of New and Aged Automotive Lead-Acid Batteries, *Electrochem. Soc.* **156 (**12) A974-A985.

Domke, J., Bein, W. (1905), Über dichte und Ausdehnung der schwefelsäure in wässeriger Lösung, *Z. Anorg. Chem.* **43**, 125-181.

Ebner, E., Börger, A., Gelbke, M., Zena, E., Wieger, M. (2013). Temperature-dependent formation of vertical concentration gradients in lead-acid batteries under PSoC operation - Part 1: Acid stratification, *Electrochem. Acta* **90**, 219-225.

Esfahanian, V., Ansari, A. B., Bahramian, H., Kheirkhah, P., Ahmadi, G. (2014). Design parameter study on the performance of lead-acid batteries, *J. Mech. Sci. Tech.* **28** (6), 2221-2229.

Myhre, C. E. L., Nielsen, C. J., Saastad, O. W., J. (1998). Density and Surface Tension of Aqueous $H_2SO_4$ at Low Temperature. *Chem. Eng. Data* **43**, 617-622.

Oca, L., Campillo-Robles, J. M., Bou-Ali, M. M., Ballesteros, B. (2014) a. Evaluation of physical properties of sulfuric acid-water mixtures, *9th International Conference on Lead-Acid Batteries*, Proceedings of 9th International Conference on Lead-Acid Batteries, Albena (Bulgaria), 201-204.

————————————————————————————————, (2014) b. Berun-azido baterien elektrolitoaren ezaugarritzea, Paulis, M., *Materialen Zientzia eta Teknologia II. kongresua*, Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua (UPV/EHU), Donostia, 279-282.

Pavlov, D. (2011). *Lead-Acid Batteries: Science and Technology. A Handbook of Lead-Acid Battery Technology and its Influence on the Product*, Elsevier, Amsterdam.

Pike Research (2012). Advanced Lead-Acid Batteries. Enhanced Flooded, Valve-Regulated, Lead-Carbon, and UltraBatteries for Motive, Transportation, and Stationary Applications: Global Market Analysis and Forecasts, www.pikeresearch.com.

Plante, G. (1860). *C. R. Acad. Sci. Paris* **50**, 640-642.

Ruetschi, P. (2004). Aging mechanisms and service life of lead-acid batteries, *J. Power Sourc.* **127**, 33-44.

Schulte, D., Sauer, D. U., Ebner, E., Börger, A., Gose, S., Wenzl, H. (2014), "Stratifiability index" – A quantitative assessment of acid stratification in flooded lead acid batteries, *J. Power Sourc.* **269**, 704 – 715.

SmithBucklin Statistics Group (2011). *National Recycling Rate Study*, Chicago, Illinois.

————————————————, (2014). *National Recycling Rate Study*, Chicago, Illinois.


## 7. Eskerrak

J. Berasategiri eta J. M. Canalesi eskertu nahi diegu ikerketa honetan emandako laguntza. Eskerra eman nahi dizkiogu Eusko Jaurlaritzaren Ekonomiaren Garapen eta Lehiakortasun Sailari eta Europako Eskualde Garapenerako Funtsari lan hau burutzeko eskainitako laguntza ekonomikoagatik (BATAPLO, IG-2014/0000887 - GAITEK 2014).

# Difusioa, Termodifusioa eta Soret koefizienteak kalkulatzeko erabiltzen diren teknika desberdinak

Lapeira E.[1], Bou-Ali M. M[1], Mialdun A.[2], Shevtsova V.[2], Koehler W.[3], Gebhardt M.[3], Triller T.[3]

[1] *Mekanika eta Ekoizpen Industrialeko saila, Mondragon Goi Eskola Politeknikoa, Loramendi 4 PK. 23, 20500 Arrsate*

*elapeira@mondragon.edu, mbouali@mondragon.edu*

[2]*Microgravity Research Center, Université Libre de Bruxelles, av. F.D.Roosevelt, 50, Bruselas, Belgika,*

*amialdun@ulb.ac.be, vshev@ulb.ac.be*

[3]*Physikalisches Institute, Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth, Alemania, werner.koehler@uni-bayreuth.de*

### *Laburpena*

Lan honetan garraio-propietateak determinatzeko erabiltzen diren teknika desberdinak azaltzen dira. Mondragon Goi Eskola Politeknikoan teknika termograbitaziona eta tutu simetriko irristagarriak erabiltzen dira, Alemaniako Bayreuth unibertsitatean *optical beam deflection* teknika erabiltzen da eta Bruselan aldiz, Bruselako unibertsitatean *optical digital interferometry* erabiltzen da. Aipaturiko tekniken artean dagoen desberdintasun handiena datuak aztertzeko prozesuan dago, lehenengo bi tekniketan dentsitatearen neurketaren bidez kalkulatzen dira garraio propietateka eta beste bi tekniketan laserraren aldaketaren biez egiten da.

Hitz gakoak: Garraio-propietateak, termodifusioa, teknika termograbitazionala, tutu Simetriko Irristagarriak, optical beam deflection, optical digital interferometry.

### *Abstract*

*This work shows the different techniques that are used to measure the transport properties. In Mondragon Goi Eskola Politeknikoa the thermogravitational technique and the sliding symmetric tubes are used, in Bayreuth university the optical beam deflection is used and in University Libre of Brussels the optical digital interferometry is used. The main difference between this techniques is the analysis method, in thermogarvitational and in sliding symmetric tubes is used the density measurement while in other two techniques it is used a laser to measure.*

*Keywords: transport-properties, thermodiffusion, thermogravitational technique, sliding symmetric tubes, optical beam deflection, optical digital interferometry.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Termodifusio efektua azken hamarkadetan asko aztertzen ari da, fluidoen garraio-propietateak arlo ezberdinetan duten eraginagatik. Besteak beste, separazio prozesuetan (Furry et al., 1939; Platten et al., 2003) edota eremu geologikoak karakterizatzeko prozesuetan (Schott, 1983). Petrolioaren industrian ere esaterako, garrantzia handia du gradiente geotermikoen ondoriozko hidrokarburoen konposizioa ezagutzeak (Ghorayeb et al., 2003) eta baita osagaien distribuzioa jakiteak petrolio putzuak hobeto ustiatu ahal izateko (Montel, 1994). Difusio termikoak hainbat arlo biologikotan ere eragina duela ikusi da azken urteotan, esaterako, garraio biologikoaren mekanismotan zerikusia du (Bonner et al., 1984), eta baita materia bizidunen garraioan ere (Dieter eta Libchaber, 2004), bestalde, tenperatura gradientea espermatozoideak obulura iristeko faktore garrantzitsua dela frogatu da, fenomeno hau *Thermotaxis* bezala ezagutzen da (Bahat et al., 2003).

Termodifusioa edo Soret efektua difusio molekularra (D) eta difusio termikoaren (DT) arteko erlazioa da (1)

$$S_T = \frac{D_T}{D} \tag{1}$$

Nahasketa bitarretan eta konbekzioa agertzen ez den kasuetan, Soret koefizientea honela definitzen da (2)

$$S_T = \frac{\nabla c}{c(1-c)} \frac{1}{\nabla T} \tag{2}$$

Non, $\nabla c$ nahasketako osagaien arteko separazioa den, $c$ dentsitate altuena duen osagaiaren kontzentrazioa den eta $\nabla T$ aplikaturiko tenperatura diferentzia den. Soret koefiziente positiboa ala negatiboa izan daiteke, dentsitate altuena duen osagaia inguru hotzera garraiatzen bada, Soret koefiziente positiboa izango da. Bestalde, dentsitate altuena duen osagaia ingurune berora garraiatzen bada, Soret koefizientea negatiboa da.

Nahasketa bitarren Difusio, Termodifusio eta Soret koefizienteen determinatzeko hainbat teoria frogatu dira eta dagoeneko nahasketa bat baino gehiago aztertu dira, baina nahasketa hirutarren kasuan, oraindik idatzirik dauden teoria desberdinak ez dira frogatu. Arazo hori dela eta, DCMIX (*Diffusion and Thermodiffusion Coefficients Measurements in ternary mixtures*) proiektua sortu zen nahasketa hirutarren Difusio, Termodifusio eta Soret koefizienteak determinatu ahal izateko. Proiektu honetan, herrialde desberdinetako 13 taldek parte hartzen dute, Belgika, Alemania, Errusia, Kanada, Frantzia, Japonia , Espainia eta baita ESA-k ere (*Agencia Espacial Europea*). Proiektu honetan fase desberdinak bereizten dira, hauetariko bakoitzean nahasketa hirutar desberdinak aztertzen direlarik. DCMIX 1 esaterako, *Dodecano/Isobultilbenzeno (IBB)/Tetrahidronaftaleno (THN)* osagaiek osatzen dute, hauek petroliotik eratorritakoak dira. DCMIX 2-an *Tolueno/Metanol/Ciclohexano* osagaiak aztertzen dira, nahasketa hirutar hau berezia da kontzentrazio tarte batzuetan osagaiak ez baitira nahasten eta Soret koefizientearen ikur aldaketa ematen da. Azkenik DCMIX 3-an, *Agua/Etanol/Trietilen-Glycol* osagaiez osaturiko nahasketa hirutarrak aztertzen dira, hauek urez osaturiko nahasketak direlarik.

Lerro batzuk gorago aipatu den bezala, proiektu hau talde desberdinez osaturik dago eta talde bakoitzak bere teknikak erabiltzen ditu Difusio, Termodifusio eta Soret koefizienteak determinatzeko. Esaterako, Mondragon Goi Eskola Politeknikoan bi teknika desberdin erabiltzen dira, teknika termograbitazionala (Bou-Ali et al., 1998), eta Tutu Simetriko Irristakorren teknika (Alonso de Mezquia et al., 2012), bestalde Bayreuth-ko Unibertsitatean (Alemanian) *Optical Beam Deflection (OBD)* teknika (Gebhart et al., 2013) erabiltzen da eta Bruselaseko Unibertsitatean (Belgikan) *Optical Digital Interfermotry (ODI)* (Mialdun eta Shevtsova, 2011) teknika erabiltzen da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Ikerketa honen helburuak oneko hauek dira:

- Osagai askotariko nahasketetan termodifusio efektua ulertzea.
- Nahasketa hirutarrak nahiz lurreko laborategietan nahiz mikrograbitate egoerako balditzetan ikertu ahal izatea, lurreko teknika desberdinak ulertu ahal izateko.
- Difusio eta Termodifusioko Benchmark-a egin ahal izatea, horrek hainbat teoria balioztatzea ahalbidetuko duelako.

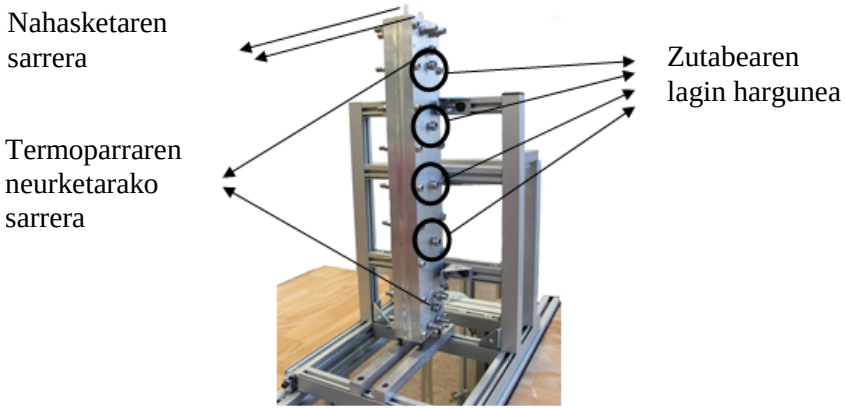
## 3. Ikerketaren muina

Ikerketa hau burutu ahal izateko, herrialde desberdinetako taldeek teknika desberdinak erabiltzen dituzte. Ondoren teknika esanguratsuenak aipatzen dira.

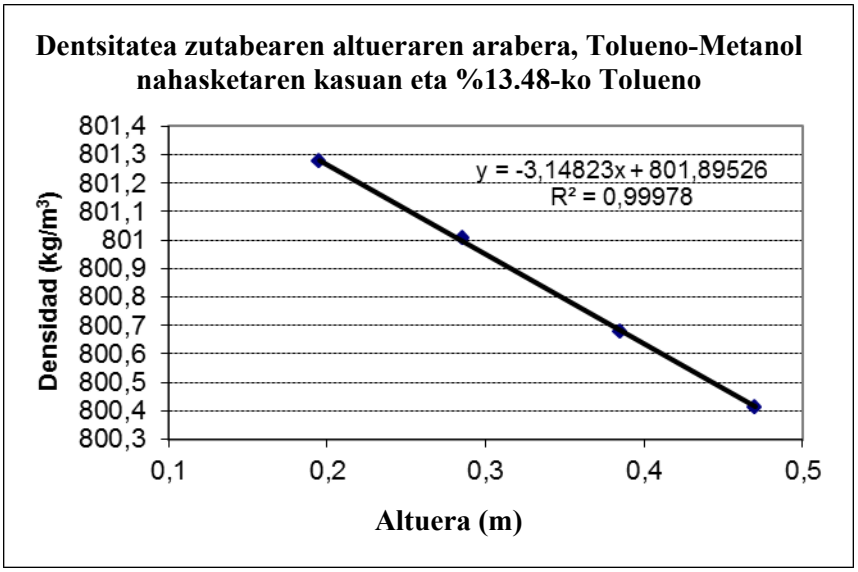
### 3.1 Teknika Termograbitazionala

Teknika termograbitazionala (ikus 1. irudia), nahasketa bitar eta hirutarren Termodifusio koefizientea ($D_T$) determinatzeko erabiltzen da. Horretarako zutabeak dituen bi pareten artean tenperatura diferentzia bat aplikatzen da, ondoren, 30ml-ko nahasketa prestatzen da eta zutabeko GAP-an sartzen da. Aplikaturiko tenperatura diferentzia honen ondorioz, nahasketako osagaiak separatzen hasten dira eta debora jakin bat pasa ondoren nahasketa egoera egonkorrera iristen da. Une horretan, nahasketa zutabeak altuera desberdinetan dituen 4 irteeretatik ateratzen da eta lagin horiek dentsimetroan neurtzen dira. Horrela zutabearen altueraren araberako dentsitate aldaketa aztertzen da (ikus 2. irudia).

**1. irudia. Zutabe termograbitazionalaren eskema.**




**2. irudia. Zutabeko altuera desberdinetatik ateratako laginen dentsitate aldaketa Tolueno-Metanol nahasketarena %13.48-ko Tolueno kontzentrazioaren kasua.**




Dentsitatea aldaketaren malda jakinik, nahasketaren osagaien kontzentrazio aldaketa kalkulatzen da eta azkenik Termodifusio koefizientea (3),

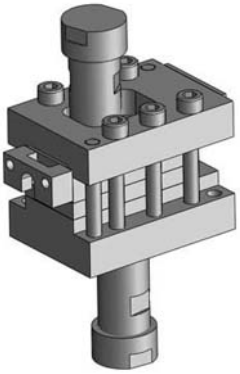
$$D_T = -\frac{g \cdot L_x^{\,4}}{504} \cdot \frac{\alpha}{c_i \cdot c_j \cdot \beta \cdot \mu} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial z} \qquad (3)$$

### 3.2 Tutu Simetriko Irristagarrien teknika (TSI)

Teknika honen bitartez, nahasketa bitar eta hirutarren difusio molekular koefizientea (D) kalkulatzen da. Teknika hau, bainu batez (ikus 3a irudia) eta hainbat multzoz osaturik dago (ikus 3b irudia). Multzo hauek bi posizio dituzte, elkartuta eta separatuta, denak separaturik daudenean prestaturiko nahasketa sartzen da kontzentrazio diferentzia txiki batekin eta elkartu egiten dira. Une horretatik aurrera, difusio molekularra aztertzen da denbora zehar. Aldioro,

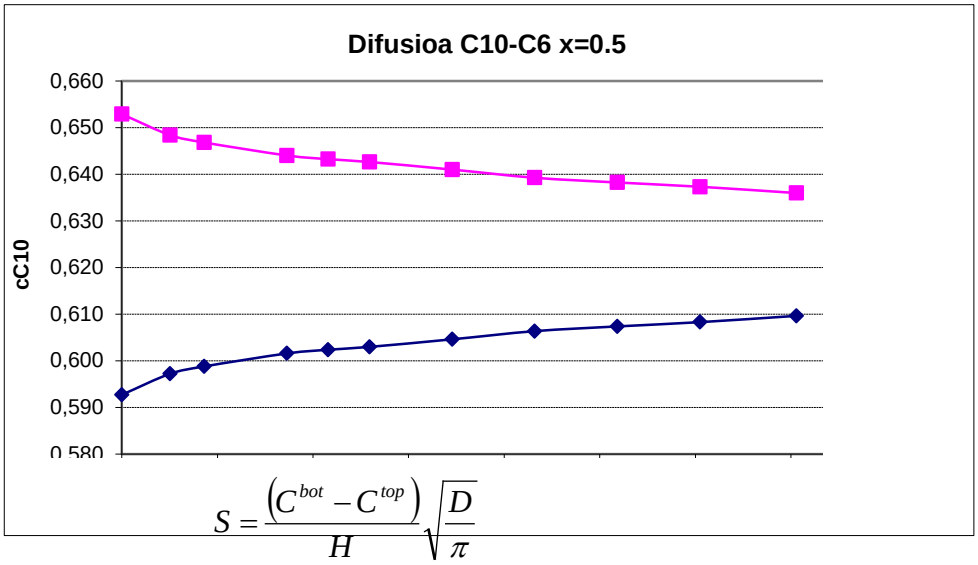
multzoetariko bat separatzen da difusio prozesua amaitzeko eta lagina dentsimetroan aztertzen da kontzentrazioa kalkulatu ahal izateko.

**3. irudia. Tutu Simetriko Irristagarrien teknikako bainua eta multzoa.**

a)  b) 

Azkenik, kontzentrazio aldaketa irudikatzen da denboraren funtzioan (ikus 4. irudia) eta lortzen den maldaren bitartez Difusio koefizientea kalkulatzen da (4), non S zuzenaren malda den D difusio koefiziente den , H tutuaren luzera den eta C tutuetako nahasketen kontzentrazioa den.

**4. irudia. TSI teknikaren bitartez lortutako emaitza esperimentalak C10-C6 nahasketa bitarren kasurako 0,5-ko frakzio molarrean eta T=25ºC den kasurako .**



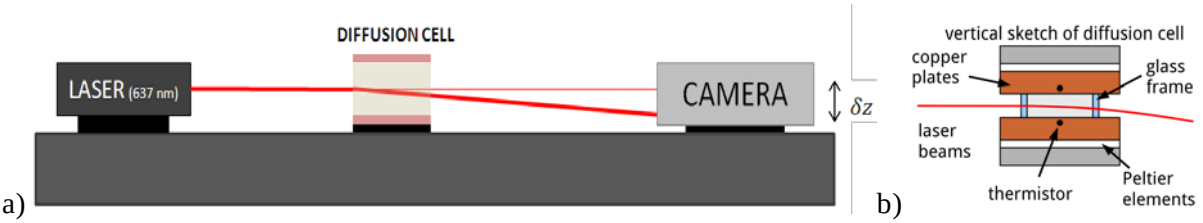

$$S = \frac{\left(C^{bot} - C^{top}\right)}{H}\sqrt{\frac{D}{\pi}} \quad (4)$$

### 3.2 Optical Beam Deflection (OBD)

Teknika hau laser baten desbideratzean oinarritzen da (ikus 5. Irudia). Berta zelula bat erabiltzen da non prestatutako nahasketa sartzen den eta zelula horretan tenperatura diferentzia bertikala aplikatzen da. Tenperatura diferentzia horren ondorioz, nahasketako osagaiak separatzen hasten dira eta horrek laserraren desbideratzea eragiten du. Desbideratze hori instalazioaren amaieran dagoen kameran grabatzen de eta hortik nahasketak jasate duen separazioa kalkulatzen da. Azkenik, separazioa kalkulatu ondoren, Soret koefiziente kalkulatzen da (5)

$$S_T = \frac{\Delta c}{c(1-c)}\frac{1}{\Delta T} \quad (5)$$

**5. irudia. a) Optical Beam Deflection (OBD) teknikaren eskema; b) teknika honetan erabiltzen den zelularen eskema.**

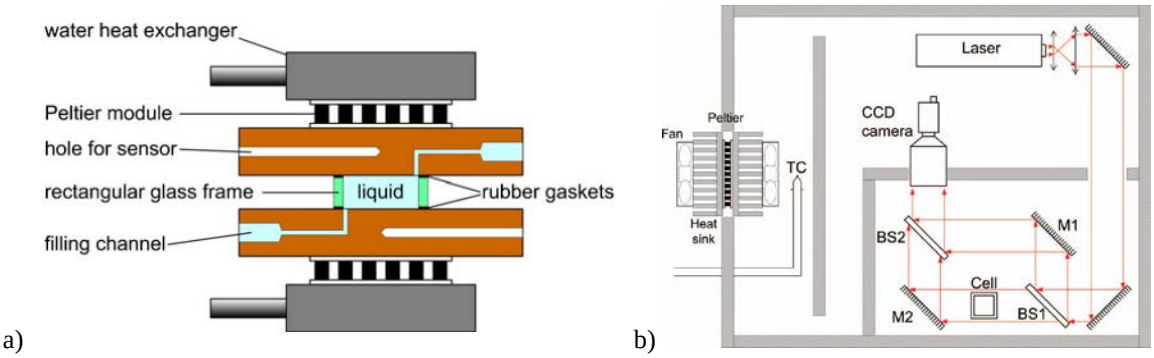



### 3.4 Optical Digital Interferometry (ODI)

Teknika honen bidez Soret eta Difusio molekular koefizienteak kalkulatzen dira. Teknika hau, Mach-Zehnder interferometroan oinarrituta dago (ikus 6. Irudia), bertan laser bat erabiltzen eta laser hau bi zatitan separatzen da ispilu berezi baten bidez (*Beam Splitter*), hauetariko bat nahasketa dagoen zelulatik pasatzen da eta bestea erreferentziatzat erabiltzen da. Ondoren separaturiko bi laser hauek berriro juntatzen dira interferentzia bat sortuz. Interferentzia hori kamera batek grabatzen du eta seinale horretan fase aldaketa gertatzen da zelulan tenperatura diferentzia bertikala aplikatzen denean. Interferentzia horren fase aldaketa neurtuz, nahasketak jasaten duen kontzentrazio aldaketa neurtzen eta azkenik Soret eta Difusio koefizienteak kalkulatzen dira. (6),

$$\Delta C(t) = -C_0(1-C_0)S_T\Delta T\left[1-\frac{8}{\pi^2}\sum_{n,odd}^{\infty}\frac{1}{n^2}\exp\left(-n^2\frac{t}{\tau_r}\right)\right] \qquad (6)$$

**6. irudia. a) ODI teknikan erabiltzen den zelula; b) ODI teknikaren eskema.**




## 4. Ondorioak

Lan honetan nahasketa bitar eta hirutarren Difusio, Termodifusio eta Soret koefizienteak kalkulatzeko erabiltzen teknika desberdinak erabiltzen dira. Teknika bakoitzean datuak jasotzeko metodologia desberdinak erabiltzen dira, esaterako teknika termograbitazionalean eta tutu simetriko irristagarrietan dentsitatea dentsimetroan neurtzen da eta OBD eta ODI tekniketan aldiz, laserra erabiltzen da, batean laserrak jasaten duen desbideratzearen bidez kalkulatzen dira koefizienteak eta bestean laserraren bidez sortzen den interferentziaz baliatuz kalkulatzen dira aipaturiko koefizienteak.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Aipaturiko teknikak nahasketa bitarren kasurako balidatu ondoren, nahasketa hirutarren garraio-propietateak determinatzeko teknikak egokitu egin behar dira. Esaterako, laserra erabiltzen tekniketan hiru osagai dituzten nahasketetan bi laser desberdin erabiliz.

## 6. Erreferentziak

Alonso de Mezquia, D., Bou-Ali, M.M., Larrañaga, M., Madariaga, J.A. eta Santamaría, C. (2012): *J. Phys. Chem. B.* 116(9), 2814-2819.

Bahat, A., Tur-Kaspa, I., Gakamsky, A., Giojalas, L. C., Breibart, H. eta Eisenbach, M. (2003): *Nat. Med.,* 9, 149.

Bonner, F. J., Sundelof, L. O.. (1984): *Z. Naturforsch, C.*, 39, 656.

Bou-Ali, M. M., Ecenarro, O., Madariaga, J. A., Santamaria, C. M. eta Valencia, J. J. (1998): *Phys.: Condens. Matter*,. 10, 3321-3331.

Dieter, B. eta Libchaber, A. (2004): *Physical Biology*, 1.

Furry, W. H., Jones, R. C. Eta Onsager, L. (1939): *Phys. Rev*., 55, 1083.

Gebhardt, M. et al. (2013): *The Journal of Chemical Physics* 138, 114503.

Ghorayeb, K., Firoozabadi, A. eta Anraku, T. (2003): *SPE joumal*, 8, 114.

Mialdun, A. eta Shevtsova, V. (2011): J. Chem. Phys. 134, 044524.

Montel, F. (1994): *Entropie*, 86, 184-185.

Platten, J. K., Bou-Ali, M. M. eta Dutrieux, J. (2003): *Phys. Chem*. B 107, 11763-11767.

Schott, J. (1983): *Bulleting Mineralogie*, 106, 247.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Eusko jaurlaritzari, tesi doktorala egin ahal izateko emandako bekagaitik.
- Eusko jaurlaritzaren ikerketa taldeak (IT557-10)
- Europako Agentzia Espazialaren DCMIX (DCMIX-NCR-00022-QS)
- DFG Ko1541/9-2 eta DLR 50WM1130

# Garraio propietateak nahasketa hirutarretan

Larrañaga, M.[1a], Lapeira, E.[1], Bou-Ali, M.M.[1], Madariaga, J.A.[2], Santamaría, C.[2]

[1]*Mondragon Goi Eskola Politeknikoa, Mekanika eta Ekoizpen Industrialeko saila, Mondragon Unibertsitatea, Loramendi 4 PK. 23, 20500 Arrasate*

[2]*Fisika Aplikatua II departamentua, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, PK.. 644, 48080 Bilbo.*

[a]*mlarranaga@mondragon.edu*

### *Laburpena*

Lan honetan, nahasketa hirutarretan egindako garraio-propietateen ikerketan lortu diren emaitzak aurkezten dira. Aztertu den nahasketa 1,2,3,4-tetrahidronaftalinak, isobutilbentzenoak eta n-dodekanoak osatzen dute. Nahasketa horretarako termodifusioko, difusio molekularreko eta Soret koefizienteak zehaztu dira 25ºC-ra. Termodifusioko koefizienteak zehazteko teknika termograbitazionala erabili da; Tutu Simetriko Irristagarriko teknika erabili da difusio molekularreko koefizienteak zehazteko; azkenik, termodifusioko eta difusio molekularreko koefizienteen neurketen konbinaziotik Soret koefizienteak zehaztu dira, osagaien fluxu-ekuazioaren arabera. Horrez gain, garraio koefizienteak zehazteko behar diren propietate termofisikoak neurtu dira: dentsitatea, errefrakzio-indizea, biskositate dinamikoa eta espantsio termikoko koefizientea.

Hitz gakoak: Garraio-propietateak, termodifusioa, teknika termograbitazionala, Tutu Simetriko Irristagarriak

### *Abstract*

*In this work, we have analysed transport properties in ternary mixture. The analysed mixture is composed by 1,2,3,4-tetrahydronaphtalene, isobutylbenzene and n-dodecane. Thermodiffusion, molecular diffusion and Soret coefficients of this mixture have been measured at 25ºC. The thermodiffusion coefficients have been determined by the thermogravitational technique; the molecular diffusion coefficients have been determined by the Sliding Symmetric Tubes technique; finally, Soret coefficients have been determined from the combination of the measurements of thermodiffusion and molecular diffusion coefficients. In addition, the thermophysical properties needed for the determination of the transport coefficients have been measured: density, refractive index, dynamic viscosity and thermal expansion coefficient.*

*Keywords: Transport properties, thermodiffusion, thermogravitational technique, Sliding Symmetric Tubes technique*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Termodifusioa tenperatura gradiente baten eraginagatik sortzen den materiaren mugimenduari deitzen diogu. Materiaren mugimendua kontzentrazio gradiente batengatik sustatuta badago, difusio molekularra deitzen diogu. Bi fenomeno hauen konbinazioari Soret efektu bezala ezagutzen da (Platten (2006)).

Garraio-fenomenoak alor ezberdinetako prozesu natural eta industrial desberdinetan agertzen dira. Adibidez, fluido biologikoetan (Capuano et al. (2011), Martin et al. (2011)), elikagaien industrian (Tello Alonso et al. (2012)) edo petrolio industrian (Montel et al. (2007), Touzet et al. (2011)). Horregatik, oso interesgarriak dira komunitate zientifikorako eta fenomeno hauek aztertzen dituzten hainbat ikerketa proiektuak daude.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Garraio fenomenoei buruzko interes gorakor horregatik, Europako Agentzia Espazialak eramaten duen nazioarteko proiektu bat, DCMIX izenekoa, sortu zen. Proiektu horren helburua da bibliografian dauden nahasketa likidoetako termodifusioaren portaerari buruzko teoriak kontrastatzea eta zenbakizko, analitiko eta esperimentuzko metodologia berrien garapenean

aurrera egitea. Horrekin, bateratutako baliotasun irizpide bat ezarri nahi da ez-oreka garraio fenomenoentzat nahasketa multiosagaietan.

Nahasketa bitarrak sakonki aztertu dira eta garraio-koefizienteak zehazki neurtzeko teknika ezberdinak daude (Platten et al. (2003), Mialdun et al. (2012)). Gaur egungo erronka nahasketa hirutarren ikasketan dago. Orain nahasketa hirutarretan garraio-koefizienteak zehaztea ahalbidetzen duten hainbat teknika ezagutzen dira, adibidez: Optical Digital Interferometry (ODI) teknika (Mialdun et al. (2013)), difusio molekularreko eta Soret koefizienteak zehazteko balio duena; Optical Beam Deflection (OBD) teknika (Königer et al. (2010)), termodifusioko eta Soret koefizienteak zehazten dituena; teknika termograbitazionala (TG) (Blanco et al. (2010)), termodifusioko koefizienteak neurtzeko balio duena; eta Tutu Simetriko Irristagarriko (TSI) teknika (Larrañaga et al. (2014)b), difusio molekularreko koefizienteak zehazteko balio duena. Hala ere, teknika horiekin nahasketa ezberdinak aztertu dira eta emaitzak ezin ziren konparatu. Horregatik, komunitate zientifikoak lehentasunezko helburu bezala markatu zuen hidrokarburoz osatutako nahasketa hirutarren *Benchmark* bat egitea. Hartan, lurreko laborategietako teknika ezberdinekin lortutako emaitzak eta Nazioarteko Geltoki Espazialean dagoen SODI instalazioan mikrograbitateko baldintzetan lortutako emaitzak konparatu ziren.

*Benchmark*-erako proposatu zen nahasketa aukeratzeko, DCMIX proiektuaren lehenengo fasean aztertzen den sistema kontutan hartu zen. Nahasketa hirutar hau, 1,2,3,4-tetrahidronaftalinak (THN), isobutilbentzenoak (IBB) eta n-dodekanoak ($nC_{12}$) osatzen dute, 0.80-0.10-0.10 kontzentrazio masikoan.

Nahasketa horren termodifusioko, difusio molekularreko eta Soret koefizienteak sei taldek zehaztu zituzten. Sei talde horiek dira:

- W. Köhler burua den taldea, Alemaniako Bayreuth Unibertsitatekoa.
- V. Shevtsova burua den taldea, Belgikako Bruselaseko Libre Unibertsitatekoa (ULB) .
- S. Van Vaerenbergh burua den taldea, Belgikako Bruselaseko Libre Unibertsitatekoa (ULB) .
- Z. Saghir burua den taldea, Kanadako Ryerson Unibertsitatekoa.
- T. Lyubimova burua den taldea, Errusiako Russian Academy of Science-ekoa (RAS)
- M. M. Bou-Ali burua den taldea, Mondragon Goi Eskola Politeknikokoa (MGEP).

Talde bakoitzak bere laborategian garatutako teknikak erabili zituen garraio-koefizienteak zehazteko. Banakako analisia egiteko epea bukatu zenean, Baionan ospatu zen *International Meeting on Thermodiffusion* hamaikagarren kongresuan talde bakoitzak lortutako emaitzak analizatu eta konparatu ziren (Bou-Ali et al. (2015)). *Benchmark* hau oso aurrerapen handia izan zen termodifusioko arloan, teknikak balioztatzeko gauza izan zelako.

Lan honetako helburu garrantzitsuena da DCMIX proiektuaren nahasketaren garraio-propietateak aztertzea. *Benchmark* nahasketaz aparte beste lau kontzentrazio neurtu dira. Horretarako, teknika termograbitazionala eta Tutu Simetriko Irristagarriko (TSI) teknika erabili dira.

## 3. Ikerketaren muina

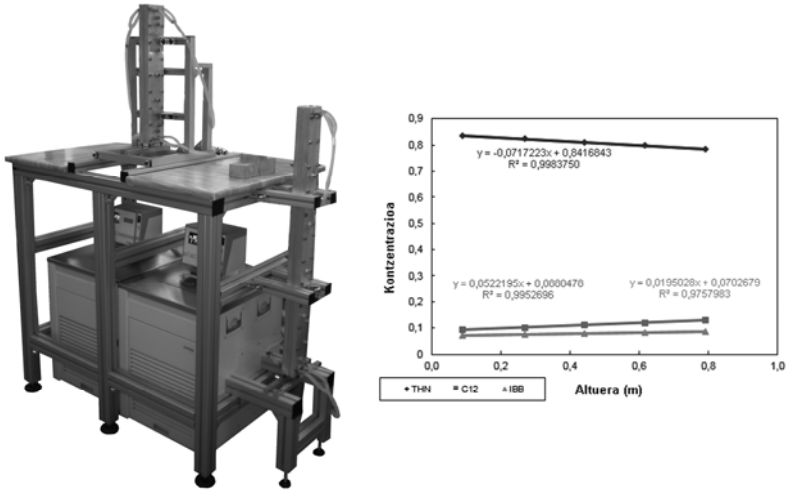
### 3.1. Teknika esperimentalak

Lan honetan teknika termograbitazionala erabili da termodifusioko koefizienteak zehazteko. Teknika hau arrakastarekin erabili da nahasketa bitarretan (Mialdun et al. (2012), Larrañaga et al. (2014)a), eta gaur egun nahasketa hirutarren ikerketan ere erabiltzen da (Blanco et al. (2010), Larrañaga et al. (2015)). 1.irudian (Ezk.) gure laborategian erabiltzen ditugun zutabe

termograbitazionalak ikus daitezke. Zutabe hauek Mondragon Goi Eskola Politeknikoan diseinatu eta eraiki ziren.

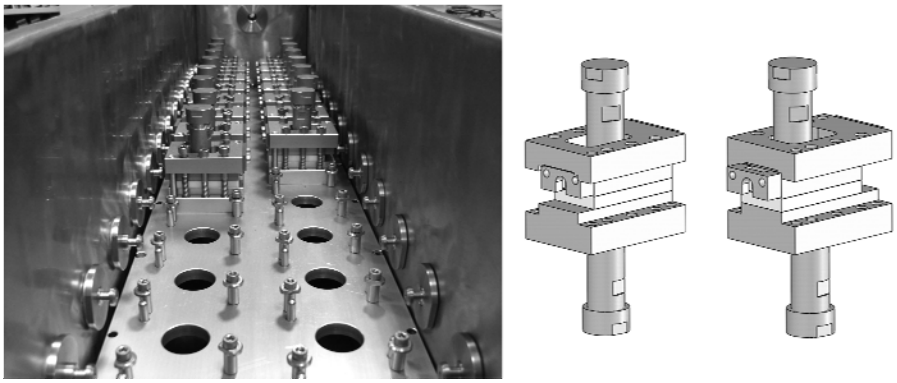
Termodifusioko koefizienteak zutabean zehar gertatzen den kontzentrazioaren bereizkuntzatik zehazten dira, egoera egonkorrean (1. irudia, Esk.). Aurretik, hainbat propietate termofisiko neurtu behar dira eta kalibrazio bat egin behar da. Kalibrazioa egiteko ikertzen dugun kontzentrazioaren inguruan dauden 25 nahasketa prestatu behar dira eta haien dentsitatea eta errefrakzio-indizea neurtu behar da.

**1. irudia. Ezk: Instalazio termograbitazionala; Esk: Kontzentrazioaren aldaketa zutabearen altueraren zehar, THN-IBB-n$C_{12}$ (0.8-0.1-0.1) nahasketarako.**

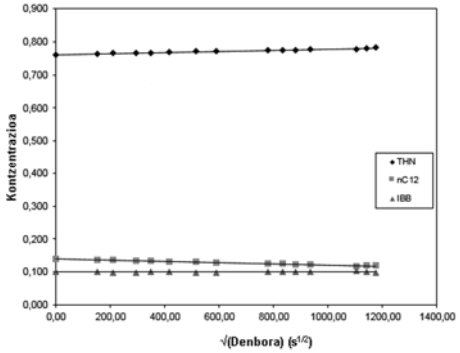



Difusio molekularreko koefizienteak (puruak eta gurutzatuak) zehazteko Tutu Simetriko Irristagarrien teknika erabili da (2.irudia). Teknika honen bidez osagai bakoitzaren kontzentrazioaren aldaketa denboran zehar lortzen da (3. Ir.), nahasketa bitarretan eta hirutarretan.

**2. irudia: Tutu Simetriko Irristagarrien instalazioa.**



**3. irudia: Kontzentrazioaren aldaketa denboraren zehar, denboraren erro karratuaren funtzioan, THN-IBB-n$C_{12}$ (0.8-0.1-0.1) nahasketarako.**



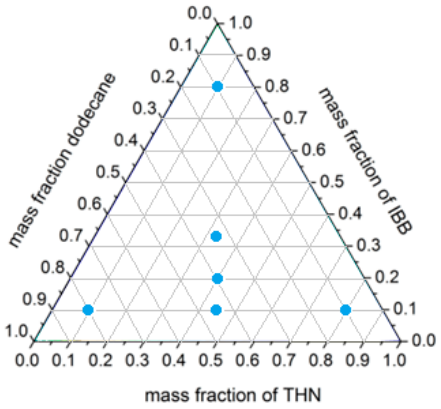

Teknika hau erabili ohi da hainbat lanetan nahasketa bitarretan (Alonso de Mezquía et al. (2012)). Nahasketa hirutarren kasuan, Larrañaga et al. (2014)b lanean difusio molekularreko koefizienteak zehazteko metodologia analitikoa garatu da. Nahasketa baten koefizienteak lortzeko hasierako kontzentrazio ezberdinak dituzten bi saio behar dira.

Azkenik, Soret koefizientea termodifusio eta difusio molekularreko koefizienteen neurketetatik zehaztu da, hiru koefizienteak erlazionatuta baitaude (Bou-Ali et al. (2015)).

### 3.2. Emaitzak

4. irudian ikusten dira aztertutako sei kontzentrazio ezberdinak.

**4. irudia. THN-IBB-nC$_{12}$ nahasketaren aztertu diren kontzentrazio puntuak.**




Nahasketa hauetarako zehaztu dira propietate termofisikoak (dentsitatea, errefrakzio indizea, biskositate dinamikoa eta espantsio termikoko koefizientea) eta termodifusioko, difusio molekularreko eta Soret koefizienteak.

*Benchmark* kontzentrazioaren emaitzak konparatu ziren Bou-Ali et al. (2015) lanean, gure teknikak balioztatzen. Beste kontzentrazioaren emaitzak argitaratzen direnean, nahasketa hirutarrak neurtzeko ahalmena komunitate zientifikoan indartuko da.

## 4. Ondorioak eta etorkizunerako planteatzen den norabidea

Teknika termograbitazionalaren eta Tutu Simetriko Irristagarrien teknikaren bitartez garraio-koefizienteak neurtu dira nahasketa hirutarretan. Honela, DCMIX proiektuaren helburuak lortu dira.

Nazioarteko *Benchmark*-ri esker, gure laborategian garatu ditugun garraio-koefizienteen teknikak balioztatu ditugu.

THN-IBB-n$C_{12}$ nahasketaren beste kontzentrazio puntuak neurtu dira eta etortzeko hilabetetan argitaratuko dira. Gero, beste teknikekin lortutako emaitzekin konparatuko dira, neurtze tekniken baliotasuna sendotzeko.

DCMIX proiektuaren lehenengo fasearen nahasketa neurtuta, bigarren eta hirugarren faseetako nahasketak erabaki dira. Bigarren fasean, nahasketa kritikoak aztertuko dira eta hirugarrenean ur-disoluzioak analizatuko dira.

Nahasketa ternarioak sakonki aztertu ondoren, nahasketa multi-osagaiak aztertu beharko dira. Aplikazio gehienetan agertzen diren nahasketak ez baitira hain sinpleak.

## 6. Erreferentziak

Alonso de Mezquia, D., Bou-Ali, M. M., Larrañaga, M., Madariaga, J. eta Santamaria, C. (2012), Determination of molecular diffusion coefficient in n -alkane binary mixtures: Empirical correlations, *J. Phy. Chem. B*, 116, 2814-2819.

Blanco, P., Bou-Ali, M.M., Platten, J.K., Alonso de Mezquía, D., Madariaga, J.A. eta Santamaría, C. (2010), Thermodiffusion coefficients of binary nad ternary hydrocarbon mixtures, *J. Chem. Phys.*, 132, 114506.

Bou-Ali, M.M., Ahadi, A., Alonso de Mezquia, D., Galand, Q., Gebhardt, M., Khlybov, O., Köhler; W., Larrañaga, M., Legros, J.C., Lyubimova, T., Mialdun, A., Ryzhkov, I., Saghir, M.Z., Shevtsova, V., Van Varenbergh, S. (2015), Benchmark values for the Soret, thermodiffusion and molecular diffusion coefficients of the ternary mixture tetralin+isobutylbenzene+n-dodecane with 0.8-0.1-0.1 mass fraction, *Eur. Phys. J. E*, Onartuta.

Capuano F., Paduano L., D'Errico G., Mangiapia, G. eta Sartorio, R. (2011), Diffusion in ternary aqueous systems containing human serum albumin and precipitants of different classes, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 13, 3319-3327.

Königer, A., Wünderlich, H. eta Köhler, W. (2010), Measurement of diffusion and thermal diffusion in ternary fluid mixtures using a two-color optical beam deflection technique, *J. Chem. Phys.*, 132, 174506.

Larrañaga, M., Bou-Ali, M.M., Lapeira, E., Santamaría, C. eta Madariaga, J.A. (2014)a, Effect of thermophysical properties and morphology of the molecules on thermodiffusion coefficient of binary mixtures, *Microgravity Sci. Technol*., 26, 29-35.

Larrañaga, M., Rees, D.A.S. eta Bou-Ali, M.M. (2014)b, Determination of the molecular diffusion coefficients in ternary mixtures by the sliding symmetric tubes technique, *J. Chem. Phys.*, 140, 054201.

Larrañaga, M., Bou-Ali, M.M., Alonso de Mezquia, D., Rees, D.A.S., Madariaga, J.A., Santamaría, C. eta Platten, J.K. (2015), Contribution to the Benchmark for ternary mixtures: determination of Soret coefficients by the Thermogravitational and the Sliding Symmetric Tubes techniques, *Eur. Phys. J. E*, Onartuta.

Martin A., Bou-Ali, M.M., Barrutia, H. eta Alonso de Mezquía, D. (2011), Microfluidic separation process by the Soret effect in biological fluids, *C. R. Mecanique*, 339, 342-348.

Mialdun, A., Yasnou, V., Shevtsova, V., Königer, A., Köhler, W., Alonso de Mezquía, D. eta Bou-Ali, M.M. (2012), A comprehensive study of diffusion, thermodiffusion and Soret coefficients of water-isopropanol mixtures, *J. Chem. Phys.*, 136, 244512.

Mialdun, A., Sechenyh, V., Legros, J.C., Ortiz de Zarate, J. eta Shevtsova, V. (2013), Investigation of Fickian diffusion in the ternary mixture of 1,2,3,4-tetrahydronaphtalene, isobutylbenzene and dodecane, *J. Chem. Phys.*, 139, 104903.

Montel, F., Bickert, J., Lagisquet, A. eta Galliero, G. (2007), Initial state of petroleum reservoirs: A comprehensive approach, *J. Pet. Sci. Technol.*, 58, 391-402.

Platten, J.K., Bou-Ali, M.M., Costeséque, P., Dutrieux, J., Köhler, W., Leppla, C., Wiegand, S. eta Wittko, G. (2003), Benchmark values for the Soret, thermal diffusion and diffusion coefficients of three binary organic liquid mixtures, *Philos. Mag.*, 83, 1965-197.

Platten, J.K. (2006), The Soret effect: a review of recent experimental results, *J. Appl. Mech.*, 73, 5-15.

Tello Alonso, H., Rubiolo, A.C. eta Zorrilla, S.E. (2012), Prediction of the diffusion coefficients in multicomponent liquid refrigerant solutions, *J. Food Eng.*, 109, 490-495.

Touzet, M., Galliero, G. Lazzeri, V., Saghir, M.Z., Montel, F. eta Legros J.C. (2011), Thermodiffusion: from microgravity experiments to the initial state of petroleum, *C. R. Mecanique*, 339, 318-323.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau egin da Eusko Jaurlaritzako MicroCHEAP (IE14-391), Ikerketa taldeak (IT557-10) eta Doktoretza aurreko Beka (BFI-2011-295) proiektuei esker eta Europako Agentzia Espazialaren DCMIX (AO-2009-0858/1056) proiektuari esker.

# Partikula-azeleragailuei zuzendutako diagnostiko eta kontrol teknika aurreratuak

**I. Badillo** eta **J. Jugo** eta **J. Portilla**

**J. Feuchtwanger** eta **C. San Vicente** eta **V. Etxebarria**

UPV/EHU. Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Elektrizitate eta Elektronika saila

**Laburpena**

Lan honek partikula-azeleragailuei zuzenduriko diagnostiko eta kontrolerako teknika aurreratuak aukezten ditu. Alde batetik, sorta-posizioaren monitorea (BPM, Beam Postion Monitor ingelesez) deritzon diagnostiko tresna baten garapena eta horrekin egindako saiakerak deslribatzen dira. Bestetik, maila baxuko RF (LLRF, Low Level-RF ingelesez) izeneko kontrol sistema digital baten garapena eta hura balidatzeko laborategi-montaia aurkezten da. Honekin batera, seinale azkarrak lagintzeak eta prozesatzeak dakarren kostua arintzeko, azpilaginketa izeneko teknika berritzailea eta berarekin lan egiteko garatutako metodologia aurkezten da.

**Hitz gakoak:** azpilaginketa, data-eskuratze azkarra, BPM, LLRF

**Abstract**

*In this paper, advanced techniques for diagnostics and control applied in particle accelerators are presented. On the one hand, the developmnet of a diagnostics tool known as Beam Position Monitor or BPM is presented, along with several experiments. On the other, a digital Low Level-RF or LLRF control system and the corresponding testbench for its validation is described. On top of that, an advanced sampling technique known as undersampling is described and used in the presented applications in order to deal with the cost-related drawbacks of the sampling of fast signals.*

**Keywords:** undersampling, fast data acquisition, BPM,LLRF

## 1 Sarrera eta motibazioa

Partikula azeleragailuak gaur egungo zientzia ulertzeko eta asmo handieneko esperimentu fisikoak burutzeko ezinbesteko tresnak dira. Haien koplexutasuna dela eta, erronka teknologiko handia suposatzen dute. Halere, partikula azeleragailuak ez dira soilik mugatzen esperimentu handietako esparrura. Partikula-azeleragailu gehienak aplikazio industriletan eta medikuetan erabiltzen dira, munduan milaka eginik. Hortaz, bere garrantziagatik, partikula-azeleragailuen inguruan egiten den ikerketa eta tresna berrien garapena oso bizia da.

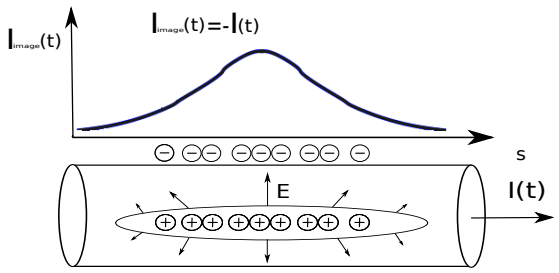
Lan honetan, partikula-azeleragailuetan ohiko diren bi tresna aurkezten dira, sorta-posizio monitorea (BPM, Beam Position Monitor ingelesez) diagnostikoa eta maila baxuko RF kontrol sistema (LLRF, Low Level-RF ingelesez). Honetaz gain, hauen bertsio digitalean lan egiteko aproposa den azpilaginketa izeneko lagintze teknika azaldu eta praktikan jartzen da.

BPMak, azeleradore lineal zein zirkularretako diagnostiko tresnarik ohikoenak dira (Shafer, 1989). Gailu hauek, azterketapean dagoen partikula sortaren diagnostiko ez-suntsitzaileak lortzeko erabiltzen dira. Bi oinarrizko neurketa eskaintzen dituzte:

- Sortaren masa zeharkako zentrua, hau da, posizioa.
- Partikula multzoen luzera-forma: profila.

Implementazio fisikoa eta oinarritzen diren teknologiaren arabera, BPMak hiru multzotan sailka daitezke (P. Forck, 2009): ebaketa lineal, stripline eta botoi motakoak. Lan honetan, azken mota horretakoak erabili izan dira, efektu kapazitiboan oinarrituta. Gailu horiek, partikula izpien eremu elektrikoak elektrodo txiki batzuetan induzituriko karga elektrikoa neurtzen dute, 1 irudian ikutzen den moduan. Eremu elektriko hau partikula multzo (bunch ingelesez) bakoitzarekin erlazionatuta dago, eta beraz,

1 Irudia: Partikula-sortak sorturiko irudi-korrontea




denbora dependentea da. Ondorioz, pick-up izeneko sentsoreek jasotako neurketak frekuentzia altuko korronte alternoko seinaleak dira. Sortaren posizioa, hau da, sortaren masa zentrua kalkulatzeko, konduktore zentralaren inguruan zeharka kokaturiko lau sentsore erabiltzen dira. Aurrez aurreko sentsoreetan neurtutako tentsio diferentziak ematen du masa zentruaren kokapena plano bakoitzean, hurrenez hurren.

LLRF kontrol sistema, azeleragailuen beste ezinbesteko atalak dira. Haien eginkizuna, errresonantzia-kabitateetan partikula sortari gertatzen zaion energia transferentzia egokia bermatzea da. Horretarako, RF azelerazio eremuak kontrolatu eta partikula bunch-ekin sinkronizatu behar dira (Baudrenghien, 2011). Ohiko LLRF kontrol sistema batek, bi begizta ditu. Alde batetik, abiadura handiko begizta bat partikulek ikusten duten tentsioaren amplitudea eta fasea kontrolatzeko. Berrelikadura begizta hori, tentsio altuko iturriaren ripple-ak bezalako perturbazioak konpetsatzeko gai izan behar da, kabitateraren betzetzea kontrolatzeaz gain. Bestetik, begizta motelago bat, erresonantzia-kabitatearen maiztasuna kontrolatzeko. Horrek, kabitatearen erresonantzia-maiztasun nominala mantentzen du temperatura aldaketen eta perturbazio mekanikoen aurrean.

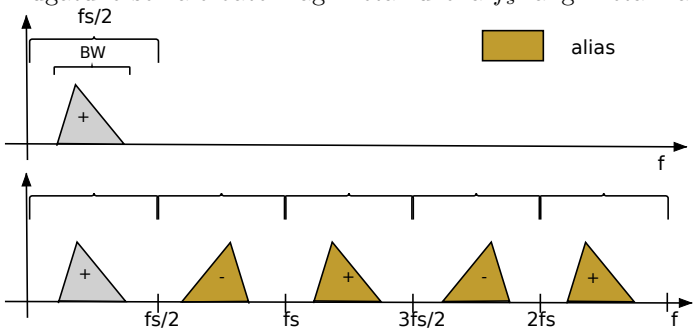
Aurretik azaldutako bi tresna horien garapenerak beharrezkoa den prozesaketa guztia era digitalean burutu da. Horrek, seinale analogikoen laginketa dakar, eta maiztasun altuko RF seinaleak izanda bi kasuetan, zenbait arazo suertatzen dira. Laginketa teknika ohikoak erabilita, oso lagintze azkarren erabilera nahitaezkoa suertatzen da, eta horrek, oso ekipamendu garestiak suposatzen ditu.

Nyquist-en laginketa teoremaren arabera, $\omega_0$ banda zabalera mugatuko seinale bat $\omega_s$ laginketa-maiztasunaz lagindurik, lortutako sekuentziak seinale originalaren informazio guztia edukiko du eta aliasing deritzon fenomena ekidituko du. Beti ere $\omega_s > 2\omega_0$ baldintzapean.

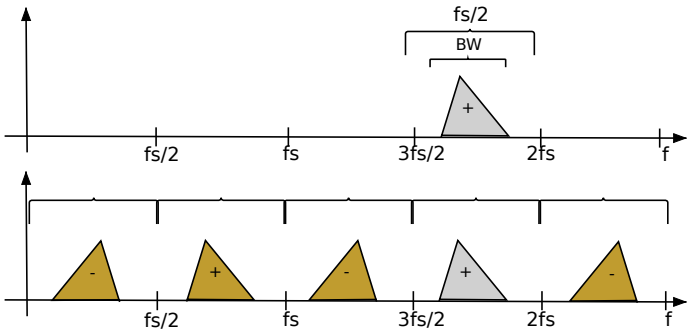
Hala ere, teorema horren bertsio modifikatu batek, Nyquist-Shannon-en teoremak, dio laginketa-maiztasun minimoa seinale originalaren banda zabaleraren (BW) bikoitza (eta ez maistasun altueneko osagaiaren maiztasuna) izan behar dela seinale originala berreraiki ahal izateko: $\omega_s > 2BW$. Horrela, aliasing-a gertatzen da maiztasun-osagaien gainezarmena gertatu gabe. Aliasing hori, hau da, seinale originalaren errepikapen periodikoak, maiztasun-espektroan desplazaturik agertzen da (Lyons, 2001).

Modu horretan, azpilaginketa izeneko laginketa teknika fenomeno horretaz baliatzen da eta behe-maiztasunetan agertzen diren alias-ak erabiltzen ditu seinale originala berreraikitzeko (Mishali eta Eldar, 2011). Horrek, lagintze motelagoa ahalbidetzen du, eta ondorioz, koste baxuagoko lagintze-txartelen erabilera. Laginketa zuzenaren (oversampling) eta azpilaginketaren (undersampling) arteko desberdintasunak 2 eta 3 irudian ikusi daitezke.

2 Irudia: BW mugatuko seinale baten laginketa zuzena $f_s$ langinketa-maiztasuna izanik




3 Irudia: BW mugatuko seinale baten azpilaginketa $f_s$ langinketa-maiztasuna izanik. Kasu honetan, espektro-alderantzikatzea ematen da




## 2 Ikerketaren helburuak

Lan honen helburuak, partikula azeleragailuetan funtsezkoak diren diagnostiko eta kontrol tresnen inguruko teknika berritzaileen garapena da. Diseinatu eta martxan jarri dira bi sistema ikuspuntu digital batetik. Helburua ahalik eta sistema modular, flexible eta berkonfiguragarriak lortzea da. Horretaz gain, elementu horien berezkoak diren espezifikazioak ere bete behar dira. BPM-ari dagokionez, erabilitako laborategia-montaia eta hardwarearekin lor daitekeen posizio neurketaren zehaztasun maximoa aztertu nahi da. LLRF sistemaren diseinua, ioi astuneko azeleragailu baten espezifikaziopean egin da. Horietan bete beharreko zehaztasun baldintzak, $< 1^\circ$ fasean eta $< 1\%$ amplitudean dira (Hassanzadegan, 2011). Beste alde batetik, azpilaginketa teknika aztertzea ere du helburu lan honek. Azterketa teorikoetatik abiatuta, aurkeztutako BPM eta LLRF-an erabiltzeko aukera ikusi nahi da eta bere erabilpenak dakarren abaintailak zein desabantailak aztertu.

## 3 Ikerketaren emaitzen aurkezpena

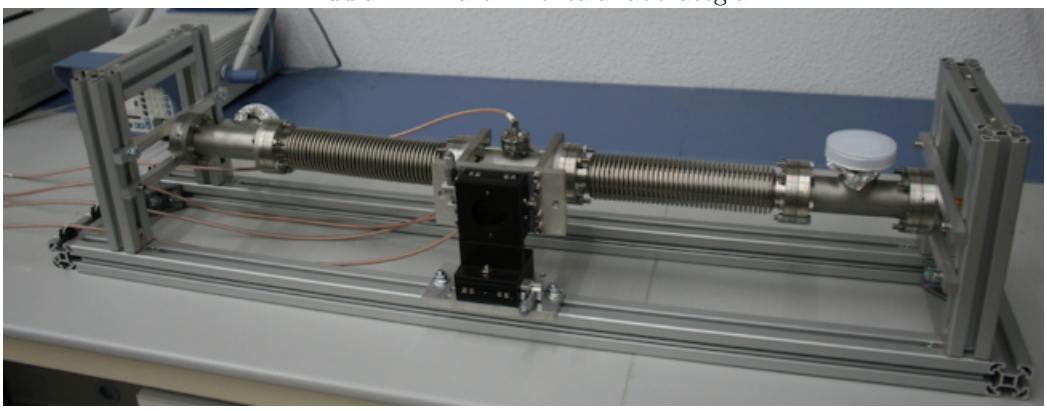
### 3.1 BPM

BPM-aren balidazio esperimentala burutzeko, UPV/EHU-ren Automatika eta RF taldeek diseinatutako eta eraikitako laborategia-montai bat erabili da (4 irudia). Horretan, kuprezko eroale zentral bat aurkitzen da eta sarrera RF iturri batera konektatuta dago, zeinak partikula sortaren lana egiten duen 352 MHz-etako seinale bat sortuz. Bloke zentralak, lau irekidura ditu, zeinetan sentsoreak kokatzen diren. Lehen aipatu den bezala, horiek jasotako tentsio diferentziatik, partikula-sortaren posizioa kalkulatu daiteke 1 eta 2 ekuazioek adierazten duten moduan.

$$\Delta U_x = \Delta U_{eskuma} - \Delta U_{ezkerra} \quad (1)$$

$$\Delta U_y = \Delta U_{goi} - \Delta U_{behe} \quad (2)$$

4 Irudia: BPMaren montaia laborategian



Modu honetan, konduktorearen zentruarekiko sortaren posizio horizontal eta bertikalak, 3 eta 4 ekuazioetatik lor daitezke (Strehl, 2006):

$$x = \frac{1}{S_x}\frac{\Delta U_{eskuma}-\Delta U_{ezkerra}}{\Delta U_{eskuma}+\Delta U_{ezkerra}} + \delta_x = \frac{1}{S_x}\frac{\Delta U_x}{\Sigma U_x} + \delta_x \quad (3)$$

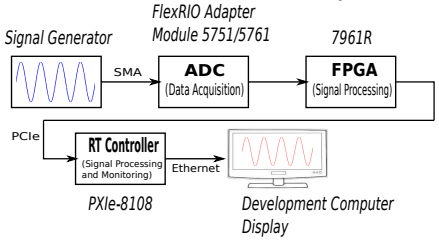
$$y = \frac{1}{S_y}\frac{\Delta U_{goi}-\Delta U_{behe}}{\Delta U_{goi}+\Delta U_{behe}} + \delta_y = \frac{1}{S_y}\frac{\Delta U_y}{\Sigma U_y} + \delta_y \quad (4)$$

non $S_x$ eta $S_y$ x eta y norabideetako sentsibilitateak (%/mm-tan neurtuak) eta $\delta_x$ eta $\delta_y$ zentru elektrikoarekiko desbiazioaren offset zuzenketak (mm-tan emanda) diren.

Bloke zentral hori, 2D traslazio linealeko egitura mikrometriko batekin lotuta dago. Horrek, hodia bi planoetan desplatzea ahalbidetzen du , konduktore zentrala geldirik mantendurik (I. Badillo, 2014). Modu horretan, sortaren luzera-desbiazioa simulatzen da.

Datu eskuraketa eta monitorizazioari dagokionez, denbora errealeko sistema digital bat eratu da, National Instruments-en PXI arkitekturan oinarritua. Horrekin batera, errendimendu altuko FlexRIO txartelak erabili dira, FPGA txarteletan oinarrituak, data-eskuraketa eta prozesamendu azkarra ahalbidetzen baitute. Data-eskuraketarako azpilaginketa teknikak erabili dira, FlexRIO FPGA txarteletan inplementaurik. Txartel horietan bertan lehentasun handiko datu prozesaketa ere burutzen da. Datu horiek denbora errealeko kontrolagailu batera bidaltzen dira, bertan hain errestriktiboak ez diren kalkuluak burutzeko. Azkenik, erabiltzailerako interfazea ordenagailu arrunt batean erakusten da. Sistema guztia LabVIEW pean garatu da. Deskribapen hori, 5 irudian ikus daiteke. 9

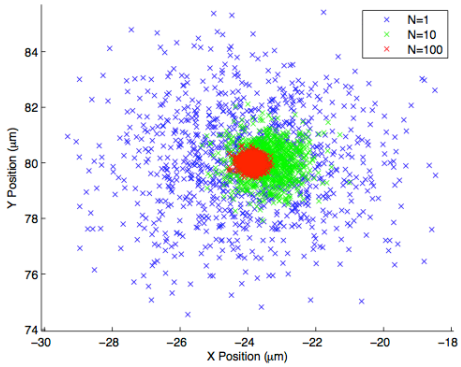
5 Irudia: BPM-aren monitorizazio eta jasoketaren eskema



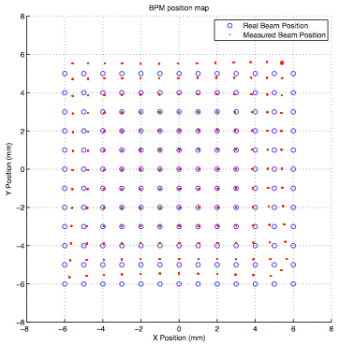

Montaiaz baliatuta, hainbat esperimentu burutu dira. Garrantzitsuenetariko bat, neurketen zehaztasunean batazbestekoak kalkulatzearen ondorioak aztertzea da. 6 irudian aurkezten den modura, batazbestekoak ziurgabetasun estatistikoa murrizten du, baina kalkulu-denbora handitu.

Beste esperimentu baliotsu bat, posizio mapa sortzea izan da sistemaren ez-linealitateak identifikatzeko. Hau 7 irudian ikus daiteke. Lortutako informazioa erabiliko da ezlinealsastunen eragina murrizteko.

6 Irudia: partikula sortaren masaren posizioa N batazbesteko kalkulatuta, N 1, 10 eta 100 izanda



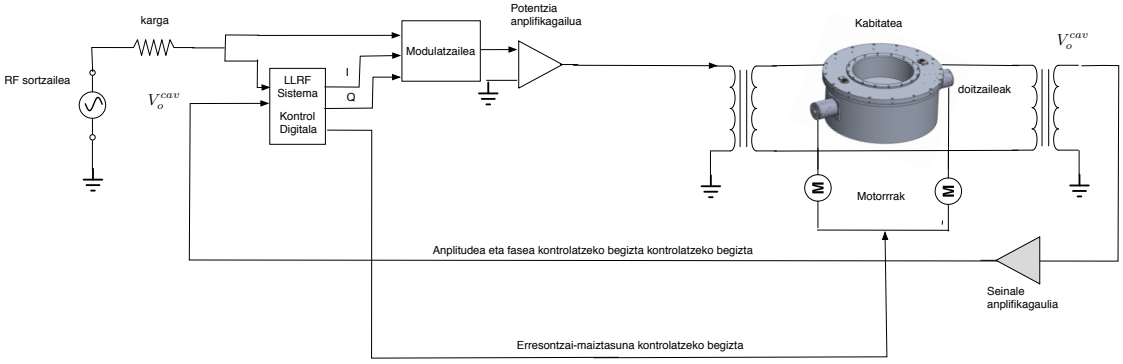

7 Irudia: posizio mapa




## 3.2 LLRF sistema

Ikerketa taldeak garatu duen LLRF sistema laborategian balidatu eta frogatzeko, 8 irudian deskribatzen den 80 MHz-tan lan egiten duen muntaia diseinatu eta eraiki da. Bere elementu zentrala aluminiozko 80 MHz-etan kabitate erresonante bat da.

8 Irudia: LLRF-aren muntaia esperimentalaren eskema

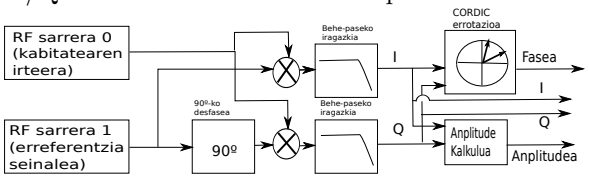



LLRF kontrolaren muina PXI xasis batean inplementatu da, FPGA txartelak erabiliz seinale digitalen prozesamendurako eta denbora errealeko sistema bat kontrol algoritmoen inplementaziorako. Seinale-eskuraketa FlexRIO txartel berkonfiguragarrien arkitekturan oinarritzen da, bai azpilaginketa zein laginketa zuzeneko teknikak erabiliz. FPGA txartelen arteko denbora errealeko komunikazioan ahalik eta errendimendu altuagoa lortzeko, puntuz puntuko transmisioa erabili da. Sistema osoa

LabVIEW-n garatu da, prototipoaren garapen-prozesua eta berkonfiguragarritasuna erraztuz.

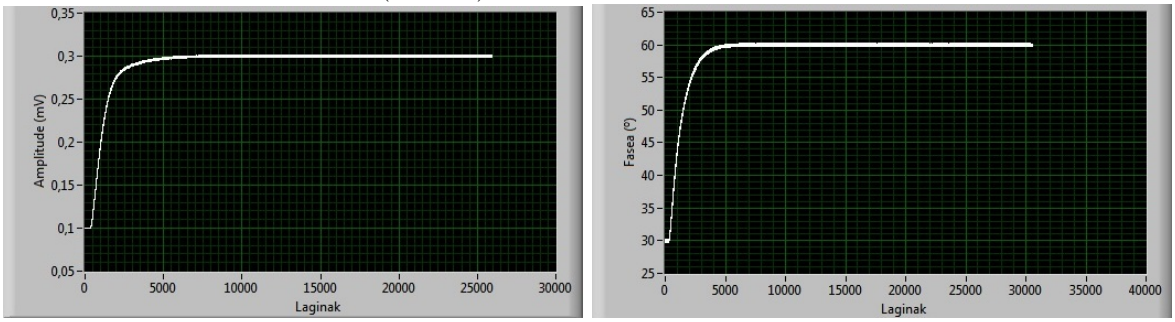
Anplitude eta fasearen kontrola I/Q modulazioan oinarrituta dago. Horrek, seinalearen anplitude eta fasearekin lan egitea ahalbidetzen du, seinale eramailearekin jokatu gabe (I. Badillo, 2015). Gainera, bai fasea bai anplitudea begizta bakar batean kontrolatzeko aukera ematen du.
Behin kabitatearen irteerako eta erreferentziazko RF iturriaren seinaleak digitalizatu direnean eta horiei dagozkien I eta Q parametroak kalkulatu direnean, ikusi 9 irudia, independentiki erregulatu egiten dira diseinatutako kontroladorearen bitartez, PID bat kasu honetan. Kontrolagailuen bidez kalkulatu berri diren I eta Q parametro zuzenduak sortu egiten dira RF seinale sortzailea den FPGA txartel baten bitartez, eta seinale-moduladore baten sarrerara bidaltzen dira. Horrek, dagokion RF seinale berria sortuko du, fase eta anplitude egokiarekin, eta kabitatearen sarrerara eramaten da, honela begizta itxiz.

9 Irudia: I/Q modulazioa eta fase eta amplitude detekzioa FPGA-n




Lortu den begizta itxiak, sistema kontrolatu ahal izateko beharrezkoa den banda zabalera egokia du. PD kontrolagailuen parametro egokiak erabiliz, lortu da eskatutako fase eta anplitude baldintzak lortzea. 10 irudian ikus daiteke bai fase bai anplitudearen erantzuna hautazko sarrera baten aurrean.

10 Irudia: kabitatearen irteeran neurtutako fase erreferentzia aldaketa (ezker) eta erantzuna amplitude erreferentzia aldaketaren aurrean (eskuma)




Erresonantzia-maiztasunaren doiketarako begiztari dagokionez, begizta hori denbora errealeko kontrolagailu baten inguruan itxi da. Horren arrazoia, denbora-eskakizun baxuak izatea da (Jana eta Lad, 2012). Horregatik, FPGAn egindako inplementazio purua ez da beharrezkoa errendimendu aldetik, eta, ondorioz, horrek dakarren garapen konplexutasuna ez da beharrazkoa eret. Begizta horrek, kabitatearen aldeetan kokaturiko bi motore kontrolatzen ditu. Motore hauek enbolo bana mugitzen dute norabide erradialean, horrela kabitatearen geometria aldatuz eta, ondorioz, erresonantzia-maiztasuna doituz.

## 4 Ondorioak

Lan honetan planteatu den laginketa teknika berritzaileak, azpilaginketak, emaitza positiboak eman ditu seinale azkarrak lagintzeko orduan partikula azeleragailuen aplikazioetan. Modu honetan, balidatuta geratu da bere erabilpena zenbait RF sistemetan, horrek dakarren kostu abantailarekin. Beste alde batetik, PXI arkitekturan eta LabVIEW-n oinarritutako soluzio digital modular, flexible eta berkonfiguragarriak, egokia dela erakutsi du partikula azeleragailuen diagnostiko eta kontrolean.

## 5 Etorkizuneko lana

Hasiera batean planteaturiko helburuak beteta, lan honek hainbat etorkizuneko pausu aurkezten ditu. Garrantzitsuena, aurkeztutako bi sistema baldintza errealetan frogatzea da. Hau erraztuta geratzen da garaturiko sistemaren natura modularragatik, zeinek diseinaturiko sistema laborategitik atera eta azeleragailu baten integratzea ahalbidetzen duen. Bestalde, garaturiko prototipoak beste analisi eta kontrol teknikak garatu eta testeatzeko aukera ematen dute modu errez batean.

## Erreferentziak

Baudrenghien, P. 2011. Low level rf part 1. CERN Accelerator School CERN-2011-007 Proceedings, pp: 341-367.

Hassanzadegan, Hooman, 2011. *Design, Analysis and Implementation of a Versatile Low Level Radio Frequency System for Accelerating Cavities*. University of the Basque Country tesia.

I. Badillo, J. Jugo, C. San Vicente J. Portilla J. Feuchtwanger V. Etxebarria. 2014. Hil testing of a compact beam position monitor diagnostic for particle accelerators. In *IIS 2014 The 60th International Instrumentation Symposium*. University of the Basque Country UPV/EHU.

I. Badillo, J. Jugo, J. Portilla J. Feuchtwanger C. San Vicente V. Etxebarria, 2015. Pxi-based llrf architecture and versatile test bench for heavy ion linear acceleration.

Jana, Joydip, eta Mahendra Lad. 2012. *A fast feedback control system using FPGA for RF signals*. Lambert Academic Publishing.

Lyons, R. G. 2001. *Understanding Digital Signal Processing*. Prentice Hall.

Mishali, Moshe, eta Yonina C. Eldar. 2011. Sub-nyquist sampling. *IEEE Signal Processing Magazine* .

P. Forck, P. Kowina, D. Liakin. 2009. Beam position monitors. In *CERN Accelerator School*.

Shafer, R. E. 1989. Beam position monitoring. In *AIP Conference Proceeding*.

Strehl, P. 2006. "beam instrumentation and diagnostics". *Springer* .

## 6 Eskerrak eta oharrak

Autoreek eskertu nahi dute bai Eusko Jaurlaritzaren babes partziala GIU06/04 eta GIU08/01 Ikerketa Taldeei emandako laguntzen bitartez eta baita ere Bizkaiko Foru Aldundiaren babesa 6/12/TK/2012/00032 proiektuaren bitartez.

# *Konbinatu eta Irabazi!* Hitzen Semantikaren Errepresentazio Osoagoaren Bila

**Josu Goikoetxea Salutregi**[1]

**Eneko Agirre Bengoa**[2] eta **Aitor Soroa Etxabe**[3]

[1] IXA taldea, UPV/EHU. josu.goikoetxea@ehu.eus
[2] IXA taldea, UPV/EHU. e.agirre@ehu.eus
[3] IXA taldea, UPV/EHU. a.soroa@ehu.eus

**Laburpena**

Artikulu honetan hitzen semantikaren errepresentazio osoagoa lortzeko algoritmo berria aurkezten dugu. Gure proposamenak bi metodo konbinatzen ditu: ezagutza-baseetan eta corpusetan oinarritutakoak. Hasieran, konbinatu barik, bi metodo horiekin antzekotasuna deituriko prozesu kognitiboa aztertu dugu, eta gero azken horiek uztartzen dituen algoritmoa enpirikoki frogatu dugu. Bi faseetan giza irizpideetan oinarritutako antzekotasun urre-patroiak hartu ditugu ebaluaziorako erreferentzia legez. Metodoak konbinatzerakoan baliabideak asko optimizatu ditugu, konbinatu barik lortutako emaitzak berdinduz edota gaindituz. Ondorioz, teknika horiek informazio semantiko osagarria dutela frogatu dugu.

**Hitz gakoak:** semantika, antzekotasuna, giza irizpideak, metodo konbinaketa

**Abstract**

*In the article we present a novel algorithm which achieves a more integral representation of word semantics. Our proposal combines two methods: the ones based in knoledge-bases and in corpuses. In the beggining, we analize the cognitive process called similarity with those two methods, not combining them, and, afterwards, we empirically test the algorithm that yokes those methods. In both phases we have taken similarity gold-standards based on human criteria as a reference for evaluation. We have optimized the resources dramatically when combining methods, obtaining equal or better results than using them separatedly. Thus, we have proved those methods have complementary semantic information.*

**Keywords:** semantics, similarity, human criteria, method combination

## 1 Sarrera eta motibazioa

Hitzen arteko antzekotasuna oso errotuta dago gizakiongan, guztiz naturala da gure egunerokotasunean, eta bere erabilera-esparrua oso zabala da; eguneroko hizkuntza arrunteko antzekotasun konkretuan hasi, eta literaturako eta olerkietako metaforen eta metonimien sofistikazio abstraktuetara arte joan daiteke. Eguneroko hizkuntzaren erabileraren adibide moduan, gizakiok badakigu *jaguar* eta *katu* hertsiki erlazionatuta daudela, eta, era berean, *jaguar* eta *dolar* hitzen artean harremanik ez dagoela. Ahalmen hori gakoa da hizkuntzan parte hartzen duten prozesu kognitiboen ulermenerako, eta Lengoaia Naturalaren Prozesamenduan (LNP) itzulpen automatikoan, esaterako, hainbat aurrerapen ahalbideratu ditu.

Egun, LNP arloan antzekotasunerako garatu diren algoritmo ahaltsuenak WordNet-en eta Wikipedian oinarritu dira (Agirre *et al.* (2010); Gabrilovich eta Markovitch (2007)), baina, azken aldian sare neuronalak gailentzen dabiltza (Mikolov *et al.* (2013); Collobert eta Weston (2008); Socher *et al.* (2011); Turian *et al.* (2010)). Antzekotasunerako ereduak ebaluatzeko hainbat aukera daude, baina denek ere giza irizpideak dituzte oinarri. Ohikoena hitzen antzekotasunari buruzko giza juzkuetan oinarritutako urre-patroiak erabiltzea da (Gabrilovich eta Markovitch (2007); Hill *et al.* (2014b)), eta hala egingo dugu lan honetan.

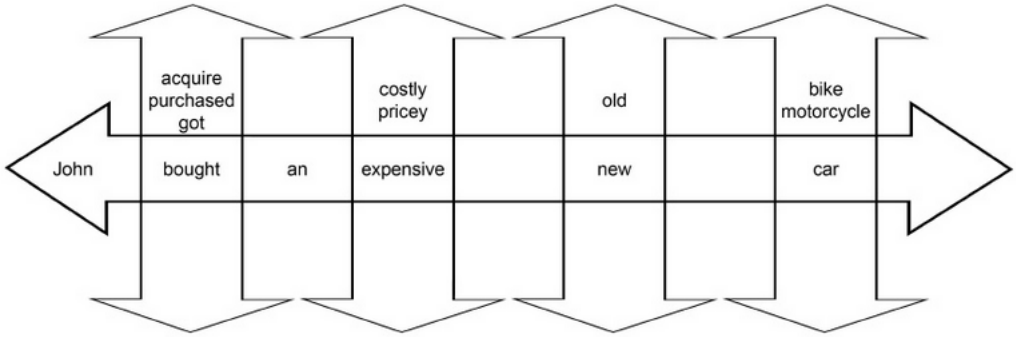
Ikerketa honen aztergai nagusia, baina, antzekotasunaren muina da, semantika. Azken horrek gizakiok

errealitatetik datorkigun informazioa egituratzeko hainbat prozesu kognitibotan parte hartzen du, eta, ondorioz, gure adimenaren gakoetako bat da.

Hala, goiko paragrafoan aipatutako metodoak semantika kudeatzeko bi estrategia dituzte:

- Sare neuronalek erlazio sintagmatikoak dituzte oinarri. Azken horiek, testuinguru berean sekuentzialki konbinatzen diren entitate linguistikoei aplikatzen zaizkie, eta elementuen posizionamendua da garrantzizkoena. 1 irudian ardatz horizontalaren konbinazio jakin baten entitateen arteko erlazioak izango lirateke; esaterako, *John bought an expensive new car* esaldiko hitzen artekoak.
- Ezagutza-baseek erlazio paradigmatikoak ustiatzen dituzte. Erlazio horiek testuinguru linguistiko berean ager daitezkeen entitateen artekoak dira eta 1 irudian ardatz bertikaleko hitzen artekoak dira. Erlazio bereko berben artean ordezkapenak egin daitezke; esaterako *John got an expensive new car* esaldia *John acquire an costly old bike* bihur daiteke.

1 Irudia: Ardatz sintagmatikoaren eta paradigmatikoaren adibidea.




Bi estrategia horiek nagusitu dira semantikaren errepresentazio abstraktuetan, eta gure ikerketan biak erabili ditugu; hasieran bakoitza bere aldetik, eta, gero, konbinatuta. Konbinaketa hori da, hain zuzen, gure ikerketaren ekarpenik garrantzitsuena.

Gauzak horrela, artikulu honetan gure esperimentazioaren bi fase deskribatzen dira. Lehenengoan, sare neuronaletan eta ezagutza-baseetan oinarritutako antzekotasun-esperimentuen emaitzak alderatuko ditugu, hiru hizkuntzatan. Bigarrenean, hitzen esanahiaren errepresentazioa hobetze aldera, aipatutako bi estrategiak konbinatuko ditugu hurrengo hipotesiari jarraiki: bi metodoen informazio semantikoa desberdina baina osagarria da, eta biak konbinatuta banaka baino emaitza hobeak lortuko dira. Azkenik, hipotesi hori esperimentuen bidez enpirikoki baieztatuko dugu.

## 2 Arloko egoera

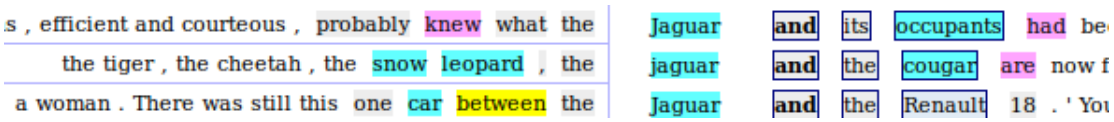
Atal honetan, lehenik, antzekotasuna aztertzeko bi eredu azaltzen ditugu; hots, ezagutza-baseetan oinarritutakoak eta corpusetan oinarritutakoak. Gero, eredu horiek ebaluatzeko hitz-pareen urre-patroiak izango ditugu hizpide. Azkenik, antzekotasuna neurtzeko algoritmoa azalduko dugu.

### 2.1 Corpusetan oinarritutako teknikak

Azken urteotan sare neuronalak hitzen semantikarekin lan egiteko tresna baliagarria bilakatu dira. Garuneko neuronen eredu biologikoa jarraitzen dute, eta egun garatutako guztiek bi ezaugarri partekatzen dituzte; alde batetik, corpus ez etiketatuetatik erauzten dute hitzen esanahia, eta, bestetik, semantika modu distribuzionalean kudeatzen dute. Bada, sare neuronalek Hipotesi Distribuzionala (Harris, 1954) jarraitzen dute, eta azken horrek zera dio: *esanahi antzeko hitzek testuinguru berean agertzeko joera dute.* Esaterako, 2 irudian *jaguar* hitzaren bi testuinguru posible agertzen dira; hots, animaliaren adieraren ingurukoa, eta autoaren ingurukoa.

[1] Jatorria: http://corpus.byu.edu/bnc/

2 Irudia: *Jaguar* hitza testuinguru desberdinetan.[1]




Sare neuronalen ereduei dagokienez, hainbat aztertu ditugu ((Collobert eta Weston (2008)); (Turian *et al.* (2010)); (Socher *et al.* (2011));(Mikolov *et al.* (2013))), baina, emaitzarik onenak Mikolov-en ereduarekin[2] lortu dira, eta, hortaz, azken hori erabili dugu. Mikolov-en eredua, corpus erraldoietatik abiatuta ($10^9$ berbatik gora), hitzen kalitatezko esanahiak modu arinean ikasteko pentsatuta dago, kostu konputazional baxuarekin eta zehaztasun handiarekin. Eredu horretan bi proposamen daude: Continuous Bag-of-Words (CBOW) eta Skip-gram.

Hipotesi Distribuzionalari lotuta, CBOW ereduan entrenamenduko irizpidea hurrengo da: aurreko eta ondorengo hitzak jakinik, erdikoa zuzen iragarri. Esaterako, 1 adibideko esaldia emanik, CBOW ereduak *the scared* eta *jumped inside* hitzen bektore-adierazpenak dakizki, eta erdiko hitzarena lortu behar du. Operazio hori corpuseko berba guztiekin egiten da. Skip-gram ereduak, ordea, erdiko hitza emanik aurrekoak eta ondorengoak aurresaten ditu. Hala, aurreko adibideari jarraiki, *jaguar* hitzetik *the scared* eta *jumped inside* aurresan beharko ditu.

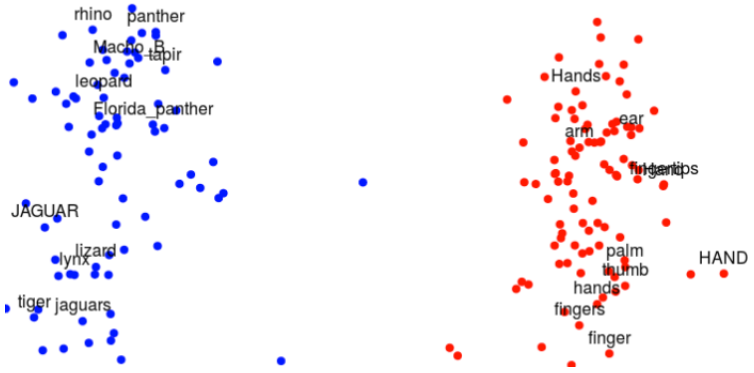
(1) *the scared* **jaguar** *jumped inside*

Gauzak horrela, sare neuronalak bektore-adierazpen deituriko errepresentazioak ikasten ditu; hots, balio eskalarrez osatutako bektore oso trinkoak. Bektore-adierazpenaren dimentsio bakoitzak esanahiaren ezaugarri semantiko edota sintaktiko bat adierazten du, modu abstraktuan. Modu intuitiboagoan ulertzeko, bektoreen balio eskalarrak N dimentsiotako espazio bateko koordenatu legez har daitezke, eta esanahi bakoitza posizio jakin batean ezartzen dute. Esaterako, gure ikerketaren aurreneko fasean *jaguar* hitzaren bektorearen lehenengo 8 dimentsioek hurrengo itxura daukate :

(2) *jaguar = [0.030852 0.049318 -0.035806 0.029951 0.052470 -0.029501 0.026686 0.005883 ...]*

Osagai Nagusizko Analisiaren (ONA) bidez N dimentsioko bektoreak bitara pasa daitezkeenez, 3 irudian *jaguar* eta *hand* bektoreetatik auzokide semantikoak (esanahi antzekodunak) irudikatu ditugu; hots, hitz horien erlazio paradigmatikoetan oinarritutako auzokide semantikoak irudikatu ditugu. Irudi horretan Hipotesi Distribuzionalean esandakoa grafikoki ikus daiteke, antzeko testuinguruetatik erauzitako hitzak multzokatuta agertzen baitira kolore bereko puntuetan.

3 Irudia: *Jaguar* eta *hand* hitzen auzokide semantikoak Skip-gram-ekin erauziak, urdinez eta gorriz, hurrenez hurren.




[2]https://code.google.com/p/word2vec/

## 2.2 Ezagutza-baseetan oinarritutako teknikak

Azken urteotan grafoetan oinarritutako teknikek oihartzun handia izan dute LNP komunitatean, grafoen ezaugarri estrukturalak bilatu eta ustiatzen dituztelako. Gainera, teknika horiek grafoa bere osotasunean aztertzen dutenez, soluzio globalak eta optimoak lortzeko gai dira.

Ikerketa honetan eginiko esperimentuetan bi ezagutza-base, WordNet[3] eta Wikipedia, erabili ditugu. Lehenengoa psikolinguistikako teoriak frogatzeko asmoarekin sortu zen, eta ingelesaren datu-base lexikala da; hitzak synset deituriko sinonimo multzoetan elkartzen ditu, eta azken horietako bakoitzak kontzeptu desberdin bat adierazten du. Gainera, sinonimo-multzo horiek sare bat osatzen dute, erlazio semantikoez eta lexikalez lotutakoa.

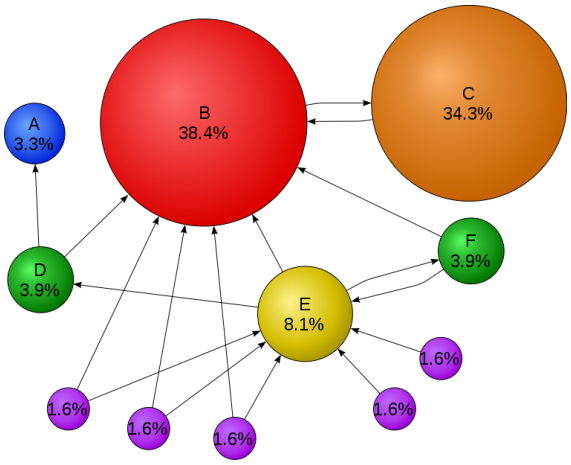
Wikipediari dagokionez, milaka kolaboratzailek sortutako online entziklopedia erraldoia eta eleanitza da, hainbat gairen inguruko artikuluak dituena. Wikipedia-n, artikuluez gain, artikuluen artean hainbat erlazio mota daude.

Gauzak horrela, gure ikerketetan UKB[4] programa-bilduma erabili dugu. UKB-k ezagutza-baseak grafo bezala ulertuko ditu; hau da, WordNet-eko eta Wikipedia-ko kontzeptuak grafoko adabegi legez hartzen ditu, eta azken horien arteko erlazioak adabegien arteko ertz moduan.

UKB-k sarrera-hitz bat jasotzerakoan, Page Rank Pertsonalizatua (PRP) (Agirre eta Soroa, 2009) deituriko algoritmoa aplikatzen dio. Hasteko, sarrerari dagokion adabegitik ausazko ibilbide bat abiatzen du, betiere erlazionatuta dauden adabegien artetik pasatuz. PRP-k adabegi bakoitzari bere ertz kopuruaren araberako probabilitate bat esleitzen dio, eta ibilbidea pisu handiagoa dutenetara bideratu.

Ausazko ibilbideak konbergitzean, sarrerako hitz bakoitzari PRP-k probabilitateez osaturiko bektore (PPB) bat esleitzen dio, eta bektore hori da, hain zuzen, hitzaren esanahia adieraziko duena. 4 irudiak grafikoki adierazten du grafo sinple batean PPB pisuak zeintzuk liratekeen.

4 Irudia: PageRank pisuak grafo sinple batean.[5]



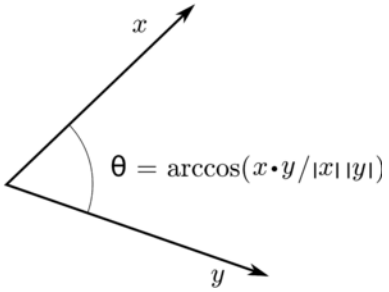

Azpimarratzekoa da PPB-ek bektore-adierazpenek baino askoz ere dimentsio gehiago dituztela, UKB-k grafoko adabegi bakoitzeko dimentsio bana esleitzen baitu. PPB-en tamaina desabantaila da, baina, beranduago ikusiko dugunez, gure esperimentuen azkenengo fasean irtenbide bat emango diogu.

## 2.3 Hitzen arteko antzekotasuna

Antzekotasuna kalkulatzeko hainbat teknika daude, baina, bektoreekin lan egitean kosinuaren formula estandarra da. Algoritmo hori aljebra linealeko biderketa eskalarrean oinarritzen da, eta, beraz, eragiketaren emaitza eskalar bat da; bi bektoreren arteko angeluaren kosinua, hain zuzen.

[3] http://wordnet.princeton.edu/
[4] `http://ixa2.si.ehu.es/ukb/`
[5] Jatorria: http://en.wikipedia.org/wiki/PageRank

5 Irudia: Bi bektoreren arteko cosinua.




Behin esanahi-bektoreak esku artean (2.1 ataleko bektore-adierazpenak edota 2.2 ataleko PPB-ak), bi hitzen arteko antzekotasuna bektore horien arteko kosinuarekin neur daiteke; zenbat eta angelu txikiagoa izan, orduan eta antz gehiago izango dute hitzek. Bestela esanda, eragiketaren emaitza zenbat eta 1etik hurbilago egon, orduan eta antzekotasun semantiko handiagoa. Hala, 1 ekuazioan $x$ eta $y$ hitzen esanahien distribuzioa $x_i$ eta $y_i$ pisuko $\vec{x}$ eta $\vec{y}$ bektoreak bezala hartzen dira, hurrenez hurren.

$$antzekotasuna(\vec{x},\vec{y}) = \cos(\theta((\vec{x},\vec{y}))) = \frac{\vec{x}.\vec{y}}{\|\vec{x}\|\|\vec{y}\|} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n} y_i^2}} \quad (1)$$

Demagun *jaguar* eta *cat* hitzak erauzi ditugula Mikolov-en sare neuronalarekin, 300 dimentsiorekin. Bi kontzeptu horien antzekotasuna 3 adibidean legez kalkulatuko litzateke:

$$(3)\ antzekotasuna(\vec{jaguar},\vec{cat}) = \frac{\sum_{i=1}^{300} jaguar_i cat_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{300} jaguar_i^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{3} cat_i^2}} = 0.41$$

Esan bezala, 3 adibideko emaitza zerotik baterako tartean ulertu behar dugu; Mikolov-en ereduaren aburuz, beraz, hitz horien artean badago antzekotasun esanguratsua.

## 2.4 Hitz-pareen urre-patroiak

WordSim353 eta SimLex999 datu-multzoak antzekotasuna neurtzen duten algoritmoak ebaluatzeko erabiltzen dira. Bi datu-multzo horiek giza irizpideekin osatuta daude, eta hainbat ikerketek giza irizpideek bata bestearekin korrelazio altua dutela adierazi dute. Horrexegatik, hain zuzen, WordSim353 eta SimLex999 ebaluaziorako baliabide egokiak dira.

Datu-multzo horiek eskuz eginikoak dira, eta ingelesezko hitz-bikote bildumez osatuta daude, gizakiek pare bakoitzaren inguruan emandako antzekotasun- edota ahaidetasun-irizpideen balio numerikoekin: zerok antzekotasunik edo ahaidetasunik eza adieratzen du, eta hamarrerek hitz bera edo sinonimoak direla. WordSim353 datu-multzoa 353 hitz-bikotez osatuta dago eta SimLex999 999rekin.

6 Irudia: WordSim353 datu-multzoko 5 bikote.

```
cup     substance  1.92
cup     liquid     5.90
jaguar  cat        7.42
jaguar  car        7.27
energy  secretary  1.81
```

Behin hona helduta, garrantzitsua da antzekotasuna eta ahaidetasuna terminoak desberdintzea. Antzekotasunak hitzen arteko sinonimia (hitz/berba) eta hiperonimia/hiponimia (taxi/auto) hartzen ditu bere baitan, eta ahaidetasunak, sinonimia eta hiperonimia/hiponimiaz gain, meronimia (esku/hatz), antonimia (hotz/bero) eta asoziazioa. Bada, WordSim353 urre-patroian, antzekotasuna eta ahaidetasuna nahastuta agertzen dira; SimLex999-n, ordea, antzekotasuna soilik agertzen da. Artikulu honetan antzekotasuna terminoa bakarrik erabili dugula azpimarratu behar da, biak berdin prozesatzen baitira. Hala ere, etorkizunean bi terminoak bereizteko eta neurketak desberdintzeko asmoa daukagu.

# 3 Esperimentuak

## 3.1 Esperimentu eleanitza: metodoak konbinatu barik

Esperimentuen aurreneko fasean antzekotasunaren ebaluazio eleanitza egin dugu, eta 2.4 puntuan azaldutako WordSim353 datu-multzoa erabili dugu ebaluaziorako urre-patroi bezala. Eleaniztasun hori dela-eta, hiru datu-multzorekin egin dugu lan, euskarazko eta gaztelerazko urre-patroiak ingelesekoaren itzulpenak izanik. Arrazoi beragatik, hiru hizkuntzen bektore-adierazpenak erauzteko hiru corpus erabili ditugu: euskarazko corpusa Elhuyar fundazioak utzitako corpusa da, artikulu zientifikoz osatua dago eta $1.5 \cdot 10^8$ berbaz osatua; ingeleseko bektore-adierazpenak $10^{11}$ berbako Google News corpusetik erauzita daude, eta Google Code-tik[6] jaitsi ditugu zuzenean; gaztelerazkoa QTLeap protiektuan erabilitako corpusen bilduma da, $0.8 \cdot 10^9$ hitz ingurukoa.

Antzekotasuna bektore-adierazpenekin, WordNet-en eta Wikipedia-ren PPB-ekin kalkulatu dugu, eta hiru baliabide horiek euskaraz, gazteleraz eta ingelesez ebaluatu ditugu. WordNet 3.0g[7] bertsioa erabili dugu. Grafo modua hartuta, bertsio horretan 117.522 adabegi (synset) eta 525.356 ertz semantiko daude. Hiru hizkuntzarekin ibili bagara ere, hiztegiak aldatzen dira soilik; grafoa berbera da euskaraz, ingelesez eta gazteleraz. Arrazoi beragatik, Wikipedian hiru iraulketa erabili ditugu: euskarazkoa $3 \cdot 10^6$ adabegirekin eta $160 \cdot 10^3$ ertzekin, ingelesezkoa $16 \cdot 10^6$ adabegirekin eta $3 \cdot 10^6$ ertzekin eta gaztelerazkoa $15 \cdot 10^6$ adabegirekin eta $450 \cdot 10^3$ ertzekin. Ebaluazioak egiteko, antzekotasun-neurketen eta hizkuntza guztien WordSim353 urre-patroien arteko korrelazioa kalkulatu dugu Spearman[8] bidez.

1 Taula: WordSim353 eleanitzeko Spearman balioak

| | Euskara | Gaztelera | Ingelesa |
|---|---|---|---|
| Bektore-adierazpenak | 0.3329 | 0.3598 | 0.686 |
| PPB Wordet | 0.3712 | 0.3929 | 0.683 |
| PPB Wikipedia | **0.4212** | **0.4645** | **0.7274** |

1. taulako emaitzei so, argi ikusten da ingelesak korrelaziorik altuenak dauzkala hiru baliabideetan eta Wikipedia gailentzen dela hiru eleetan. Emaitzen desoreka horren arrazoiak hurrengoak dira: ingeleseko corpusak kalitate hobea eta tamaina handiagoa dauka, eta grafoak handiagoak dira; urre-patroien itzulpenetan ingelesaren konnotazio kultural desberdinek eragina dute beste bi hizkuntzen ebaluazio-emaitzetan. Ikerketako fase horren helburu nagusia sare neuronalek eta ezagutza-baseek gizakion antzekotasun-irizpideekin duten korrelazioak neurtzea eta erkatzea izan da, hiru hizkuntzatan.

## 3.2 Esperimentu elebakarra: metodoak konbinatuta

Orain arte sare-neuronalak eta ezagutza-baseak bakoitza bere aldetik erabili ditugu. Hala ere, bi paradigma horietatik erauzitako informazioa osagarria dela uste dugu, eta, gure aburuz, bi bideak konbinatzea lortuz gero banaka lortutako emaitzak hobetu beharko genituzke. Hipotesi horri jarraiki, esperimentuen hurrengo fasean hitzen semantikaren errepresentazioa hobetzea izan dugu helburu, eta, hori lortze aldera, aipatutako bi estrategiak uztartu ditugu.

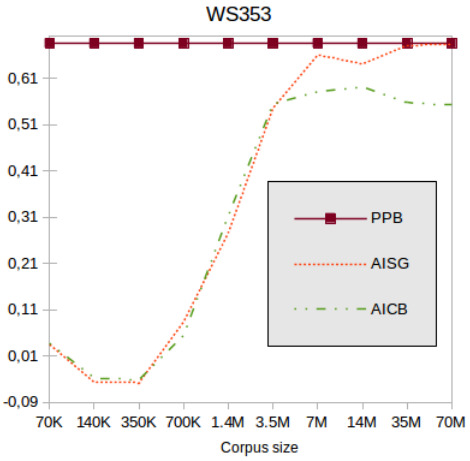
Horretarako, WordNet-eko hitzen gainean ausazko ibilbideak egin ditugu, eta ibilbide horietan igarotako hitzekin testu corpus bat eratu dugu; gure ustez, corpus horrek inplizituki WordNet-eko erlazio paradigmatikoen informazioa gordetzen du. Gauzak horrela, testu corpus hori Mikolov-en eredua elikatzeko erabili dugu, eta, ondorioz, erlazio paradigmatiko inplizituak sintagmatikoak balira bezala prozesatu ditugu. 1 irudiko bi ardatzak, nolabait, batu egin ditugu. Lortutako bektore-adierazpenak PPB-ak baino askoz trinkoagoak dira (300 dimentsio vs. 10 milako batzuk), eta, ikusiko dugunez, oso emaitza onak emango ditu antzekotasun atazetan.

Esperimentu honetan CBOW eta Skip-gram erabili ditugu, parametro berdinekin, eta corpusaren tamaina handitzen joan gara $70 \cdot 10^3$-tik $70 \cdot 10^6$ lerrora arte. Corpusa handitu ahala Spearman balioak

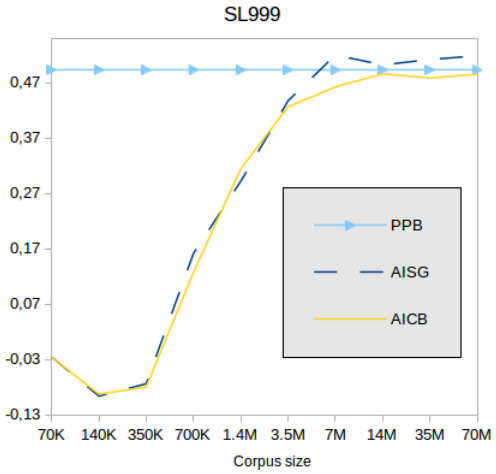
[6] https://docs.google.com/file/d/0B7XkCwpI5KDYNlNUTTlSS21pQmM/edit
[7] http://wordnet.princeton.edu/glosstag.shtml
[8] http://en.wikipedia.org/wiki/Spearman%27s_rank_correlation_coefficient

kalkulatu ditugu, eta gure metodoaren ikasketa-kurba eratu dugu. Aurreko fasean bezalako metodologia jarraitu dugu, baina ingelesarekin soilik eta bi datu-multzorekin, SimLex999-rekin eta WordSim353-rekin.

7 Irudia: Ikasketa-kurba WS353-rekin.




8 Irudia: Ikasketa-kurba SL999-rekin.




7 eta 8 irudiek WordNet gainean ausazko ibilbideekin eratutako corpusei CBOW (AICB) eta Skip-gram (AISG) aplikatuta lortutako Spearman balioen bilakaera erakusten dute, SL999 eta WS353 datu-multzoekin. Ikasketa-kurbek $7 \cdot 10^6$ testuingurutan konbergitzen dute, PPB-en besteko emaitza lortuz WordSim353-rekin, eta SL999-koak gaindituz. Kobergentzia horretako balioak 2 taulan agertzen dira. Gauzak horrela, gure metodoari jarraiki, sare neuronalek WordNeteko informazio semantikoa kodetzeko gai direla frogatzen dugu.

2 Taula: AISG-rekin eta AICB-rekin lortutako Spearman korrelazioak ingelesez, PPB eta Skip-gram soilekin alderatuta.

| | SL999 | WS353 |
|---|---|---|
| Bektore-adierazpenak | 0.442 | **0.686** |
| AISG | **0.520** | 0.683 |
| AICB | 0.486 | 0.591 |
| PPB WorNet | 0.493 | 0.683 |

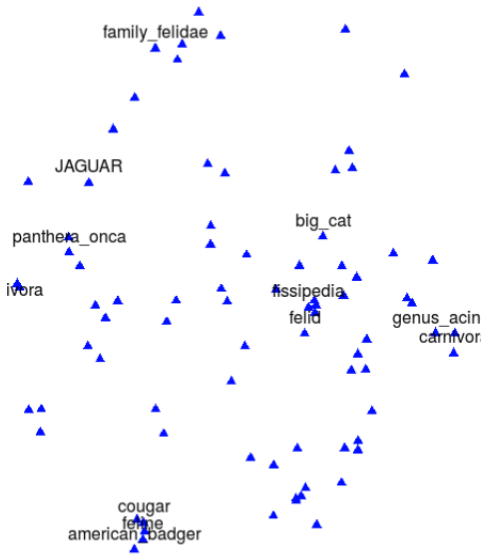
9 eta 10 irudietan *jaguar* bektorearen hitz antzekoenak irudikatu dira ONA erabilita; alde batetik, *word2vec* tresnarekin erauzitako bektoreak (auzikude sintagmatikoak); bestetik, AISG bidez erauzitakoak. 9 irudian corpus natural batetik ateratako hitzak agertzen dira, *jaguar* hitzarekin erlazio sintagmatikoak dituztenak: hala nola, *coyote*, *rhino* edota *owl* modukoak. 10 irudikoak, ordea, WordNet-teko elementuak dira, *jaguar*-ekin erlazio paradigmatikoak dituztenak: *big_cat* eta *family_felidae* dira adibiderik argienak. Bada, AISG eta AICB metodoen bidez, WordNet-eko hitzak (inplizitoki erlazio paradikmatikoak dituztenak) erlazio sintagmatikoak balituzte bezala prozesatu ditugu; hortik gure metodoaren ekarpen nagusia.

SimLex999-aren artearen egoera (Hill *et al.*, 2014a) berdindu egin dugu, egun 0.52 baita. WordSim353-en (Radinsky *et al.*, 2011), ordea, ez gara 0.8 baliora heldu. Hala ere, kontuan izan behar dugu esperimentu hauek paradigma osagarriak uztartzeko aurreneko urratsak baino ez direla. Bide honetatik, etorkizunean, konbinazio sofistikatuagoekin artearen egoera hobetu dezakegu.

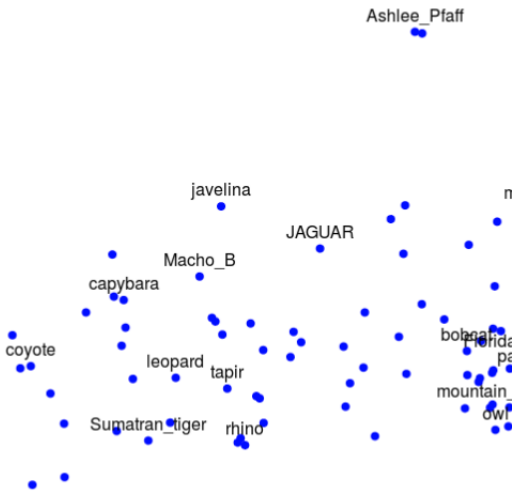
## 4 Ondorioak eta etorkizuneko egitekoak

Gure ikerketetan antzekotasuna modelatzeko hainbat teknika erabili ditugu, eta guztiak giza irizpidean oinarrituta ebaluatu. Egun egindako lanekin erkatuta, gure esperimentuen lehenengo fasean ezagutza-baseak eta bektore-adierazpenak baliabide bezala erabili izana, hiru hizkuntzatan, kuantitatiboki balio-

9 Irudia: *Jaguar* hitzaren auzokideak, AISG bidez erauzita




10 Irudia: *Jaguar* hitzaren auzokide sintagmatikoak, bektore-adierazpenen bidez erauzita




tsua izan da. Hala ere, gure ikerketa-lerroaren ekarpen nagusia bigarren fasean dago, bi paradigma horien konbinaketa oso gutxi landutako alorra baita (Weston *et al.* (2013); Wang *et al.* (2014)).

Aurreneko faseko emaitzek hizkuntzen baliabideen arteko desoreka agerian utzi dute, Wikipediaren eta ingelesaren faboretan. Urre-patroien itzulpena dela-eta, konnotazio kulturalen garrantziaz jabetu gara, ebaluazioko emaitzetan zarata-iturri izan daitezkeela argi ikusi dugulako. Esan gabe doa informazio hori eleaniztasunak eta eleen gurutzaketak ahalbidetu digula.

Bigarren fasean ezagutza-baseen egitura eta sare neuronalak uztartzen dituen metodo berria aurkeztu dugu, bektore-adierazpen konbinatua sortzen duena. Gure antzekotasun ebaluazioetan PPB-ekin lortutakoen emaitzak berdindu ditugu, baina milaka dimentsioko bektoreak barik askoz trinkoagoak (300 dimentsiokoak) erabilita. Are gehiago, hitzen errepresentazio horien informazioa sare neuronaletan eta ezagutza-baseetan oinarritutakoekin osagarria da, eta, ondorioz, azken horiek banaka erabilita baino emaitza hobeak lortzen ditugu. Beraz, gure metodo berri honek ateak irekitzen dizkio orain arte banatuta egon diren bi estrategia horien konbinaketei.

Egiteke dauden esperimentuei begira, hainbat puntu geratzen dira irekita. Hasteko, euskarazko eta gaztelerazko baliabideak hobetzea beharrezkoa iruditzen zaigu, eta hizkuntza-gurutzaketaren potentziala ustiatzearen garrantziaz jabetu gara. Gure ustez, estrategien konbinaketaren eta eleaniztasunaren nahasketak aberastasuna eta sakontasuna emango dio ikerketari. Hori erdieste aldera, nahitaezkoa da euskarazko eta gaztelerazko urre-patroiak osatzeko datuak biltzea, eta kalitate eta tamaina hobeko corpusak lortzea.

Paradigmen konbinaketei begira, hurrengo esperimentuetan ausazko ibilbideekin Wikipedian oinarritutako corpusa osatu nahi dugu, eta konbinaketen filosofia beste esparru batzuetara hedatu; alde batetik, iturri desberdinetatik lortutako bektore-adierazpenak konbinatu nahi ditugu, eta, bestetik, corpusak. Esaterako, corpus naturalak eta WordNet gainean AISG-rekin lortutako corpusak nahastu. Horrez gain, *word2vec* tresnaren parametroak optimizatuta bektore-adierazpenen kalitatea hobetzea espero dugu.

Amaitzeko, esan beharra dago ikerketa hau hitzen semantikaren errepresentazio osoagoa erdiesteko ahalegina dela. Esanahi osoagoaren bilaketa horretan, aipatutako bi paradigmen azaleko desberdintasunak alde batera utzi ditugu eta semantika ulertzeko bi ikuspuntuen ustezko osagarritasunean oinarritu gara. Bestela esanda, gure ikerketan erlazio semantikoek eta paradigmatikoek batak bestearen gabezia semantikoak betetzen dituela izan dugu hipotesi. Orain arteko esperimentuen emaitzei so badirudi norabide zuzenetik goazela, eta semantika ulertzeko metodo desberdinen konbinaketak hainbat aukera ireki ditzakeela.

## Erreferentziak

Agirre, Eneko, Montse Cuadros, German Rigau, eta Aitor Soroa. 2010. Exploring Knowledge Bases for Similarity. In *LREC*.

——, eta Aitor Soroa. 2009. Personalizing pagerank for word sense disambiguation. In *Proceedings of the 12th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, 33–41. Association for Computational Linguistics.

Collobert, Ronan, eta Jason Weston. 2008. A unified architecture for natural language processing: Deep neural networks with multitask learning. In *Proceedings of the 25th international conference on Machine learning*, 160–167. ACM.

Gabrilovich, Evgeniy, eta Shaul Markovitch. 2007. Computing Semantic Relatedness Using Wikipedia-based Explicit Semantic Analysis. In *IJCAI*, volume 7, 1606–1611.

Harris, Zellig S. 1954. Distributional structure. *Word* .

Hill, Felix, KyungHyun Cho, Sébastien Jean, Coline Devin, eta Yoshua Bengio. 2014a. Not all neural embeddings are born equal. *CoRR* abs/1410.0718.

——, Roi Reichart, eta Anna Korhonen. 2014b. Simlex-999: Evaluating semantic models with (genuine) similarity estimation. *arXiv preprint arXiv:1408.3456* .

Mikolov, Tomas, Wen-tau Yih, eta Geoffrey Zweig. 2013. Linguistic regularities in continuous space word representations. In *Proceedings of NAACL-HLT*, 746–751.

Radinsky, Kira, Eugene Agichtein, Evgeniy Gabrilovich, eta Shaul Markovitch. 2011. A word at a time: computing word relatedness using temporal semantic analysis. In *Proceedings of the 20th international conference on World wide web*, WWW '11, 337–346, New York, NY, USA. ACM.

Socher, Richard, Jeffrey Pennington, Eric H Huang, Andrew Y Ng, eta Christopher D Manning. 2011. Semi-supervised recursive autoencoders for predicting sentiment distributions. In *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 151–161. Association for Computational Linguistics.

Turian, Joseph, Lev Ratinov, eta Yoshua Bengio. 2010. Word representations: a simple and general method for semi-supervised learning. In *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 384–394. Association for Computational Linguistics.

Wang, Zhen, Jianwen Zhang, Jianlin Feng, eta Zheng Chen. 2014. Knowledge graph and text jointly embedding. 1591–1601.

Weston, Jason, Antoine Bordes, Oksana Yakhnenko, eta Nicolas Usunier. 2013. Connecting language and knowledge bases with embedding models for relation extraction. *arXiv preprint arXiv:1307.7973* .

## 5 Eskerrak

Eskerrak eman nahi dizkiot EHU-ko IXA taldeari ikerketa hau aurrera ateratzeko baliabideak eta azpiegitura eskaini dizkidalako.

Eskerrak baita ere Iraide Zipitriari, bere euskarazko eta gaztelerazko datu-multzoek proiektuaren aurreneko fasean eleaniztasuna jorratzeko aukera eman baitidate.

# Euskarazko corpus orokorrak osatzeko weba ustiatzen

Leturia, I.
*Elhuyar I+G*
*i.leturia@elhuyar.com*

## *Laburpena*

Testu-corpusak behar-beharrezkoak dira egoera normalean bizi nahi duen hizkuntza batentzat, eta hala da euskararentzat ere. Baina euskarazko corpus orokorren tamaina oso txikia da beste hizkuntza handiagoenekin konparatzen badugu. Horregatik, logikoa da, beste hizkuntza horiek egin duten bezala, euskarak ere "Web-as-Corpus" planteamendua (hau da, weba eta metodo automatikoak) baliatzea. Artikulu honetan azaltzen dira egileak bere doktore-tesian euskarazko corpus orokor handi bat biltzeko eta weba euskarazko corpus gisa kontsultatzeko egindako ikerketak, garatutako tresnak eta lortutako emaitzak. Lan horretan lehenbiziko aldiz lortu da 100 milioi hitzetik gorako euskarazko corpus bat osatzea, eta online jarri dira gizartearen eskura corpus hori eta weba corpus bat bailitzan kontsultatzeko tresna.

Hitz gakoak: euskara, corpusak, weba, web-as-corpus

## *Abstract*

*Text-corpora are essential for any language that aims to live in a normal situation, and so it is for the Basque language too. But the sizes of Basque general corpora are small if we compare them to those in other major languages. Therefore it is logical that the Basque language, just as any of those other languages, makes use of the "Web-as-Corpus" approach (that is, making use of the web and automatic methods). In this paper we describe the research carried out, the tools developed and the results obtained in his PhD thesis by the author to collect a large general corpus of Basque and to build a service to query the web as a Basque corpus. This work has allowed to build a 100 million word corpus for the first time, which has been , and this corpus and a tool to query the web as a Basque corpus have already been put online for their public use.*

*Keywords: Basque, corpora, web, web-as-corpus*

## 1. Sarrera eta motibazioa

### 1.1 Testu-corpusen gero eta garrantzi handiagoa

Gaur egun, hizkuntzalaritza eta berarekin zerikusia duten lanak (lexikografia, terminologia, hizkuntza-normalizazioa...) ez dira egiten adituen memoria eta intuizioan oinarrituta soilik. Ordenagailuei esker, testuak kopuru askoz handiagotan gorde daitezke eta azkarrago eta modu fidagarriagoan kontsultatu, adituen burmuinetan baino. Hala ere, ordenagailuok testuen sorkuntza erraztu eta orokortu ere egin dute, eta gaur egun dagoen testu-kopurua ikaragarria da, ezinezkoa bihurtuz ikertzaileek hizkuntza baten idatzizko produkzio osoa eskura izatea. Horregatik, oraindik ere guztiaren lagin bat aztertzearekin konformatu behar dugu, baina eskura dauden lagin hauek handiagoak eta fidagarriagoak dira eta errazago eta azkarrago kontsultatu daitezke ordenagailuen aurreko garaietan baino. Idatzizko hizkuntzaren lagin hauek testu-corpusak dira, eta hizkuntzalaritzarekin erlazionatutako lanak corpus hauek eskainitako lekukotasunetan oinarrituta egitearen diziplinari corpus hizkuntzalaritza.

Corpusen garrantziaren erakusgarri da ingelesezkoen tamaina periodikoki magnitude ordena bat handitzea: milioi bat hitzeko Brown Corpusa (Kučera eta Francis, 1967) izan zen lehena 60ko hamarkadan, geroago 100 milioi hitzeko BNC edo British National Corpus izenekoa (Aston eta Burnard, 1998) eratu zen 90eko hamarkadan, eta gaur egun 70 mila milioi hitzeko ingelesezko corpusak daude (Pomikálek et al., 2012).

### 1.2 Euskarazko corpusak

Euskarak ere corpusen beharra du, beste edozein hizkuntzak bezala, eta ziurrenik beste hizkuntza handiago batzuek baino gehiago, hainbat arrazoi dela medio: estandarizazioa duela urte gutxi hasi izana eta oraindik ere martxan egotea, irakaskuntzako eremu askotan oso berriki arte sartu ez izana, arlo askotako hiztegi terminologikoen falta, hizkuntza-teknologiak behar bezainbeste garatuak ez egotea...

Eta hala ere, euskarazko corpusak ez dira beharko luketen adina edo beharko luketen bezain handiak, euskarak, edozein hizkuntza txikik bezala, ez baititu nahi beste baliabide (giza-baliabideak zein ekonomikoak) eta corpusak modu klasikoan egitea (hau da, inprimatutako testuetatik erauzita) oso garestia eta mantsoa baita. Euskaraz sei corpus orokor besterik ez daude eskuragai: Orotariko Euskal Hiztegiaren Testu-Corpusa[1], XX. mendeko Euskararen Corpusa[2], Ereduzko Prosa Gaur[3], Klasikoen Gordailua[4], Euskararen Prozesamendurako Erreferentziazko Corpusa (Aduriz et al., 2006) eta Lexikoaren Behatokiko Corpusa[5].

Ikusten denez, euskarazko corpusak gutxi dira, gehienbat txikiak (beste hizkuntza handiagoetakoekin konparatuz behintzat) eta ez eguneratuak, euskarak, edozein hizkuntza txikik bezala, ez baititu nahi beste baliabide (giza-baliabideak zein ekonomikoak) eta corpusak modu klasikoan egitea (hau da, inprimatutako testuetatik erauzita) oso garestia eta mantsoa baita.

### 1.3 “Web-as-Corpus” planteamendua

Euskara eta ingelesezko corpusen arteko tamaina-ezberdintasun itzela ez da esplikatzen soilik beraiei dedikatutako baliabideen ezberdintasunarekin. Ingelesak eta beste hizkuntza batzuk milaka milioiko corpusak eskuratu badituzte, duela urte gutxi hasitako planteamendu berri bati esker da: “Web-as-Corpus” planteamendua, lekukotasun linguistikoen iturri gisa weba erabiltzean datzana. “Web-as-Corpus” terminoa ziurrenik Adam Kilgarriff-ek sortu zuen *Web as corpus* izenburudun 2001eko bere artikuluan (Kilgarriff, 2001), non hizkuntzalaritza lanetarako weba erabiltzearen aldeko lehenengoetariko apologia egin zuen, diziplina oso bat abiaraziz.

Planteamendu honek abantaila asko eskaintzen ditu: batetik, testu kopuru ikaragarri handia dago webean, eta bertako testuekin corpus oso handiak osa daitezke; bestetik, testu horiek formatu digital publiko eta maneiagarri batean (HTML) egoten dira; gainera, weba beti ari da handitzen eta eguneratzen, ez corpus tradizionalak bezala (zeinak ez diren eguneratzen edo testuak sortu diren datatik denbora luzera sartzen diren), eta egokiagoa da hizkuntza-fenomeno berriak aztertzeko; azkenik, ia edozein hizkuntza, erregistro edo domeinu dago gaur egun webean, beraz modurik merkeena eta egokiena da hainbat baliabide urriko hizkuntzetako corpusak osatzeko.

Web-as-Corpus planteamenduak bere aurkakoak ere baditu. Batzuentzat, weba ez da corpus bat, ez dituelako corpus baten definizioko baldintzak betetzen: ez da bere tamaina ezagutzen, beti aldatzen ari da eta bertatik ateratzen diren emaitzak ezin dira erreproduzitu, ez da ikuspegi linguistikotik diseinatu... Beste batzuentzat, bertako testuen kalitatea ez da ona testu asko, inprimatuak ez bezala, ez baitaude errebisatuak. Eta iritziez gain, ezin ukatuzko desabantaila batzuk ere baditu: zarata asko dago (spama, menu eta abarretako eduki errepikatua, toki ezberdin askotan kopiatutako eduki errepikatua...), copyright baldintzen ezinjakintasuna eta metadatuen falta.ri arazoak ikusten dionik ere bada. Horien arabera, webaren tamaina ez da ezagutzen, ez da ikuspegi linguistikotik diseinatu, bertatik ateratzen diren emaitzak ezin dira erreproduzitu, bertako testuen kalitatea ez da ona, ez da benetako hizkuntzaren adierazgarria... Baina beste egile batzuek eragozpen hauei aurre egiten diete, esanez eragozpen horietako asko weba zuzenean kontsultatzen denean soilik direla egia eta ez corpusak osatzeko iturritzat hartzen bada; kalitateari dagokionez, webekoa hizkuntzaren erabilera erreala dela diote, eta

1 http://www.euskaltzaindia.net/oeh
2 http://xxmendea.euskaltzaindia.net/Corpus/
3 http://www.ehu.es/euskara-orria/euskara/ereduzkoa/
4 http://klasikoak.armiarma.com/corpus.htm
5 http://lexikoarenbehatokia.euskaltzaindia.net

berau aztertzeko webera jo behar dela halabeharrez; eta weba beste edozein corpus bezain adierazgarria dela aldarrikatzen dute.

Edozein modutan, weba gero eta gehiago erabiltzen dela hizkuntzaren ikerketarako edo corpusak egiteko ezin ukatuzko errealitatea da.

### 1.4 Weba euskarazko corpus gisa

Aipatutako guztiak kontuan izanik, atera daitekeen ondorioa argia da: euskarak ere Web-as-Corpus planteamendua baliatu behar du corpusak egiteko.

Hala ere, hurbilpen honen arrakasta euskararentzat ez da segurua. Batetik, euskarazko weba ez da inondik ere beste hizkuntza handi horietakoa bezain handia. Beste horiek nahikoa dute webean dagoenaren zati bat bakarrik lortzea edozein tamaina, domeinu eta abarreko corpusak lortzeko. Baina ikusteko dago euskarazko webaren zati bat lortzea nahikoa izango ote den corpus handi eta denetarikoak osatzeko.

Bestetik, webeko bilaketa motorrek ez dute euskara kontuan hartzen, ez morfologiari dagokionean (euskarazko deklinazio eta inflexioak ez dituzte bueltatzen) ezta euskarazko emaitzak soilik bueltatzeko aukera ematean (hori 40 hizkuntzentzat besterik ez dute egiten). Arazo hauek Web-as-Corpus hurbilpenean erabiltzen diren teknikak ezin baliatu ahal izatea ekar dezakete.

Edonola ere, gure hipotesia da Web-as-Corpus planteamendua egokia izan daitekeela euskarazko corpusen egoeran hobekuntza esanguratsua lortzeko. Artikulu honetan laburtzen den tesiak hipotesi honen zuzentasuna ebaluatu nahi zuen eta, hori eginez, euskarazko corpusen egoera hobetu.

Lan honetan, Web-as-Corpus planteamendua erabilita euskarazko corpus orokor oso handi bat biltzen eta weba euskarazko corpus bat bailitzan zuzenean kontsultatzen saiatu gara.

## 2. Arloko egoera

### 2.1 Euskarazko corpus orokor handi bat osatzea weba testuen iturburutzat hartuta

Webetik corpus orokor handiak biltzeko metodoei dagokienez, bi metodo erabili ohi dira: crawling metodoa eta bilatzaileen metodoa.

Crawling metodoan, hasierako URL zerrenda batetik abiatuta (“hazi” URLak deritzenak), horiei dagozkien orriak jaisten dira, eta orri horietan aurkitutako estekak URL zerrendari gehitzen zaizkie, beraiekin gauza bera egiteko; hau errekurtsiboki aplikatzen da zerrenda amaitu arte edo behar den tamaina lortu arte. Metodo honen errendimendua optimoa izan dadin, garrantzitsua da hainbat parametro ongi doitzea: “hazi” URLen zerrenda lortzeko metodoa (batzuek hitz orokorren konbinazioak eta bilatzaileak darabiltzate hasierako URLak lortzeko, beste batzuek Open Directory Project bezalako webeko direktorioak), “hazi” URLen zerrendaren luzera (luzera ezberdinak erabiltzen dira), crawling estrategia (detektatzen den webgune bakoitzetik ahalik eta gehien jaistea beste webgune batzuetara jo aurretik, edo, gehien erabiltzen dena, ahalik eta webgune ezberdin gehienetatik jaistea), goi-mailako domeinu nazionalen batera mugatu nahi dugun, orrien jaistea paralelizatzea azkarragoa izan dadin, formatu ez egokiak edo URL berdinak jaitsi aurretik detektatzea... Corpus orokor handiak biltzeko proiektuetan, crawling metodoa da erabiliena (Baroni et al., 2009).

Bilatzaileen metodoa, orokorrean corpus espezializatuak lortzeko erabiltzen bada ere, corpus orokor handiak biltzeko ere erabili izan da (Sharoff, 2006). “Hazi” hitzen zerrenda bat erabiltzen da, horien konbinazioak bilatzaileetara bidaltzen dira eta bueltatutako orriak jaitsi eta corpuseratzen dira, helburu-tamaina iritsi arte edo konbinazioak agortu arte. Kasu honetan ere garrantzitsua da prozesua ongi doitzea: “hazi” hitzak nondik lortu (normalean maiztasun altuko hitz orokorrak dira, baina funtzio-hitzak izan gabe eta beste hizkuntzetan esanahirik ez dutenak), bilatzaileek behar den hizkuntzako testuak soilik itzultzea nola lortu (bilatzaileen

aukera baliatu ohi da, baina hizkuntza batentzat ez dagoenean hizkuntza-iragazteko hitzak gehitzen zaizkio hitzen konbinazioari), "hazi" hitzen zerrendaren luzera (luzera oso ezberdinak erabiltzen dira lan ezberdinetan), konbinazioen luzera (2 eta 4 artean erabili ohi da), zenbat bilaketa egin (5.000 eta 30.000 artean egin izan dira), emaitzetatik zenbat jaitsi (lehen 10ak normalean)...

### 2.2 Weba euskarazko corpus bat bailitzan kontsultatzea

Weba zuzenean corpus gisa kontsultatzeko dagoen arazo nagusia da derrigorrez bilaketa-motorrak erabili behar direla, eta hauek ez daude diseinatuta helburu linguistikoekin egindako kontsultei erantzuteko, informazio-bilaketarako baizik. Hauek dira zehazki bilaketa-motorrek kontsulta linguistikoetarako ematen dituzten arazoak: ez dituztenez orriak linguistikoki etiketatzen, ez dituzte lema baten inflexio eta deklinazioen agerpen denak itzultzen; bilaketa-sintaxia mugatua dute (ezin dira hitzen arteko distantzia, kategoria edo zernahitarako karaktereak erabili); bueltatzen dituzten kopuruak oso arbitrarioak eta aldakorrak dira, ikerketak erreproduzitzea ezinezkoa eginez; emaitzen ordena ez da irizpide linguistikoen araberakoa; eta ezin izaten dira emaitza guztiak ikusi, batzuk soilik.

Hala ere, kasu batzuetan zilegi (eta are beharrezko) da bilatzaileak erabiltzailea kontsulta linguistikoetarako, adibidez inongo corpusetan aurkitzen ez diren hitzen ebidentziak bilatzea, neologismo oso berrien erabilera ikustea, zenbait hitzen maiztasun erlatiboak konparatzea... Corpusik ez duten, edo corpus gutxi eta txikiak dituzten, hizkuntzentzat ere (euskara bezalako hizkuntzentzat, alegia) aukera bakarra izan daiteke.

Bilatzaileak zuzenean erabiltzeak are arazo gehiago ditu. Batez ere, orriak itzultzen dituztela eta ez bilatutako hitzaren agerpenak. Horregatik, haien gainean lan egiten duten tresnak eta web zerbitzuak eraiki izan dira, bilatzaileek itzulitako orriak deskargatu eta bilatutako hitzaren agerpenak corpus tresnen gisara erakusten dituztenak.

Edonola ere, zerbitzu eta tresna hauek ez dabiltza ongi euskararen kasuan, morfologiagatik batetik eta bilatzaileek euskarari ematen dioten tratamenduagatik (edo, hobeto, tratamendu ezagatik) bestetik. Horregatik, tesiaren helburuetako bat izan da tresna bat eraikitzea, ahalbidetuko duena weba kontsultatzea euskarazko corpus bat bailitzan.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Euskarazko corpus orokor handi bat osatzea weba testuen iturburutzat hartuta

Euskarazko corpus orokor handi bat lortzeko helburuarekin, bi metodoak probatu eta ebaluatu dira, crawling-arena eta bilatzaileena, ikusteko zein den onena euskararentzat, abiadura, kostua, tamaina edo kalitateari dagokionez (Leturia, 2012).

Bilatzaileen metodoari dagokionez, parametro ezberdinekin probatu da. "Hazi" hitzen luzerarentzat, 500, 1.000, 2.000, 5.000 eta 10.000 probatu dira eta konbinazioen luzerari dagokionez, 1, 2, 3, 4 eta 5. "Hazi" hitzentzat XX. mendeko Euskararen Corpuseko hitz maizenak erabili dira, funtzio-hitzak kenduta. Eta bilaketek euskararentzat emaitza optimoa eman dezaten, gorago deskribatutako morfologia bidezko galderaren hedapena eta hizkuntza iragazteko hitzen teknikak erabiltzen dira berriz ere. Eta kasu bakoitzean 12.000 galdera egin zaizkie bilatzaileei.

Ikusi da hainbat parametrorekin ez dela lortzen corpus nahiko handirik. 2.000 edo 5.000 "hazi" hitzeko zerrenda eta 2 edo 3 hitzeko konbinazioak erabilita lortzen dira emaitzarik onenak. Hala ere, beti 125 milioi hitz inguruko corpusak lortu dira, eta hazte-abiadura oso mantsoa da amaieran, beraz ez da ikusten bide honetatik corpus askoz handiagoak lor daitezkeenik.

Crawling metodoan, Open Directory Project-eko "Euskara" ataleko helbideak erabili dira "hazi" URLtzat eta orriak paraleloan jaitsi dira webgune aniztasuna hobesteko estrategiarekin.

Bide hori jarraituz 200 milioi hitzetik gorako corpusa eskuratu da, eta hazte-erritmoa ez da asko jaitsi, beraz gehiago hazteko potentziala dauka.

Corpusen kalitatea ebaluatzeko, bilatzaileen bidez lortu den corpus handiena eta crawling bidez lortutako corpusa XX. mendeko Euskararen Corpusa eta Lexikoaren Behatokiko Corpusarekin konparatu dira, lau ezaugarriri begiratuta: zeintzuk diren corpus bakoitzean besteekiko gehien nabarmentzen diren hitzak (LLR elkartze-neurriaren bidez kalkulatuta), corpus bakoitzeko hitz erabilgarrien kopurua (20 baino maiztasun handiagokoena), corpus baten estaldura besteekiko eta corpus baten ekarpena besteekiko.

Corpus bakoitzean besteekiko gehien nabarmentzen diren hitzei dagokienez, emaitzetan ez dago espero ez zitekeen gauzarik edo corpusak ezegokiak direla adierazten duen gauzarik. Bilatzaileen corpusean eremu administratiboko hitzak nabarmentzen dira eta crawling-ekoan web orrietako tipikoak diren hitzak, baina XX. mendekoan hitz zaharrak eta Lexikoaren Behatokian komunikabideetakoak nabarmendu diren gisan. Hitz erabilgarrien kopuruari dagokionez, web corpusetakoak askoz gehiago dira corpus klasikoetakoak baino. Estaldurari dagokionez, web corpusek klasikoen hitzen %95 inguru dituzte, baina alderantzizko norabidean kopuru hori %35 inguru edo txikiagoa da. Eta azkenik, ekarpenari dagokionez, web corpusek klasikoei egiten dieten hitz berrien ekarpena ia %85 ingurukoa da, alderantzizko norabidean %1era iristen ez den bitartean.

Ondorioz, esan dezakegu bai crawling eta bai bilatzaileen bidez lor daitezkeela euskarazko corpus handiak, baina handiagoak crawling bidez (bilatzaileen bidez lor daitekeen tamaina mugatuta dago). Kalitate aldetik corpus egokiak dira, corpus klasikoen hitzak ia osorik barne hartzen dituztenak eta besteek ez dituzten hitzen ekarpen handia egiten dutenak. Beraz, weba iturburu egokia da euskarazko corpus orokorren egoera nabarmen hobetzeko, eta hobekuntza hau gauzatu egin da, 100 milioi hitzetik gorako corpus handi horietako bat Web-Corpusen Atarian jarri baita jendearen eskuragarri[6].

### 3.2 Weba euskarazko corpus bat bailitzan kontsultatzea

Weba euskarazko corpus gisa kontsultatu ahal izateko tresna bat eraiki ahal izateko, bi teknika garatu dira: morfologia bidezko galderaren hedapena eta hizkuntza filtratzeko hitzak. Lehenengoa honetan datza: bilatu nahi den hitzaren deklinazio edo inflexioak sortzen dira lengoaia naturalaren prozesamenduko teknikak erabiliz, eta horiek guztiak bidaliko zaizkio bilatzaileari OR (EDO) operatzaile batean. Eta bigarrena, euskarazko hitzik ohikoen eta bereizgarrienak gehitzea galderari, horrela euskarazko emaitzak soilik lortzeko.

Teknika horiek doitu ahal izateko, hainbat esperimentu eta neurketa egin dira. Horien bidez, teknika horientzat parametro egokienak aurkitu dira (zein kasu diren produktiboenak morfologia bidezko galderaren hedapenerako, zenbat eta zeintzuk diren filtro-hitz egokienak...) eta horien bidez lortzen den errendimendu hobekuntza neurtu da (zenbatean handitzen diren estaldura, morfologia bidezko galderaren hedapenari esker. eta hizkuntz-zehaztasuna, hizkuntza filtratzeko hitzen bidez). Eta frogatuta gelditu da hobekuntza nabaria dela eta teknikak baliagarriak direla weba corpus gisa kontsultatzeko euskararentzat ongi funtzionatuko duen tresna bat eraikitzeko (Leturia et al., 2008, 2013).

Horrez gain, weba euskarazko corpus gisa kontsultatu ahal izateko tresna eraiki egin da eta euskal gizartearen eskura online jarri: CorpEus[7] (Leturia, Gurrutxaga, Alegria, et al., 2007).

Gainera, esperimentuen bidez lortutako datuak (hedapenerako kasuak, hizkuntzaren filtro-hitzak, zehaztasuna, estaldura...) euskararentzat etorkizunean egingo diren informazioa bilatzeko tresnetarako oso baliagarriak izango dira. Eta erabili ere erabili dira Elebila[8] euskarazko online bilatzailean (Leturia, Gurrutxaga, Areta, et al., 2007).

6 http://webcorpusak.elhuyar.org/cgi-bin/kontsulta.py?mota=arrunta. Guk hau online jarri eta gutxira, Egungo Testuen Corpusa aurkeztu zen, 200 milioi hitzekoa.

7 http://www.corpeus.org

8 http://www.elebila.eu

## 4. Ondorioak

Artikuluaren sarreran, corpusei dagokienez euskararen egoera txarra azpimarratzen genuen. Gure hipotesia zen Web-as-Corpus planteamendua baliozkoa zela euskarazko corpusen egoeran hobekuntza esanguratsua lortzeko, eta lan hau hipotesi horren zuzentasuna frogatzera eta, aldi berean, euskarazko corpusen egoera hobetzera bideratu da.

Helburu horren bila, lehenbizi bi tresna garatu genituen, bata bilatzaileetan oinarritua eta bestea crawling metodoan, euskarazko corpus orokor handiak lortzeko. Horien bidez, ordura arteko corpusen tamaina 8 aldiz gainditzen zuten corpusak osatu dira, 200 milioi hitzera ailegatuz, eta etorkizunean are handiagoak lortzea espero dugu crawling metodoaren bidez. Corpus horietako bat, 125 milioi hitzekoa (ordura arte bildu genuen handiena), online jarri da kontsulta publikorako Web-Corpusen Atarian.

Ondoren, web zerbitzu bat osatzea lortu genuen (CorpEus) weba euskarazko corpus gisa kontsultatzea ahalbidetzen duena, horrelako beste zerbitzu batzuek euskararekin dituzten arazoak gainditzen zituena. Horretarako, morfologia bidezko galderaren hedapena eta hizkuntza iragazteko hitzen teknikak asmatu, inplementatu eta optimizatu genituen, tresna honetan erabili dena baina baita tesian bilatzaileen bidez corpusak biltzeko garatu diren beste tresna denetan eta euskarazko bilatzaile batean (Elebila) ere.

Areago, goian aipatutako corpusak biltzeko tresnen garapenak eskatu digu corpus garbiketako hainbat tresna garatzea (testuaren ingurukoak garbitzeko (Saralegi eta Leturia, 2007), errepikatuen eta barne-hartzeen detekziorako...), euskarara eta gure beharretara egokituak eta corpus bilketa prozesuaren funtzionamendu optimoan laguntzen dutenak, baina beste lanetan ere erabil daitezkeenak.

Honegatik guztiagatik, ondoriozta dezakegu gure hasierako hipotesia egiaztatu dela, hau da, Web-as-Corpus planteamenduak euskararen corpusen egoeran aldaketa ekar zezakeela, eta aldaketa hori etorri etorri dela hemen deskribatzen den lanarekin. Beste hizkuntza handiagoen egoerarekin ezin dezakegu konparatu euskararena, baina metodologia eta tresna batzuk garatu ditugu dagoena biltzeko eta asko bildu da, euskarazko corpusen kantitatea eta tamaina modu esanguratsuan handituz.

Gainera, tesian eraikitako web-as-corpus eta corpus-bilketa tresnek behar dituzten baliabide eta tresna linguistikoak nahikoa oinarrizkoak direnez (N-grametan oinarritutako hizkuntza detekzioa eta analisi eta sorkuntza morfologikoa, besterik ez), uste dugu euskarazko tresnak eraiki eta corpusak biltzeko aplikatu dugun metodologia euskararenaren antzeko egoeran dauden beste hizkuntza batzuekin ere –hizkuntza gutxitu eta morfologikoki konplexuekin ere– aplika daitekeela beraien egoera ere hobetzeko.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honen barruan, etorkizunean bide hauek landu nahiko genituzke:

- Corpus orokor handiagoak lortu eta publikoaren eskura jarri
- Generoetako corpus espezializatuak lortzeko tresna bat garatzea
- Landutako metodologia eta tresnak beste hizkuntza gutxiagotu batzuentzat egokitu eta probatu

## 6. Erreferentziak

Aduriz, I., Aranzabe, M., Arriola, J. M., Atutxa, A., Diaz de Ilarraza, A., Ezeiza, N., Gojenola, K., Oronoz, M., Soroa, A., & Urizar, R. (2006). Methodology and steps towards the construction of EPEC, a corpus of written Basque tagged at morphological and syntactic levels for the automatic processing. *Corpus Linguistics Around the World*, 56, 1–15.

Aston, G., & Burnard, L. (1998). *The BNC handbook: Exploring the British National Corpus with SARA*, Edinburgh University Press, Edinburgh, U.K.

Baroni, M., Bernardini, S., Ferraresi, A., & Zanchetta, E. (2009). The WaCky Wide Web: A Collection of Very Large Linguistically Processed Web-Crawled Corpora. *Language Resources and Evaluation*, 43, 209–226.

Kilgarriff, A. (2001). Web as corpus. In *Proceedings of Corpus Linguistics 2001*, Lancaster, UK, 342–344.

Kučera, H., & Francis, W. N. (1967). *Computational analysis of present-day American English*, Brown University Press, Providence, USA.

Leturia, I. (2012). Evaluating different methods for automatically collecting large general corpora for Basque from the web. In *Proceedings of the 24th International Conference on Computational Linguistics (COLING)*, Mumbai, India.

Leturia, I. (2014). *The Web as a Corpus of Basque*, Euskal Heriko Unibertsitatea, Donostia.

Leturia, I., Gurrutxaga, A., Alegria, I., & Ezeiza, A. (2007). CorpEus, a «web as corpus» tool designed for the agglutinative nature of Basque. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on the Web As Corpus (WAC)*, Louvain-la-Neuve, Belgium, 69–81.

Leturia, I., Gurrutxaga, A., Areta, N., Alegria, I., & Ezeiza, A. (2007). EusBila, a search service designed for the agglutinative nature of Basque. In *Proceedings of Improving non-English web searching (iNEWS'07) workshop*, Amsterdam, The Netherlands, 47–54.

Leturia, I., Gurrutxaga, A., Areta, N., Alegria, I., & Ezeiza, A. (2013). Morphological query expansion and language-filtering words for improving Basque web retrieval. *Language Resources and Evaluation*, 47(2), 425–448.

Leturia, I., Gurrutxaga, A., Areta, N., & Pociello, E. (2008). Analysis and performance of morphological query expansion and language-filtering words on Basque web searching. In *Proceedings of the 6th International Conference on Language Resources and Evaluations (LREC)*, Marrakech, Morocco.

Pomikálek, J., Jakubícek, M., & Rychlỳ, P. (2012). Building a 70 billion word corpus of English from ClueWeb. In *Proceedings of the 8th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC)*, Istanbul, Turkey, 502–506.

Saralegi, X., & Leturia, I. (2007). Kimatu, a tool for cleaning non-content text parts from html docs. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on the Web As Corpus (WAC)*, Louvain-la-Neuve, Belgium, 163–167.

Sharoff, S. (2006). Creating General-Purpose Corpora Using Automated Search Engine Queries. In M. Baroni & S. Bernardini (arg.), *WaCky! Working Papers on the Web as Corpus*, Gedit Edizioni, Bologna, Italy (or. 63–98).

## 7. Eskerrak eta oharrak

Egileak eskertu nahi du batez ere Elhuyar Fundazioa, bertako I+G sailean garatu baita hemen aipatzen den lan guztia.

EHUko IXA Taldeak ere merezi ditu esker onak, lan honetan parte handia izan baitu aholkulari gisa.

Lan honek hainbat publikazio eman ditu, erreferentzietan aipatzen direnak. Horietan denetan parte hartutako jendea ere eskertu beharrean gaude, denek hartu baitute parte.

Eusko Jaurlaritzako Industria eta Kultura sailei ere eskerrak eman nahi dizkiegu proiektuaren hainbat zatitan eta hainbat urtetan Etortek, Saiotek eta IKT programen barruan emandako diru-laguntzengatik.

Artikulu honetan deskribatzen den lana egilearen doktore-tesia izan da, *The Web as a Corpus of Basque* izenburuduna (Leturia, 2014).

# Lurrikarei buruzko informazioa eskuratzen Twitter bidez.

**Ander Intxaurrondo, Eneko Agirre** eta **Oier Lopez de Lacalle**

Ixa Taldea. Euskal Herriko Unibertsitatea.

**Laburpena**

Lan honetan, mikroblogetatik gertaera konplexuak erauzten dituen sistema bat aurkezten dugu, urruneko gainbegiraketa erabiliz. Denbora errealeko datu iturri hauetako testuak laburrak, sintaxi zaratatsukoak eta anbiguoak dira; baina informazio kantitate handiak topatu ditzakegu. Gure ekarpena lurrikaren domeinuan ebaluatzen dugu, 20 argumentutik gorako gertaerekin. Ezagutza basea eta txio garrantzitsuak dituen datu multzoa publikoki dago eskuragarri, biak ingelesez daude.

**Hitz gakoak:** Hizkuntzaren prozesamentua, gertaeren erauzketa, urruneko gainbegiraketa, ezagutza baseak

**Abstract**

*In this work, we introduce an event extraction approach that extracts complex event templates from microblogs, using distant supervision. These near real-time data source texts are short, ambiguous and contain dirty syntax; but we can find lots of information. We evaluate our contribution on the domain of earthquakes, with events with up to 20 arguments. The dataset containing the knowledge base and relevant tweets is publicly available, both in English.*

**Keywords:** Language processing, event extraction, distant supervision, knowledge bases

## 1 Sarrera eta motibazioa

Twitter baliabide ona bilakatu da denbora errealean gertaera desberdinei buruko datuak lortzeko era azkarrean, informazio erauzketa (IE) ohiko egunkari artikuluak ez diren beste informazio iturrietan aplikatzera motibatuz. Era askotako informazioa eskuratu dezakegu, hala nola artista baten emanaldi bati buruzkoa, hegazkin istripuak, eta abar. Txioek hizkera kolokiala, sintaxi eta diskurtso zaratatsua, eta informazio anbiguoa izateko joera dute; hala ere, informazio kantitate handiak aurki ditzakegu.

Lan honetan gertaera erauzketa (GE) sistema bat garatu dugu. GE sistemak, testuetako gertaerak identifikatzen saiatzen dira, eta testuinguruko elementu desberdinek jokatzen duten rolak identifikatzen saiatzen dira. Aukeratu dugun domeinua lurrikarena da, eta lurrikara bakoitzeko 20 argumentu desberdini buruzko informazioa eskuratzen dugu, automatikoki aukeratutako txio sorta batekin.

Informazio erauzketa sistema onenetako corpusak eskuz etiketatzen dira, oso emaitza onak ematen dituzte, baina etiketatze prozesu honen kostua oso garestia da. Lan honetan, eskuzko etiketazioaren kostu garestia alde batera uzten dugu, eta entrenamenduko corpusak automatikoki eskuratzeko algoritmo bat erabili: urruneko gainbegiraketa (UG).

Lan honetarako egindako ekarpenak ondorengoak dira:

1. Hau da urruneko gainbegiraketaren bidez mikroblogetatik argumentu askotako gertaera konplexuak erauzten dituen lehen lana.
2. Lurrikarei buruzko ezagutza base bat jarri dugu publikoki eskuragarri, baita lurrikara bakoitzari dagozkion txioak ere. Txioak eta ezagutza basea ingelesez daude.

Hasteko, lan honetan ezagutza baseak eta urruneko gainbegiraketa zer diren azalduko dugu. Jarraian lurrikarei buruzko ezagutza basea nola sortu dugun azaldu, eta lurrikara bakoitzari buruzko txioak nola eskuratu ditugun komentatuko dugu. Ondoren esperimentuak eta emaitzak erakutsiko ditugu. Amaitzeko, lan honi buruzko ondorioak eta etorkizuneko lanak aurkeztuko ditugu.

1 Irudia: Bi infotaulen adibideak.

(a) Bernardo Atxagaren infotaula.

| Datu pertsonalak | |
|---|---|
| **Izen osoa** | Jose Irazu Garmendia |
| **Ezizena** | *Bernardo Atxaga* |
| **Jaio** | 1951ko uztailaren 27a<br>Asteasu, Gipuzkoa (Euskal Herria) |
| **Bikotekidea(k)** | Asun Garikano |
| **Webgunea** | http://www.atxaga.org/ |

(b) Lurrikara baten infotaula.

| | |
|---|---|
| **Date** | 15:40 PDT, April 4, 2010 |
| **Duration** | 89 seconds |
| **Magnitude** | 7.2 $M_w$ |
| **Depth** | 10 kilometers (6 mi) |
| **Epicenter** | 32.128°N 115.303°W |
| **Countries or regions** | Mexico<br>United States |
| **Max. intensity** | IX[1] |
| **Tsunami** | No |
| **Landslides** | Yes |
| **Aftershocks** | Yes |
| **Casualties** | 4 killed, at least 100 injured in the vicinity of Mexicali.[2] |

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

**Ezagutza base** bat (EB) ezagutza kudeatzeko datu base berezi bat da. Ezagutzaren bilketa, antolaketa eta berreskurapena konputazionalki egiteko baliabideak hornitzen ditu. Azken urteetan informazio erauzketan eta lengoaia naturalaren prozesamenduan geroz eta gehiago erabiltzen dira. Gehien erabiltzen direnak DBpedia[1] eta Freebase[2] dira.

Ezagutza baseak hainbat kontzeptu eta entitateren multzoak dira, eta entitate hauei buruzko informazioa era eskematikoan eta ulergarrian irudikatzen dute. Entitate bakoitzak erlazio batzuk ditu, erlazio bakoitzak izen bat jasotzen du eta beste entitate, kontzeptu edo balio batekin erlazionatuta dago. Ezagutza baseetan aurki ditzakegun entitateak pertsonak, erakundeak, lekuak, denbora adierazpenak eta beste hainbat motatakoak izan daitezke, bai entitate nagusia, baita erlazioan parte hartzen duen bigarren entitatea ere.

Wikipediako infotaulak oso baliagarriak dira ezagutza baseak sortzeko. Infotaulak Wikipediako artikulu baten eskubialdean aurki ditzakegu, artikuluko informazioaren laburpen bat emanez. 1a irudian Wikipediako Bernardo Atxaga idazlearen artikuluko[3] infotaula dugu, bertatik ondorengo erlazioak eskuratu ditzakegu, besteak beste:

- Bernardo Atxaga - *jaioteguna* - 1951ko uztailaren 27a
- Bernardo Atxaga - *jaioterria* - Asteasu
- Bernardo Atxaga - *izen_osoa* - Jose Irazu Garmendia

**Urruneko gainbegiraketa** (UG) (Mintz *et al.*, 2009) lanean erlazio erauzketarako proposatutako paradigma bat da. Hurbilketa honek automatikoki etiketatzen ditu corpusak. UGren motibazio nagusia eskuzko lanak sahiestea da, hala nola corpusen eskuzko etiketatzea.

UGren arabera, ezagutza base batek bi elementuren artean erlazio bat dagoela zehazten badu, eta bi elementu hauek esaldi berean agertzen badira, esaldi horrek erlazio hori adieraziko du nola edo hala.

Corpus batetik Bernardo Atxagari buruzko esaldiak berreskuratu ondoren, esaldi hauetan dauden entitate desberdinak detektatu behar ditugu. 1 taulan Bernardo Atxagari buruzko esaldi desberdinak ditugu, aurretik aipatutako erlazioak adieraziz.

Urruneko gainbegiraketa ia ez da erabili gertaerei buruzko informazioa erauzteko. (Benson *et al.*, 2011) da GE eta UG batu dituen lehen lana, Twitterreko txioak erabiliz. Esperimentu hauetan, astista des-

[1] `http://dbpedia.org/About` . Euskaraz `http://eu.dbpedia.org/index.php?title=Azala`
[2] `https://www.freebase.com/`
[3] `http://eu.wikipedia.org/wiki/Bernardo_Atxaga`

1 Taula: Bernardo Atxagari buruzko esaldi desberdinak, eskuineko zutabeak idazlea eta letra lodiz jarritako elementuen arteko erlazioa adierazten du.

| **Esaldia** | **Erlazioa** |
|---|---|
| **Bernardo Atxaga 1951ko uztailaren 27an** jaio zen Asteasu herrian. | *jaioteguna* |
| **Bernardo Atxaga**, **1951eko uztailaren 27an** jaioa, idazle ospetsu bat da. | *jaioteguna* |
| **Bernardo Atxaga** 1951ko uztailaren 27an jaio zen **Asteasu** herrian. | *jaioterria* |
| **Asteasu** da **Bernardo Atxaga** jaio zen herria. | *jaioterria* |
| **Bernardo Atxaga** izengoitiz, agiri ofizialetako izen deiturez **Jose Irazu Garmendia** (...) | *izen_osoa* |
| **Bernardo Atxaga** da **Jose Irazu Garmendiaren** goitizena. | *izen_osoa* |

berdinek New York hirian egindako emanaldiei buruzko informazioa lortzen saiatzen dira, baina bakarrik emanaldi bat non egin duten jakin nahi dute, emanaldiari buruzko informazio sakonagoa (ordua, ikusle kopurua,...) alde batera utzita. Gure gertaera erauzketa esperimentuetan berriz, lurrikarei buruzko informazio asko erauzten dugu.

(Reschke *et al.*, 2014) lanean ere UG erabiltzen dute gertaerak erauzteko. Lan honetan, hegazkin istripuei buruzko hainbat informazio erauzten dute: eguna, istripu mota, istripua gertatu den lekua, hegaldi zenbakia, hildakoak eta abar. Gure lana eta hau oso parekoak dira, baina beraiek berri agentzien dokumentuak aztertuz eskuratzen dute informazio hori, guk ordea, Twitter erabiltzen dugu.

UG gertaera erauzketan aplikatzeko, aurretik testuetako gertaerak identifikatzea komeni da. UGren algoritmoa ezin dugu zuzenean aplikatu GErako, gertaeraren izena ez delako esaldietan esplizituki aipatzen. UG gertaeren erauzketara moldatzeko, ondorengo heuristikoa proposatzen dugu: esaldi bat gertaera konkretu bati buruzkoa bada, esaldian dagoen aipamen batek batek ezagutza baseko argumentu baten balio berdina badu, aipamen horrek argumentu mota hori adieraziko du nola edo hala.

## 3 Ikerketaren muina

Atal honetan, lurrikarei buruzko EBa nola sortu dugun azalduko dugu, txioak eskuratzeko jarraitutako irizpideekin batera. Sistemak txio bakoitza nola prozesatu duen azalduko dugu, eta amaitzeko emaitzak erakutsi.

### 3.1 Lurrikarei buruzko ezagutza basearen sorkuntza

Lan honetarako, ingelesezko Wikipediako infotauletan oinarritutako ezagutza base bat sortu dugu. Ezagutza base honetan 2009ko hasiera eta 2013ko uztailaren arteko lurrikarak aurki ditzakegu. EB honetan, lurrikarari buruzko hainbat informazio dago bilduta, hala nola eguna, lekua, magnitudea eta abar. Guztira 108 lurrikara desberdinei buruzko informazioa bildu dugu.

1b irudian, ingeleseko Wikipediako infotaula bat dugu. Infotaula hau Mexikoko Baja Californian[4] gertatutako lurrikara batena da.

Ezagutza basea 20 argumentu desberdinez osatuta dago. 2 taulak argumentu horiek biltzen ditu, argumentu bakoitzaren datu mota zein den adieraziz, honen esanahia euskaraz, eta aurretik adibide bezala erabili dugun lurrikararen datuekin. Argumentu motak ondorengoak dira: $E$ eguna, $D$ denbora, $L$ lekua, $Z$ zenbakizkoa eta $B$ boolearra (bai ala ez). Asteriskoa (*) duten argumentuek balio bat baino gehiago onartzen dute. 4. zutabeak argumentu bakoitzeko zenbat informazio dugun ezagutza basean adierazten du; ikus dezakegunez, lurrikara guztiek dute eguna, ordua, estatua, magnitudea eta koordenatu geografikoei buruzko informazioa; aurrelurrikarak, iraupena, desagertu kopurua eta beste argumentu batzuei buruzko informazioa 10 lurrikara baino gutxiagotan aurki dezakegu. Azken zutabea hurrengo azpiatalean azalduko dugu.

[4] `http://en.wikipedia.org/wiki/2010_Baja_California_earthquake`

2 Taula: Lurrikarei buruzko ezagutza basearen argumentuak, hauen esanahia euskaraz, argumentu motak, adibide bat, argumentu bakoitzaren balio kopurua EBan, eta urruneko gainbegiraketaren bidez zenbat aldiz etiketatu dugun argumentu bakoitza datu multzoan.

| **Argumentua** | **Euskaraz** | **Mota** | **Adibidea** | **# EB** | **# UG** |
|---|---|---|---|---|---|
| date | Eguna | E | 2010-4-4 | 108 | 291 |
| time | Ordua | D | T22:40:00 | 108 | 378 |
| country | Estatua | L | Mexico | 108 | 6294 |
| region | Herrialdea | L | Baja California | 77 | 2598 |
| city | Hiria | L | - | 77 | 1426 |
| latitude | Latitudea | Z | 32.128 | 108 | 2 |
| longitude | Longitudea | Z | -115.303 | 108 | 4 |
| dead | Hilkakoak | Z | 4 | 71 | 143 |
| injured | Zaurituak | Z | 100 | 39 | 22 |
| missing | Desagertuak | Z | - | 8 | - |
| magnitude | Magnitudea | Z | 7.2 | 108 | 933 |
| depth (km) | Sakonera (km) | Z | 10 | 99 | 27 |
| affected-country(*) | Estatu kaltetua | L | United States | 37 | 436 |
| affected-region(*) | Herrialde kaltetua | L | - | 4 | - |
| landslides | Lubiziak | B | yes | 8 | 7 |
| tsunami | Tsunamiak | B | - | 10 | 408 |
| aftershocks | Erreplikak | Z | - | 20 | 5 |
| foreshocks | Aurrelurrikarak | Z | - | 3 | 6 |
| duration | Iraupena | D | 00:01:29 | 7 | - |
| peak-acceleration | Azelerazio sismikoa | Z | - | 8 | - |
| | | | **Guztira** | **1116** | **13562** |

### 3.2 Txioak Twitterretik eskuratzen

Lurrikarei buruzko txioak eskuratzeko, Topsy Labs[5] enpresaren baliabideak[6] erabili ditugu. Enpresa hau baliabide sozialen edukien bilaketa eta analisira jarduten da.

Lurrikara bakoitzeko bilaketak egitean, *earthquake* hitz gakoa erabili dugu, ezagutza basean agertzen zen kokapenarekin (hiriak, herrialdeak eta estatuak) batera zehaztuz. Lurrikara gertatu baino egun bat lehenago eta hortik 7 egun geroago idatzitako txioak eskuratzen ditugu bakarrik.

Lurrikara gertatu baino egun bat lehenagoko tweetak eskuratzeak arrazoi bat dauka: ordu eremuak[7]. Txioak ez daude geolokalizatuta, kontuan hartu behar da txiolariak ez direla profesionalak eta txiokatzean lurrikara gertatutako unea aipatzeko beren bizilekuko ordua erabiltzen dutela denbora estandarraren ordez.

Lortutako txio asko lurrikaren erreplikei buruzkoak dira. Erreplikak lurrikara nagusiaren ondoren gertatutako beste lurrikara batzuk dira, hauek epizentrotik gertu daude eta normalean nagusiak baino magnitude txikiagoa dute. Erreplikak direla eta, txioetako informazioan eta EBko informazioan kontraesanak egongo dira, sistemaren ikasketa prozesua nahastuz eta ebaluatzean emaitza okerrak itzuliz.

#### 3.2.1 Erreplikak antzematen

Erreplikak gertaera desberdin bezala tratatu ditugu, eta ezagutza basean zeuden lurrikarei buruzko txioak bakarrik edukitzearren, metodo oldarkor bat aplikatu dugu erreplikei buruzko txioak baztertzeko. Heuristiko hau aplikatzeko, txioak kronologikoki ordenatu ditugu. Heuristiko hau txio desberdinetan aipatzen diren denbora adierazpenetan oinarritzen da:

[5] `http://topsy.com`
[6] `http://api.topsy.com/doc`
[7] `http://eu.wikipedia.org/wiki/Ordu-eremu`

1. Txioetan lurrikara bakoitzeko lortutako lehen denbora adierazpena gordetzen dugu. *ordua:minutua* patroia erabili da denbora adierazpen hauek antzemateko. Segunduak ez ditugu kontuan hartzen.
2. Geroagoko txio batean agertzen den denbora adierazpena lehenengoarekiko desberdina bada, bai ordua bai minutua, txio hau erreplika bati buruz ari dela ulertzen dugu. Txio hau eta ondoren datozen beste guztiak kentzen ditugu, hemendik aurrera jasoko ditugun txioak erreplika horri edo beste batzuei buruzkoak izango direlakoan. Ordua lurrikara nagusiko orduarekiko desberdina bada baina minutua berdina, orduan lurrikara nagusitzat hartzen dugu txio hau, denbora eremu desberdin batean dagoen pertsona batek txiokatu duelakoan.

Bukaerako datu multzoak 108 lurrikara desberdin ditu eta guztira 7841 txio desberdin. Batazbesteko 72 txio ditugu lurrikara bakoitzeko, gehienez 654 txio eta gutxienez 2 edukiz. 19 lurrikarek 10 txio baino gutxiago dituzte.

### 3.3 Aipamenen etiketatzea txioetan

Urruneko gainbegiraketaren algoritmoa aplikatuz, lurrikara bakoitzaren txioak bildu eta EBko argumenturen baten balioarekin bat egiten duten aipamenak etiketatu ditugu. Adibide bezala, Baja Californiako lurrikarari buruzko txio bat hartuko dugu:

- Update : Earthquake in Baja California, Mexico upgraded to 7.2 magnitude, from 6.9 - USGS
  *(Eguneraketa: Baja California, Mexikoko lurrikararen magnitudea 6.9tik 7.2ra eguneratuta - USGS)*

Ezagutza basea aztertu ondoren (2 taula), honela etiketatzen da urruneko gainbegiraketaren bidez:

- Update : Earthquake in <region>Baja California< /region> , <country>Mexico< /country> upgraded to <magnitude>7.2< /magnitude> magnitude , from 6.9 - USGS

Guztira 13562 aipamen etiketatu ditu UG sistemak. 2 taularen azken zutabean aurki dezakegu argumentu bakoitza zenbat aldiz etiketatu den txioen datu multzoan.

### 3.4 Argumentuen kategorizazioa ikasketa automatikoarekin

Gure sistemak, nolabait esateko, *burmuin* bat dauka integratuta, **sailkatzaile** deiturikoa. Sailkatzailearen bidez informazioa kudeatzeko teknikari **ikasketa automatikoa** deitzen zaio. Ikasketa automatikoa bi fasetan dago banatuta:

- **Entrenamendu fasea:** sailkatzailearen eginbeharra etiketatutako txio guztien egitura ikastea da, txioetako elementuen ezaugarri linguistikoak aztertuz, informazio horren eredu bat sortzeko.
- **Iragarpen fasea:** sailkatzaileak beste lurrikara batzuei buruzko txioak jasotzen ditu, etiketatu gabe. Honek ikasitakoa praktikan jarri eta txioetatik informazio garrantzitsua eskuratzen du.

Sailkatzailea entrenatzeko, txio bakoitzaren ezaugarri linguistikoak behar ditugu, sailkatzaileak hauetatik ikas dezan. Horretarako, txioak tokenizatu ditugu, beste era batera esanda, hitzen banaketa bat egin, eta hitz bakoitzaren lema, kategoria gramatikala eta entitate izen mota eskuratu. Ezaugarri linguistikoen sorkuntza Stanfordeko CoreNLP tresnaren[8] bidez egin dugu.

3 taulak aurretik jarri dugun txioaren ezaugarriak irudikatzen ditu, lehenengo zutabeak txioko hitza adierazten du, eta beste zutabeetan hitz bakoitzaren lema, kategoria gramatikala, entitate izen mota eta kategoria ageri dira. Kategoria ezagutza baseko argumentua da.

Ikasketa automatikorako hainbat sailkatzaile desberdin aurki ditzakegu. Bakoitzak ikasketarako bere teknika dauka. Gure esperimentuetarako erabilitako sailkatzailea "Baldintzazko hausazko eremua" da (BHE, ingelesez, *Conditional Random Field*[9]). Sailkatzaile hau etiketatze sekuentzialean oinarritzen da, eta hitz bakoitzaren inguruko hitzak aztertzen ditu datu multzoa entrenatzean, baita hitz baten etiketa iragartzean ere. Aukeratutako BHE sailkatzailea Stanfordeko CoreNLP tresnarena da.

[8] `http://nlp.stanford.edu/software/corenlp.shtml`
[9] Wikipedian: `http://en.wikipedia.org/wiki/Conditional_random_field`

3 Taula: Txio baten aurreprozesaketa. Erabilitako txioa taularen gainean dago. Txioan hitzak banandu dira eta bakoitzarentzat bere lema, kategoria gramatikala eta entitate izen motaren balioak lortu. Azken zutabean, hitzari dagokion kategoria dago, urruneko gainbegiraketaren bidez sistemak etiketatutakoa.

Update : Earthquake in <region>Baja California</region> , <country>Mexico</country> upgraded to <magnitude>7.2</magnitude> magnitude , from 6.9 - USGS

| **Hitza** | **Lema** | **Kat. gram.** | **Entitate izena** | **Kategoria** |
|---|---|---|---|---|
| Update | Update | NNP | O | O |
| : | : | : | O | O |
| Earthquake | earthquake | NN | O | O |
| in | in | IN | O | O |
| Baja | Baja | NNP | LOCATION | region |
| California | California | NNP | LOCATION | region |
| , | , | , | O | O |
| Mexico | Mexico | NNP | LOCATION | country |
| upgraded | upgrade | VBN | O | O |
| to | to | TO | O | O |
| 7.2 | 7.2 | CD | NUMBER | magnitude |
| magnitude | magnitude | NN | O | O |
| , | , | , | O | O |
| from | from | IN | O | O |
| 6.9 | 6.9 | CD | NUMBER | O |
| - | - | : | O | O |
| USGS | usg | NN | ORGANIZATION | O |

Sailkatzailea Txinako lurrikara bati buruzko adibide honetatik ahalik eta informazio gehien lortzen saiatzen da:

- Earthquake in western China kills more than 60 - The 7.1 quake struck around 33 km below the surface in Yushu county ... `http://ow.ly/173YIJ`
  *(Txinako mendebaldeko lurrikarak 60 pertsona baino gehiago hil ditu - 7.1eko dardara gainazaletik 33 km-ko sakoneran talka Yushu udalerrian ...* `http://ow.ly/173YIJ` *)*

Txio honen ezaugarri linguistikoak aztertu ondoren, gai izan beharko litzateke ondorengo informazioa eraUzteko:

| **Argumentua** | **Estatua** | **Herrialdea** | **Hildakoak** | **Magnitudea** | **Sakonera** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Balioa** | Txina | Yushu | 60 baino gehiago | 7.1 | 33 km |

Sailkatzaleak lurrikara konkretu baten txio berri guztiak aztertu ondoren, argumentu bakoitzarentzat iragarpen desberdinak egiten ditu, baina argumentu gehienek balio bakarra onartzen da. Iragarpen egokiena aukeratzeko, *NoisyOR* metodoa erabili dugu. *NoisyOr* egokia da kategorizaziorako, ereduen konfidantza (zenbat eta probabilitate altuagoa, orduan eta puntuazio altuagoa) eta jarioa (zenbat eta aipamen gehiago etiketa baterako iragarri, orduan eta altuagoa izango da etiketaren puntuazioa) ondo orekatzen dituelako:

$$NoisyOr(a, i) = 1 - \prod_{p \in P} (1 - p) \tag{1}$$

$a$ argumentuaren izena da eta $i$ argumentuaren iragarpen potentziala. Txio bakoitzean, sailkatzaileak iragarpen probabilitate bat ($p$) ematen dio hitz bakoitzari argumentu bakoitzeko. $P$ aldagaiak iragarpen probabilitate guztiak multzokatzen ditu, $a$ argumenturako. Formula hau (Surdeanu *et al.*, 2012) lanetik hartu dugu.

4 Taula: Ebaluazioaren emaitzak.

| Sistema | Doitasuna | Estaldura | F1 neurria |
|---|---|---|---|
| **UG** | 50.60 | 17.79 | 24.07 |
| **Eskuzkoa** | 47.65 | 26.69 | 34.21 |

### 3.5 Emaitzak

Entrenamendurako, ezagutza baseko lurrikaren %75a erabili dugu, gainentzekoa ebaluaziorako.

Gure sistemaren emaitzak ebaluatzeko erabili ditugun ebaluazio metrikak doitasuna, estaldura, eta F1 neurria dira.

**Doitasunak** sistemak itzulitako emaitza zuzenen kopurua itzulitako guztiekin konparatzen du:

$$Doitasuna = \frac{\#(Emaitza_zuzenak)}{\#(Sistemak_itzulitako_emaitzak)} \tag{2}$$

**Estaldurak** sistemak itzulitako emaitza zuzenen kopurua EBan dauden balio guztiekin konparatzen du:

$$Estaldura = \frac{\#(Emaitza_zuzenak)}{\#(Asmatu_behar_direnak)} \tag{3}$$

Eta **F1 neurria** doitasuna eta estalduraren arteko batazbesteko harmonikoa da:

$$F1Neurria = 2 * \frac{doitasuna * estaldura}{doitasuna + estaldura} \tag{4}$$

Gure sistemaren eraginkortasuna ondo neurtzeko, txio guztiak eskuz etiketatu ditugu, eta ikasketa automatikoa aplikatu, aurretik aipatu dugun metodologia erabiliz. Eskuzko etiketatzearen bidez, gure sistemak lortuko lukeen emaitza onena kalkulatu dezakegu, eta UG sistemak lortutakoarekin konparatu.

4 taulan ikus ditzakegu UG algoritmoaren eta eskuzko etiketatzearen ebaluazioen emaitzak. Gure sistemak estaldura txikiagoa dauka, baina eskuzkoak baino doitasun hobea. F1 neurritik ez gaude urruti.

Ikusten den bezala, urruneko gainbegiraketak potentzial handia dauka gertaeren erauzketarako. Mikroblogak erabiltzea informazioa lortzeko eraginkorra dela frogatu dugu ere.

## 4 Ondorioak

Artikulu honetan Twitterreko txioetatik lurrikarei buruzko informazioa eskuratzeko sistema bat aurkeztu dugu. Horretarako, urruneko gainbegiraketaren (UG) algoritmoa gertaera erauzketarako moldatu dugu. UG algoritmoak corpusak automatikoki etiketatzen ditu, eskuzko lan garestia ekidituz. Lan honetan frogatzen dugu posible dela UG gertaera erauzketarako ere aplikatzea. Esperimentuetarako aukeratutako domeinua lurrikarena da.

Lan honetan mikroblogetatik gertaerei buruzko informazioa eskuratzea posible dela frogatzen dugu, gertaera erauzketan hauen potentziala argi utziz, nahiz eta hauek hizkera kolokiala, sintaxi zaratatsua eta informazio anbiguoa eduki.

Gure esperimentuetarako lurrikarei buruzko ezagutza base bat sortu dugu. Horrez gain, ezagutza basean dauden lurrikara desberdinei buruzko txioak eskuratu ditugu Twitterretik, gure esperimentuetan erabiltzeko. Ezagutza basea eta txioen datu multzoa publikoki eskuragarri daude [10].

Gure sistemaren eraginkortasuna neurtzeko, eta lortuko lukeen emaitza maximoa jakiteko, txioak eskuz etiketatu genituen. Txio hauen entrenamenduak UGrekin erabilitako txioen urrats berdinak jarraitzen ditu. Guk lortutako emaitzak eskuzkoaren emaitzetatik gertu daude, UG algoritmoak mikroblogetatik gertaerak eraztzeko duen gaitasuna frogatuz.

[10] `https://ixa.si.ehu.es/Ixa/Argitalpenak/Artikuluak/1427727946/publikoak/earthquake-kb-dataset.zip`

## 5 Etorkizuneko lanak

Txioak eskuz etiketatzean, hauetan aurki ditzakegun datuak oso dinamikoak direla konturatu gara. Horrez gain, sistemak iragarritako balio asko ezagutza basekoen oso hurbilak zirela ere. Txioetako informazioa EBkoekiko antzekoa denean, hauek ere etiketatzen egingo ditugu esperimentuak, emaitzak hobetzeko. Ebaluazioan antzeko balioak partzialki ontzat hartzea ere lan polita litzakete.

Sarreran aipatu bezala, txioetan topatu dezakegun informazioa oso anbiguoa da. Anbiguotasun horri aurre egiteko asmoa dugu, lurrikara bereko txioen artean hauen testuingurua elkarbanatuz.

Lan honetan esperimentuak domeinu bakar baterako bakarrik egin ditugu, eta komeni zaigu beste domeinutan frogak egitea. (Reschke *et al.*, 2014) lanerako, hegazkin istripuei buruzko ezagutza base bat sortu zuten; EB hau aprobetxatu dezakegu Twitterretik istripu hauei buruzko txio desberdinak eskuratu eta gure esperimentuak errepikatzeko.

Amaitzeko, Interesgarria litzateke gure sistema moldatzea informazioa Twitterretik denbora errealean eskuratzeko.

## Erreferentziak

Benson, Edward, Aria Haghighi, eta Regina Barzilay. 2011. Event discovery in social media feeds. In *Proceedings of the Conference of the Association for Computational Linguistics (ACL)*.

Intxaurrondo, Ander, 2015. *Ezagutza baseen aberasketa urruneko gainbegiraketaren bidez: analisiak eta hobekuntzak*. Euskal Herriko Unibertsitatea tesia.

Mintz, Mike, Steven Bills, Rion Snow, eta Daniel Jurafsky. 2009. Distant supervision for relation extraction without labeled data. In *Proceedings of the 47th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*.

Reschke, Kevin, Martin Jankowiak, Mihai Surdeanu, Christopher D. Manning, eta Daniel Jurafsky. 2014. Event extraction using distant supervision. In *Proceedings of LREC*.

Surdeanu, Mihai, Julie Tibshirani, Ramesh Nallapati, eta Christopher D. Manning. 2012. Multi-instance multi-label learning for relation extraction. In *Proceedings of the 2012 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Natural Language Learning (EMNLP-CoNLL)*.

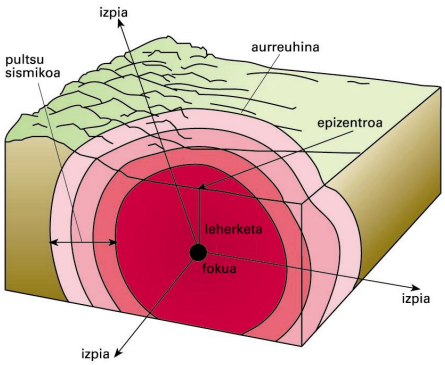
## 6 Eskerrak eta oharrak

Arizonako Unibertsitateko Mihai Surdeanu ikerlariari eskerrak eman nahi dizkiogu, lan honetan eman digun laguntzagatik.

Esker instituzionalak Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerketa Sailari, ikerketa lan hau egiteko emandako ikertzaileak prestatzeko bekarengatik.

Lan hau egile nagusiaren tesiaren eratorria da (Intxaurrondo, 2015).

Irudiaren iturria: `http://zthiztegiberria.elhuyar.org/artikuluak/Lurrikara`



# Testu kopuru handiak prozesatzeko *big data* teknikak

**Beloki Z.** eta **Artola X.** eta **Soroa A.**

IXA Taldea
Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)
Donostia, Euskal Herria.

**Laburpena**

Eskura dauzkagun datu kopuru erraldoiak prozesatzeko, zaharkituta gelditu dira XXI. mendearen hasieran erabiltzen ziren prozesaketa-teknikak eta algoritmoak. Gaur egun sistema banatuak erabiltzen dira, prozesaketa makina batean baino gehiagotan eginez. Gauza berbera gertatzen da hizkuntzaren prozesamenduan ere. Corpusak edo testu-bilduma handiak prozesatzeko, makina bat baino gehiagoko inguruneak beharrezkoak bihurtu dira dagoeneko. Lan honetan, testu-dokumentu kopuru handiak ingurune banatuetan prozesatzeko teknikak aztertuko ditugu. Horretarako, makina birtualetan oinarritutako sistema bat eraiki dugu, Storm konputazio banatuko frameworka erabiliz. Esperimentu batzuk ere aurkeztu ditugu, eta hainbat ezarpenekin lortutako errendimenduaren hobekuntzak.

**Hitz gakoak:** Big data, hizkuntzaren prozesamendua, sistema banatuak

**Abstract**

*Processing techniques and algorithms used at the beginning of the 21th century to process massive data sets have become obsolete. Nowadays, distributed systems are used to performing the processing in several computers simultaneously. In the Natural Language Processing field, clusters of several computers are already necessary to process large quantities of text. In this work we analyze an architecture to perform distributed processing of text. The architecture relies on virtual machines and is based on the Storm distributed processing framework. We describe some experiments and show the performance gain obtained in diverse settings.*

**Keywords:** Big data, natural language processing, distributed systems

## 1 Sarrera eta motibazioa

Egunetik egunera horrenbeste informazio berri sortzen den garai hauetan, ezinezkoa da gizakiak, makinen laguntzarik gabe, informazio hori guztia prozesatzea. Lanbide eta arlo askotan beharrezkoa ere bada, ordea, munduan gertatzen denaz jabetu eta gai desberdinen inguruan egunean mantentzea. Informazioa eskuratzea geroz eta errazagoa da. Zailena, eskura daukagun informazio horri etekina ateratzea da.

XX. mendean aurrerapen handiak egin ziren arlo horretan, ordenagailuen gizarteratzeak informazioa automatikoki prozesatzea ahalbidetu baitzuen. Horrela, datu kopuru handiak programa baten bidez prozesatu eta emaitza gizakiak errazago ulertzeko moduko formatu batean jaso zitekeen. Horren aplikazioak, datuen kalkulu estatistikoak egitetik, gertakizunen portaera edo patroiak erauzteraino zabaltzen ziren.

Azken urteetan esponentzialki hazi da munduan zehar dabilen informazio kopurua; Interneti esker, batik bat. Eta ez da informazioa eskuratzea erraztu zaigulako soilik, sortzen den informazio eta datu kopurua bera ere asko hazi baita. Sare sozialak dira horren adibide, bertan publikatzen den guztia informazio oso baliagarria baita erakunde edo enpresa askorentzat. XXI. mendean esparru berri bat sortu da informatikaren barruan, informazio kopuru handiei etekina ateratzean datzana. *Big data* deritzogu kontzeptu berri honi. Esate baterako, sare sozialetan idazten diren mezu multzo erraldoiak prozesatuz,

gaixotasunen agerraldiak antzeman daitezke, jendeak, bere mezuetan, nabari dituen sintomak aipatzen dituen neurrian.

Azkeneko hamarkadan aurrerapauso handiak eman dira arlo honetan. Asko garatu dira informazio kopuru handiak prozesatzeko teknikak. Zeregin honetan bete-betean sartuta daude mundu osoko hainbat ikerkuntza talde, herrialdeetako gobernu asko eta IBM, Google, Microsoft eta Amazon bezalako enpresa erraldoiak ere. Diru asko inbertitzen ari dira, beraz, *big data*ko algoritmo eta baliabideen ikerkuntzan.

Hizkuntzaren prozesamenduaren (HP) arloan ere gaurkotasun handiko gaia da *big data*ren kontzeptua. HPn testuak prozesatzen dira, informazio linguistikoaz baliatuz hainbat aplikazio lortzeko. Itzultzaile automatikoena da HParen aplikazio garrantzitsuenetako bat. Testu bat automatikoki hizkuntza batetik bestera itzultzen da, gizakiaren parte-hartzerik gabe. Beste aplikazio bat galdera-erantzun sistemena da, eta, hauetan, sistemak, erabiltzaile batek idatzitako galderei erantzuten die automatikoki. Euskal Herrian bertan ere, bertsoak automatikoki sortu eta botako dituen robot bertsolari bat sortzeko lanean ari dira (Astigarraga *et al.*, 2013). Aplikazio horiek gauzatzeko, ordea, gehienetan beharrezkoa izaten da corpusen erabilera. Corpusak testu-bilduma erraldoiak dira. Adibide gisa ZT corpusa [1] daukagu, zientzia eta teknologiaren alorreko euskarazko testu-bilduma. Baita Lexikoaren Behatokia corpusa [2] ere, hainbat euskal komunikabidetako artikuluekin osatutako bilduma. Corpus bat HP tresnekin prozesatzean, testuaren gaineko analisi linguistikoak lortzen dira, lehen aipatutakoak bezalako aplikazioak garatzeko beharrezkoak. Esaterako, morfosintaxi-analisi batek, besteak beste, hitz baten kategoria zein den esaten du, hau da, izena den, aditza, determinatzailea edo beste zerbait. Lematizazio-analisi batek, bestalde, hitz baten lema zein den definituko du. Lema hitz baten hiztegi-forma da. Adibidez, "etorriko" hitzaren lema "etorri" da, eta "politarekin" hitzarena "polit". Aipatutakoez gain, analisi sintaktikoa, sentimentuen analisia, rol semantikoena eta beste hainbat motatakoak ere egiten dira. Laburbilduz, corpus bat HP tresnekin prozesatzean, testu zati bakoitzaren gaineko anotazio konplexuekin osatutako testu-bilduma erraldoi bat lortzen dugu. Informazio hori lehen aipatutako itzulpen automatikoaren eta antzeko beste sistema askoren oinarria izango da.

*Big data* kontzeptura itzuliz, corpusak gero eta handiagoak diren honetan, beharrezkoa bihurtzen ari da corpus osoak prozesatu ahal izateko teknika berriak diseinatzea. Esate baterako, NewsReader (Agerri *et al.*, 2014a) proiektuan, egunean ehunka mila dokumentu prozesatzea aurreikusten da. Kontuan hartuz dokumentu bakoitza hamabost HP tresnak prozesatu behar dutela, eta dokumentu bakoitza prozesatzeak bost minututik gora hartzen dituela, urtebete inguru beharko litzateke sistema arrunt batekin 100.000 dokumentu prozesatzeko.

*Big data*n erabiliena den eredua prozesua zati txikitan zatitu eta hainbat makinatan banatuta exekutatzean datza. Hau da, prozesatu beharreko informazio kopurua handiegia denez ordenagailu bakar batean exekutatzeko, oso azkarra den ordenagailu bat bilatu ordez, arruntak eta merkeak diren ordenagailu (nodo) askoz osatutako sistema (cluster) bat lortzea izaten da helburua. Horrela, prozesu bat zatitu eta clusterreko nodoetan zehar banatuta paraleloan exekutatzeko gai diren algoritmoak ditugu aztergai. Sistema horiei sistema banatuak deritze, prozesaketa nodoetan banatuta egiten baita. Hauen ezaugarri garrantzitsuenetako bat eskalagarritasun horizontala da. Eskalagarria izateko, sisteman zenbat eta ordenagailu gehiago txertatu, eraginkortasunak ere proportzionalki igo behar du.

## 2 Arloaren egoera eta ikerketaren helburuak

Datu kopuru masiboen prozesaketa modu eraginkorrean eta eskalagarrian egitea HPn gaurkotasun handia daukan erronka da. Prozesatzen diren testuak, askotan, web-orriak edo egunkarietako artikuluak bezalako datu ez-egituratu moduan egon ohi direnez, dokumentu arteko korreferentzia (Mayfield *et al.*, 2009) edota gertakarien detekzioa (Ritter *et al.*, 2012) bezalako atazetan, maiz, milioika dokumentu prozesatu behar izaten dira denbora mugatuan. Adibidez, Singh *et al.* (2011) autoreek azken 20 urteetako berrien artikuluez osatutako corpus bat prozesatu dute. McCreadie *et al.* (2013) autoreek segundoko ehunka mila txio prozesatzeko ahalmena daukan gertaeren detekzioa egiteko framework banatu bat aurkeztu zuten. HPko algoritmoak testu kopuru handiekin exekutatzeko proposamen bat ere aurkeztu zuten Goyal *et al.* (2009) autoreek.

[1] `http://www.ztcorpusa.net/aurkezpena.htm`
[2] `http://lexikoarenbehatokia.euskaltzaindia.net/aurkezpena.htm`

Yu eta Chen autoreek (2013) informazio semantikoaren prozesaketa banatua lainoan egitearen arteaen egoera aztertzen dute. Bertan aipatzen duten bezala, makina birtualak (MB) erabiltzen dira, askotan, horrelako zereginetarako. MBen erabilera nahiko zabala da prozesaketa banatua burutzeko, batez ere, prozesaketa lainoan egiten denean. Makina birtual bat konputagailu baten software bidezko inplementazio bat da, konputagailu erreal batean exekutatuko dena. MB bat konputagailu batean exekutatzean, konputagailu horrek exekutatutako MBaren itxura hartzen du eta MBan instalatutako softwarea eta ezarpenak dira une horretatik aurrera konputagailuan erabilgarri edukiko ditugunak. Oso erabilgarria da nork bere prozesuak lainoan dauden superkonputagailuetan exekutatzeko, normalean ez baita konputagailu horietarako sarbiderik izaten beharrezko softwarea etab. instalatzeko. Horregatik, erabiltzaileak beharrezko prozesaketa egiteko prest daukan MB bat eraikitzen du, lainoan dauden konputagailuetan oso modu sinplean exekutatuz. Amazon bezalako enpresa handiek superkonputagailuak eskaintzen dituzte, bakoitzak bere prozesuak bertan exekuta ditzan prezio baten truke.

Prozesaketa astunak modu eskalagarrian egiteko sistemen beharra gaur egun oso ohikoa denez, framework bat baino gehiago garatu dira zeregin hori errazteko. Antzeko arazoei aurre egin behar izaten dieten programa gehienek zati handi bat oso antzekoa izaten dute. Kodearen berrerabilgarritasuna bermatzeko, zati komun hori identifikatu eta bereizi egiten da askotan, gainontzeko aplikazioek berrerabiliko duten modulu independente bat eskainiz. Modulu horiei framework deitzen diegu. Beharbada, Hadoop [3] da konputazio banatua egiteko dagoen frameworkik erabiliena. Hadoopek MapReduce (Dean eta Ghemawat, 2008) algoritmoa erabiltzen du prozesaketa banatua egiteko. MapReduce algoritmoa Googlek sortu zuen, programa sinpleak datu kopuru izugarriekin exekutatzeko beharrari aurre egiteko. Hadoopen ezaugarri nagusietako bat batch-prozesaketara zuzenduta egotea da. Batch-prozesaketan, datu multzo oso bat bidaltzen da prozesatzera, prozesaketak hasiera eta bukaera finko bat dituelarik. Beste eredua streaming-prozesaketa da, non programa etengabe martxan dagoen datu berriak noiz iritsiko zain, iritsi ahala prozesatuz. Streaming motako prozesaketak egiteko Hadoop sistema ez da oso naturala. Hutsune hori betetzeko, Spark (Zaharia *et al.*, 2010) frameworka garatu zuten, Hadoopen antzeko funtzionalitateak biltzen dituena baina streaming-eredua modu naturalagoan lantzen duena.

Hadoop eta Spark sistemen beste alternatiba bat Storm [4] da. Hau ere streaming-prozesaketara zuzenduta dago, eta prozesuak hainbat nodoz osatutako cluster batean banatzeaz arduratzen da. Twitterreko txioen prozesaketan, adibidez, oso erabilia da sistema hau.

Azken hau da gure sistemaren oinarri izateko aukeratu duguna. Gure helburua dokumentu kopuru erraldoiak modu eraginkor batean prozesatuko dituen streaming-sistema banatu eta eskalagarri bat egitea da. Streaming-sistema izango den arren, prozesaketa batch moduan egitea ere eskaini beharko luke. Sistema banatua izango dela diogu, prozesaketa hainbat konputagailutan zehar banatuta egingo delako. Azkenik, eskalagarria izan behar du, milioika dokumentu prozesatzen direnean clusterrera konputagailu berriak gehitzeak aski izan behar bailuke sistema hobetzeko, programa bera aldatu behar izan gabe.

Dokumentuak dagoeneko inplementatuta dauden 15 HP moduluz osatutako analisi-kate batekin prozesatuko ditugu. Garrantzitsua da argi uztea gure helburua modulu horiek bere horretan uztea dela, aldatu gabe. Hau da, dagoenarekin moldatuko gara prozesaketa banatua egiteko. Puntu hau garrantzitsua da, ondoren, analisi-katera modulu berriren bat gehitu behar bada, moduluarekin arazorik ez izateko. Gure sistema oso orokorra izango da, beraz.

Horrez gain, makina birtualak erabiliko ditugu sistema eraikitzeko. Horrela, beharrezko softwarea behin instalatu eta konfiguratuko dugu, eta hortik aurrera, makina birtualak edozein makina fisikotan ezarri eta exekutatu ahal izango ditugu. Gainera, sistema hau publikoki zabalduko dugunez, edonorentzat errazagoa izango da sistema erabiltzea, aurrez sortutako makina birtualak edukita.

Azkenik, analisi-tresnen kateak ere konfiguragarria izan behar du. Hasiera batean HPko tresna jakin batzuk ezarriko ditugun arren, tresna jakin bat kendu edo berri bat txertatzeko prozesuak sinplea eta erraza izan behar du.

[3] `http://hadoop.apache.org/`
[4] `https://storm.apache.org/`

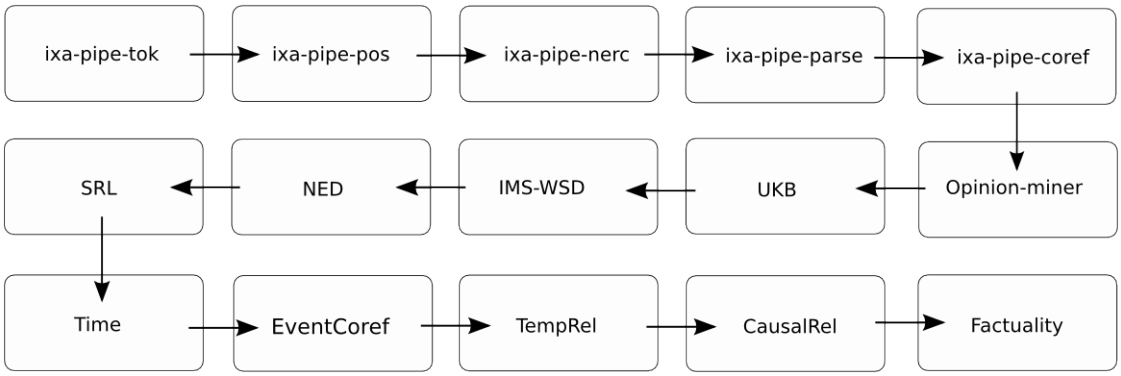
# 3 Ikerketaren muina

## 3.1 Analisi-katea

Testu bat prozesatzen, normalean, testua hainbat programak exekutatzen dute, batak bestearen atzetik. Programa horiei hizkuntzaren prozesamendurako modulu (HP modulu) deitzen diegu. Normalean, HP moduluek kate bat osatzen dute, modulu bakoitzaren irteera hurrengoaren sarrera izanik. Horrela, kateko lehenbiziko moduluak jatorrizko testua hartuko du, eta emaitza hurrengo moduluari pasatuko dio. Modulu bakoitzak testuari anotazioak eransten dizkio, informazio linguistikoa gehituz. Adibidez, tokenizatzailea, testua tokenetan banatzen duen HP modulua da. Tresna hau, normalean, analisi-kateko lehenbiziko modulua izaten da, eta jatorrizko testua jasotzen du sarrera gisa. Ondoren, testuko tokenak bereizten ditu, hau da, hitz eta puntuazio-ikur guztiak identifikatzen ditu, eta bakoitzarentzat anotazio bat sortzen du. Hurrengo moduluak tokenizatzailearen anotazioak erabiliko ditu bere zeregina burutzeko, testuari bigarren anotazio-geruza bat erantsiz. Azkeneko moduluaren emaitza analisi-kate osoak prozesatutako testu anotatua izango da. Informazio hori behar-beharrezkoa izango da, ondoren, hizkuntzarekin lotutako aplikazio funtzionalak lortzeko.

Proiektu honetan erabili dugun analisi-katea 15 HP moduluz osatuta dago. 1. irudian ikus daiteke katearen parte diren moduluak zein diren. Lehenengo bostek, *IXA pipes* (Agerri *et al.*, 2014b) familia osatzen dute. Jarraian, batzuk sakonago aipatzearren, *IXA pipes* osatzen duten moduluak aipatuko ditugu, bakoitzak zein funtzio betetzen duen azalduz:

1 Irudia: Analisi-katea osatzen duten HP moduluak




- **ixa-pipe-tok** testua tokenetan banatzen duen modulua da. Tresna hau, normalean, analisi-kateko lehenbiziko modulua izaten da eta jatorrizko testua jasotzen du sarrera gisa. Ondoren, testuko tokenak bereizten ditu, hau da, hitz eta puntuazio-ikur guztiak identifikatzen ditu, eta bakoitzarentzat anotazio bat sortzen du.
- **ixa-pipe-pos** moduluak, hitzen kategoriak identifikatzeaz gain, lematizazioa egiten du. Adibidez, "lagun" hitzaren kategoria izena da, eta "etorri"-rena, aditza. Lema, berriz, hitzaren zati nagusia da. Adibidez, "lagunaren" hitzaren lema "lagun" da, eta "etortzea"-rena, "etorri". Modulu honek tokenizazio mailako anotazioak behar ditu bere lana burutzeko. Horregatik, ohikoa da kateko bigarren modulua izatea, tokenizatzailearen jarraian.
- **ixa-pipe-nerc** izendun entitateak identifikatzen dituen tresna da. Izendun entitateak lau multzotan sailkatzen ditu: pertsona-izenak, toki-izenak, erakunde-izenak eta bestelakoak. Modulu honek beharrezkoa du ixa-pipe-pos tresnaren emaitza.
- **ixa-pipe-parse** moduluak analisi sintaktikoa egiten du. Horretarako, honek ere, tokenak eta beren kategoria eta lemak behar ditu. Beraz, ixa-pipe-pos tresnaren atzetik egongo da analisi-katean, baina ixa-pipe-nerc tresnarekiko posizioak ez du garrantziarik, ez baitute elkarrekiko dependentziarik.
- **ixa-pipe-coref** moduluak korreferentzia ebazten du, hau da, testuko hitzen arteko erreferentziak identifikatu eta ebazten ditu. Adibidez, *"sendagilearengana joan eta hark esandakoa egin"* esaldian,

"hark" hitzak sendagileari erreferentzia egiten dio. Modulu honek, ixa-pipe-nerc moduluaren irteera behar du korreferentziak behar bezala identifikatu eta ebazteko.

Noski, etorkizunean analisi-kate hori osatu edo laburtu egin nahi izango dugu. Ez hori bakarrik, sistema osoak edozein analisi-katerekin funtzionatu behar luke. Hori dela eta, modulu bat kentzeak edo gehitzeak ez luke arazorik eman behar. Guk, hori bete dadin, aurrebaldintza bat ezarri dugu modulu bat gure sistemarekin bateragarria izan dadin: modulu horrek jaso behar duen sarrerak eta sortuko duen irteerak formatu jakin batean kodetuta egon behar dute. Aukeratu dugun formatua NAF (NLP Annotation Format) (Fokkens *et al.*, 2014) da.

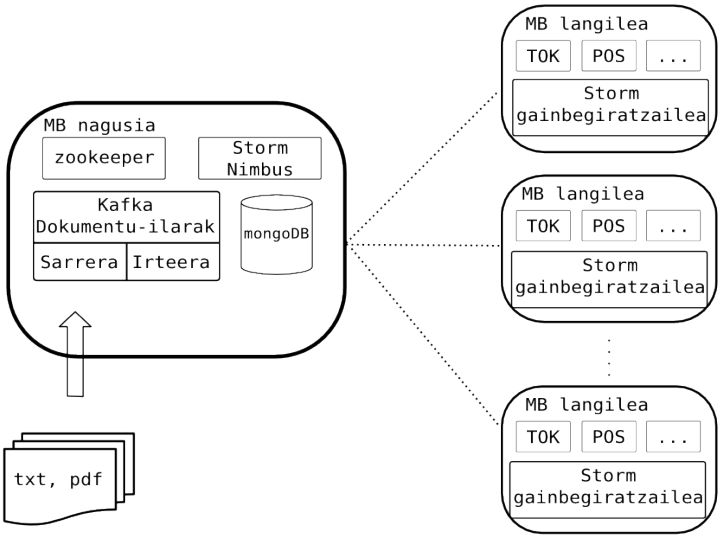
## 3.2 Testuen prozesaketa

HP moduluekin osatutako analisi-kate bat exekutatzeko ohiko bidea linealki egitea da. Konputagailu batean modulu guztiak instalatu, eta prozesatu beharreko dokumentuak, banan-banan, modulu guztietatik pasatuko dira. Hori eskalagarri egiteko, sistema banatu batean exekutatzea da egokiena. Horrela, prozesaketa hainbat konputagailutan banatuta egingo da, zenbat eta konputagailu gehiago jarriz, orduan eta azkarrago. Hori da lan honetarako hartu dugun bidea.

### 3.2.1 Sistemaren arkitektura

Sistema banatua osatzeko hainbat teknologia erabili behar izan ditugu. Sistemak, funtzionala izan dadin, atal ugari eta askotarikoak dauzka: prozesaketa banaturako frameworka, sarrera-irteerako dokumentuen ilarak, tarteko informazioa gordetzeko datu-basea, clusterra kudeatzeko frameworka... 2. irudian sistemaren arkitektura orokorra ikus daiteke.

2 Irudia: Dokumentuen prozesaketa banatua egiteko sistemaren arkitektura




Sistema antolatzeko makina birtualak (MB) erabili ditugu. Bi MB mota bereizten ditugu: nagusia eta langileak. MB nagusiak sistema kudeatzen du, eta bertan daude instalatuta datu-basea, prozesu kontrolatzaileak, sarrera-irteerako ilarak etab. MB langileek, aldiz, HP modulu guztiak dauzkate instalatuta, eta bertan egiten da testuen prozesaketa-lan guztia. Noski, MB nagusi bakarra dago sistema osoan, baina MB langileak nahi adina egon daitezke. Eskura dauzkagun makina fisikoak izango dira MB kopuruaren muga markatuko dutenak. Hasiera batean, CPU bakoitzeko, asko jota, MB langile bat ezarri ahal izango dugu. Kontuan izan beharreko beste gauza bat da MB langile bakoitzak 10 GB-ko memoria behar duela.

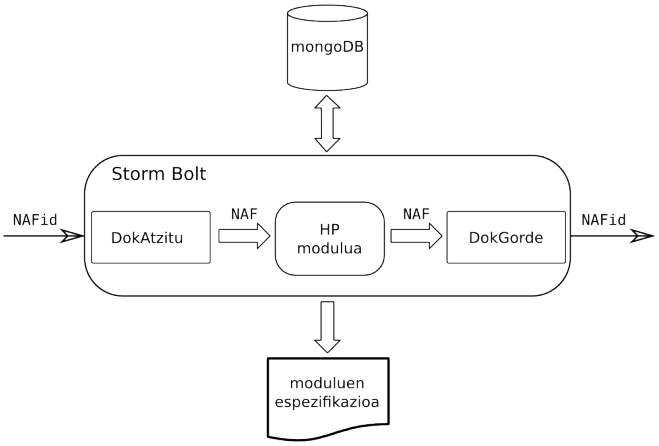
Jarraian, sisteman parte hartzen duten atal garrantzitsuenak laburbilduko ditugu:

- **Storm**: Streaming-prozesaketa banatua egiteko sistema. Honi esker, gure HP moduluak cluster oso-

ko nodoetan zehar banatuko ditugu, prozesaketa paraleloa ahalbidetuz. Adibidez, nodo guztietan modulu guztiak ezartzeko eska diezaiokegu Stormi. Ondoren, dokumentuak prozesatzera bidaltzen ditugunean, Stormek erabakiko du dokumentu bakoitza zein nodotan prozesatuko den. Horrez gain, erroreekiko tolerantzia, dokumentu guztiak prozesatuak izango direnaren bermea eta beste hainbat abantaila eskaintzen dizkigu. Storm erabiliz sistema bat garatzeko, lehenbizi Storm topologia bat definitu behar da. Besterik gabe, ezarriko diren modulu guztiak grafo batean adieraziko dira, moduluak elkarren arteko dependentzien arabera lotuz. Topologiako nodo bakoitzari *bolt* deitzen zaio.

- **MongoDB datu-basea**: Moduluen arteko informazio-trukearen ondorioz clusterreko nodoen artean sor daitekeen datu-trafiko handia dela-eta, datuen transferentzia optimizatzeko irtenbide bat diseinatu dugu. Modulu bakoitzak ez dio hurrengo moduluari sortutako NAF dokumentu osoa bidaliko. Aldiz, bere irteera aldi baterako datu-basean gordeko du, sortu berri dituen anotazioak bakarrik. Ondoren, hurrengo moduluak, datu-basetik, behar-beharrezkoak dituen anotazioak bakarrik jasoko ditu. Horrela, modulu batek hurrengoari bidali beharreko informazio bakarra dokumentu-identifikadorea da, hark datu-basetik informazio egokia atzi dezan. 3. irudian hobeto ikusten da azaldutakoa. NoSQL datu-base bat erabili dugu, MongoDB motakoa hain zuzen. Besteak beste, eraginkortasuna eta ingurune banatuetara egokitzeko gaitasuna dira haren ezaugarri nagusietakoak.
- **Sarrera-irteerako dokumentuen ilarak**: Dokumentuak prozesatzera streaming moduan bidaliko dira. Edozein unetan, erabiltzaileak, dokumentu bat edo batzuk bidali ahal izango ditu programa edo web baten bidez. Sisteman dokumentu bat jasotzean, memorian dagoen ilara batean gordeko da sistema lanpetuta dagoen bitartean, libratzen denean bertatik jasotzeko. Gauza berbera gertatzen da prozesatutako dokumentuekin, irteerako ilara batean gordeko baitira, edozein unetan erabiltzaileak bertatik jasotzeko. Ilarak Kafka sistema erabiliz inplementatu ditugu.

3 Irudia: MongoDBren erabilera sisteman




### 3.2.2 Topologiak

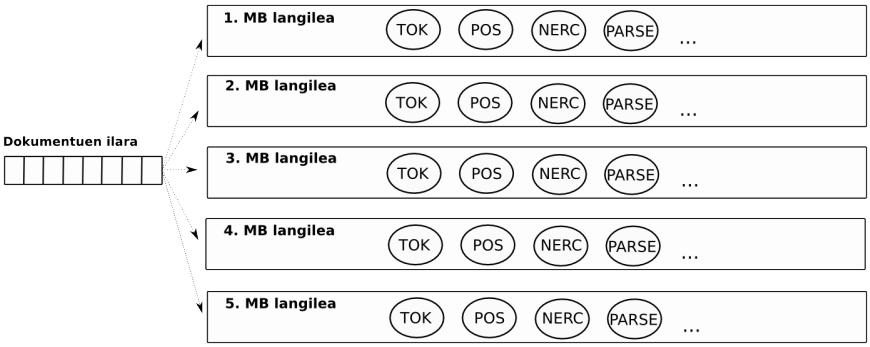
Storm sistemaren laguntza izango dugu prozesaketa banatua egiteko, baina, horretarako, topologia bat definitu beharra daukagu lehenik. Stormen topologia egokia definitzean egongo da prozesuen banaketa egokia lortzeko gakoa. Gure sisteman bi topologia definituko ditugu, eta erabiltzaileak bien artean aukeratuko du, beharraren arabera. Izan ere, sistemak bi prozesaketa mota onartuko ditu: batch- eta streaming-prozesaketak. Bi prozesaketa motetarako topologia desberdinak definituko ditugu, bi kasuetan eraginkortasuna optimoa izan dadin.

- **Batch-prozesaketa**n, prozesatuko diren dokumentu guztiak batera bidaliko dira prozesatzera, eta, beraz, dokumentu guztiak prozesatzeko behar den denbora da garrantzitsuena: horri esaten zaio throughputa. Kasu honetan, clusterreko MB langile bakoitzean analisi-kate oso bat ezartzen dugu, eta dokumentuak makinetan banatzen dira. MB bakoitzean, dokumentu bat prozesatzez bukatzen den unean hurrengo dokumentua prozesatzen hasiko da, baina inoiz ez dira makina berean bi dokumentu

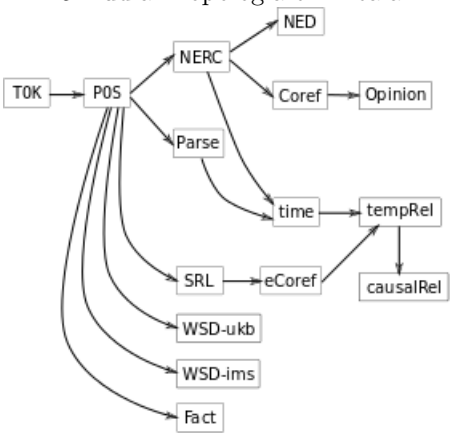
aldi berean prozesatzen egongo. Horrela, makina guztiak lanpetuta edukitzea lortzen dugu, baina makinetako bakoitza gainkargatu gabe. Eredu honetan, dokumentuen banaketa egokian dago gakoa, makina guztiek lan-karga antzekoa izan dezaten. Eredu hau argiago ikus daiteke 4. irudian.

- **Streaming-prozesaketa**n, dokumentuak denboran zehar iritsiko dira sistemara, banaka edo multzo txikiagotan. Beraz, *throughput*a ere garrantzitsua izango den arren, dokumentu bakoitza prozesatzeko behar den denbora (latentzia) minimizatzea izango dugu helburu. Horretarako, dokumentuak nodoetan zehar banatu ordez, topologia ez-lineal bat definituko dugu, 5. irudian ikus daitekeen bezala. Horrela, dokumentu bakoitza ez da makina bakar batean exekutatuko. Aldiz, dokumentu bakoitza makina desberdinetan prozesatuko da aldi berean, baina makina bakoitzean modulu desberdin bat aplikatuz. Modulu batzuk ezin dira aldi berean exekutatu, batak bestearen irteera jaso behar baitu lana ondo burutzeko. Beste kasu batzuetan, aldiz, elkarren artean dependentziarik ez dutenez, paraleloan exekuta daitezke. Esaterako, NERC, parse eta SRL moduluak paraleloan exekuta daitezke, hirurek behar dituzten datuak modulu berberaren (POS) irteera baitira. NERC eta NED moduluak, berriz, ezin izango dira paraleloan exekutatu, NED moduluak NERCen emaitza behar baitu prozesatzeko. Bestalde, orokorrean streaming-egoera batean sistemaren lan-karga txikiagoa izango denez, ez dugu makina bakoitzean modulu guztien kopia bana ezarriko. Moduluen prozesatze-denborak neurtuta, denbora horien arabera proportzionalki zehaztuko da cluster osoan jarriko den modulu bakoitzaren kopurua.

4 Irudia: Batch-prozesaketaren eskema




5 Irudia: Topologia ez-lineala




### 3.2.3 Esperimentuak eta emaitzak

Bi prozesaketa motak kontuan hartuz, bi esperimentu egin ditugu. Lehenik, batch moduan dokumentu multzo bat prozesatu dugu, denborak eta errendimendua neurtuz. Streaming moduan ere beste dokumentu multzo bat prozesatu dugu, latentzia neurtuz.

1 Taula: Batch-prozesaketaren esperimentuaren emaitzak. Igarotako denbora, prozesaketaren hasieratik bukatu arte pasatu den denbora erreala da. Prozesatze-denbora, aldiz, nodo bakoitzaren denboren batura da. Azken hori, paralelizaziorik gabeko ingurune batean behar izango litzatekeen denboraren parekotzat hartzen dugu. Denborak minututan daude.

| Dok. kop. | Igarotako denb. | Throughputa | Prozesatze-denb. | Latentzia (dok/esaldi/token) |
|---|---|---|---|---|
| 2.000 | 1.819,47 | 1,10 | 15.130,78 | 7,14 / 0,21 / $8{,}40\times10^{-3}$ |
| 1.000 | 719,4 | 1,39 | 6.519,12 | 6,66 / 0,18 / $7{,}48\times10^{-3}$ |

2 Taula: Streaming-prozesaketaren esperimentuaren emaitzak. Denborak minututan daude.

| Ezarpena | Dok. kop. | Prozesatze-denb. | Latentzia (dok/esaldi/token) |
|---|---|---|---|
| Lineala | 1.000 | 4.620,90 | 5,00 / 0,14 / $5{,}78\times10^{-3}$ |
| Ez-lineala | 1.000 | 5.421,33 | 2,78 / 0,08 / $3{,}13\times10^{-3}$ |

Batch-prozesaketan 1000 eta 2000 dokumentuko bi multzo prozesatu ditugu, 6 MBko ingurune batean (nagusi bat + bost langile). MB bakoitzari bi CPU eta 10 GB RAM esleitu zaizkio; beraz, 10 CPU dauzkagunez erabilgarri, Stormen hari kopurua edo paralelizazio maila 10 balioarekin definitu dugu. 1. taulan ikus daitezke lortutako emaitzak.

Emaitzei erreparatuta, minutuko 1,1 dokumentu prozesatzen direla ikus daiteke. Kontuan izanik latentzia 7,14 minutukoa dela, hau da, dokumentu bakoitza makina bakar batean prozesatzeko minutu kopuru hori behar dela, garbi dago paralelizazioari esker denbora asko aurreztu dugula. Hala ere, 10 CPU izanik, prozesatze-denbora igarotako denbora baino 8,32 aldiz handiagoa dela ikus daiteke, hau da, dena CPU bakar batean exekutatuz gero, 10 CPUrekin baino 8,32 aldiz denbora gehiago behar izango lukeela. Horrek esan nahi du paralelizazioa ez dela optimoa izan, hala balitz denborak 10 aldiz handiagoa izan beharko bailuke. Badirudi arazoa dokumentuak makinen artean banatzeko eran dagoela, Kafka sistemak hala behartuta, makina bakoitzak bere sarrerako dokumentuen ilara propioa baitauka. Ondorioz, dokumentuen banaketa prozesaketa hasi aurretik egin behar denez, inoiz ez da optimoa izango, nahiz eta dokumentu kopuru berbera bidali ilara guztietara, dokumentuen tamaina eta beste hainbat parametro ez baitira berdinak izango.

Streaming moduan egindako esperimentua MB nagusi bat eta 5 MB langileko ingurune batean egin dugu. MB bakoitzak 2 CPU dituenez, oraingoan ere paralelizazio maila 10ekoa da, 10 hari egongo baitira aldi berean exekutatzen. 1.000 dokumentu prozesatu ditugu. Egoera erreal bat simulatzearren, dokumentu guztiak batera bidali ordez, Poissonen banaketa erabili dugu, batezbesteko 0.5 dokumentu/min balioarekin. Horri esker, gutxi gorabehera bi minuturo dokumentu bat bidaliko da prozesatzera, baina baliteke denbora-tartea zenbaitetan txikiagoa edo handiagoa izatea ere. Bi minutuko balioa aukeratu dugu, batch-esperimentuetan ikusi baitugu balio horrekin makina ez dela ez gehiegi, ez gutxiegi, kargatuko. Helburua, sistema beti dokumenturen bat edo beste prozesatzen egotea da, baina topologia ez-linealaren araberako moduluen arteko paralelizazioa bermatzeko adina nodo libre egonik. Emaitzak 2. taulan daude ikusgai.

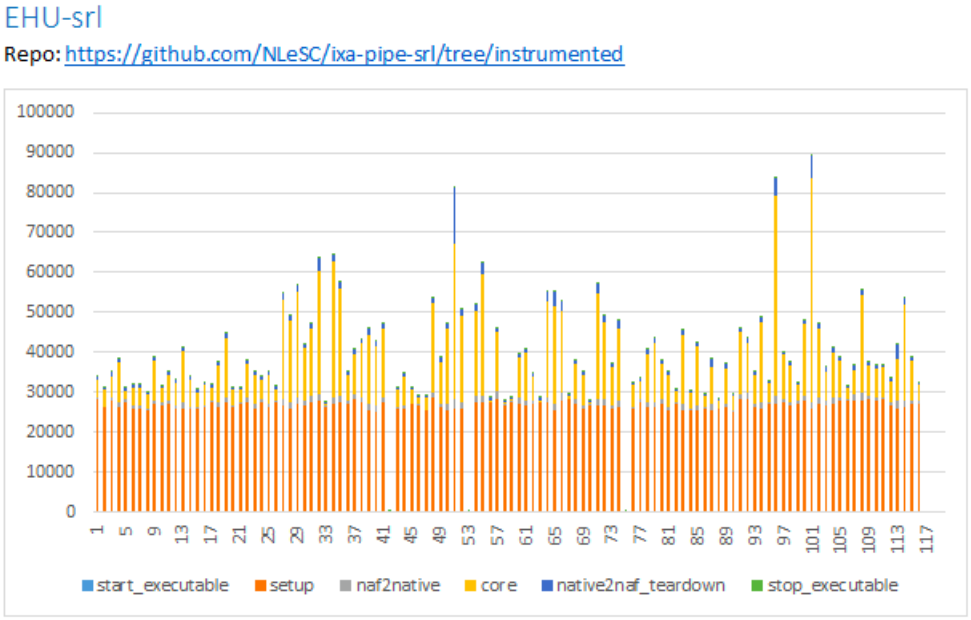
Kasu honetan, topologia ez-linealarekin lortu dugun latentzia, linealarekin lortutakoa baino % 44 txikiagoa da. Hobekuntza handia den arren, topologian 15 fase (modulu bakoitzeko, bat) edukitzetik 6 edukitzera pasatu garenez (5. irudia), handiagoa izan zitekeela pentsa zitekeen hasiera batean. Arazoaren iturria moduluen arteko exekuzio-denboren desberdintasunean dago. SRL moduluak gainontzekoek baino askoz ere denbora gehiago behar duenez prozesatzen, ezin dugu lortu modulu horren prozesatze-denbora baino laburragoa izatea dokumentu osoaren prozesatze-denbora. Latentzia hobetzeko modu bakarra moduluaren prozesaketa zatitzea litzateke, modulu bakoitzak dokumentu osoaren prozesaketa makina bakar batean egin ordez, dokumentua zatitan banatu eta zati bakoitza nodo desberdinetan banatuz. Teknika hau 4. atalean azaldu dugu hobeto.

## 4 Ondorioak eta etorkizuneko lanak

Lan honetan testu kopuru handiak denbora laburrean eta modu eskalagarrian prozesatzeko sistema bat garatu dugu. Horretarako, teknologia ugari erabili behar izan dugu: Kafka ilarak kudeatzeko, MongoDB datu-basea inplementatzeko, Storm prozesaketa banatua egiteko etab.

Sistemak batch- eta streaming-inguruneetan behar bezala joka dezan, hainbat erronkari egin diegu aurre. Batetik, batch-prozesaketan throughputa igotzea izan dugu helburu, hau da, denbora-unitateko prozesatutako dokumentu kopurua. Streaming-prozesaketan, aldiz, dokumentu bakoitza ahalik eta azkarren prozesatzea izan dugu helburu. Bi kasuetan, sistemak nahiko ondo eskalatzen duela frogatu dugu. Lehenbizikoan, % 15 inguruko galera behatu dugu, Kafkak ez baitigu sistema osoan ilara bakarra ezartzeko aukerarik eskaini, eta, ondorioz, dokumentuen banaketa ez baita optimoa izan clusterreko nodoen artean. Horri aurre egiteko, ilara-sistema aldatzea ikusten dugu irtenbiderik egokiena. Bigarren kasuan, latentziaren hobekuntzan muga bat aurkitu dugu. HP moduluen prozesaketa-denboren artean desoreka handia dago, eta ondorioz, topologia ez-linealei ezin izan diegu nahi bezainbesteko etekinik atera. Hala ere, latentzian irabazten ez dena, throughputean irabazten da, sistema orekatuz.

6 Irudia: SRL moduluaren exekuzio-denborak. Laranjaz, hasieraketa-denbora. Horiz, prozesatze-denbora.




Etorkizunerako bi lan nagusi aurreikusten ditugu. Batetik, sarrerako dokumentuen granularitate desberdinak probatu nahi genituzke, dokumentuen latentzia hobetze aldera. Latentziaren muga-denbora gehien behar duen moduluak markatzen duenez, modulu bakoitzaren prozesaketa ere modu banatuan egitea dugu helburu. Horretarako, dokumentu osoa unitate gisa prozesatu ordez, dokumentua esalditan edo paragrafotan zatituko genuke, zati guztiak nodo desberdinetan prozesatuz. Horrela, zenbat eta konputagailu gehiago eduki sisteman, latentzia proportzionalki murriztuko genuke, sistema eskalagarriago eginez.

Bestalde, moduluen izaera ez da gure sistemara behar bezala egokitzen. Modulu askok denbora gehiago behar dute hasieraketa egiten, dokumentu bat prozesatzen baino. Moduluak prozesaketa bakoitzean hasieratu behar direnez, sistema moduluak hasieratzen dabil etengabe. Hori ekidin liteke moduluek zerbitzu bezala funtzionatuko balute, behin bakarrik hasieratuz eta dokumentu berrien zain geldituz. Beraz, hori egitea da hurrengo lanetako bat. Horrekin denborak asko hobetzea espero dugu; izan ere, oraingoz denboren hobekuntza mugatzen duen moduluak denbora asko behar baitu hasieratzeko (6. irudia).

## Erreferentziak

Agerri, Rodrigo, Eneko Agirre, Itziar Aldabe, Begoña Altuna, Zuhaitz Beloki, Egoitz Laparra, Maddalen López De Lacalle, German Rigau, Aitor Soroa, eta Rubén Urizar. 2014a. Newsreader project. *Procesamiento del Lenguaje Natural* 53.155–158.

——, Josu Bermudez, eta German Rigau. 2014b. Ixa pipeline: Efficient and ready to use multilingual

nlp tools. In *Proceedings of the 9th Language Resources and Evaluation Conference (LREC2014)*, 26–31.

Astigarraga, Aitzol, Manex Agirrezabal, Elena Lazkano, Ekaitz Jauregi, eta Basilio Sierra. 2013. Bertsobot: the first minstrel robot. In *Human System Interaction (HSI), 2013 The 6th International Conference on*, 129–136. IEEE.

Dean, Jeffrey, eta Sanjay Ghemawat. 2008. Mapreduce: simplified data processing on large clusters. *Communications of the ACM* 51.107–113.

Fokkens, Antske, Aitor Soroa, Zuhaitz Beloki, Niels Ockeloen, German Rigau, Willem Robert van Hage, eta Piek Vossen. 2014. NAF and GAF: Linking linguistic annotations. In *Proceedings 10th Joint ISO-ACL SIGSEM Workshop on Interoperable Semantic Annotation*, p. 9.

Goyal, Amit, Hal Daumé III, eta Suresh Venkatasubramanian. 2009. Streaming for large scale nlp: Language modeling. In *Proceedings of Human Language Technologies: The 2009 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*, 512–520. Association for Computational Linguistics.

Mayfield, James, David Alexander, Bonnie J. Dorr, Jason Eisner, Tamer Elsayed, Tim Finin, Clayton Fink, Marjorie Freedman, Nikesh Garera, Paul McNamee, Saif Mohammad, Douglas W. Oard, Christine D. Piatko, Asad B. Sayeed, Zareen Syed, Ralph M. Weischedel, Tan Xu, eta David Yarowsky. 2009. Cross-Document Coreference Resolution: A Key Technology for Learning by Reading. In *AAAI Spring Symposium: Learning by Reading and Learning to Read*, 65–70. AAAI.

McCreadie, Richard, Craig Macdonald, Iadh Ounis, Miles Osborne, eta Sasa Petrovic. 2013. Scalable distributed event detection for twitter. In *Proceedings of IEEE International Conference on Big Data*.

Ritter, Alan, Mausam, Oren Etzioni, eta Sam Clark. 2012. Open domain event extraction from twitter. In *Proceedings of the 18th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, KDD '12, 1104–1112, New York, NY, USA. ACM.

Singh, Sameer, Amarnag Subramanya, Fernando Pereira, eta Andrew McCallum. 2011. Large-scale cross-document coreference using distributed inference and hierarchical models. In *Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (ACL HLT)*.

Yu, Wei, eta Junpeng Chen. 2013. The state-of-the-art in web-scale semantic information processing for cloud computing. *arXiv preprint arXiv:1305.4228* .

Zaharia, Matei, Mosharaf Chowdhury, Michael J Franklin, Scott Shenker, eta Ion Stoica. 2010. Spark: cluster computing with working sets. In *Proceedings of the 2nd USENIX conference on Hot topics in cloud computing*, 10–10.

## 5 Eskerrak

Lan hau NewsReader (FP7-ICT 2011-9-316404) proiektuaren babesean egin da. Zuhaitz Belokiren lana Euskal Herriko Unibertsitateko Euskararen arloko Errektoreordetzak esleitutako doktoretza egiteko laguntzarekin finantzatua izan da.

# Euskarazko `izena+aditza` konbinazioak corpusetik automatikoki erauztea eta idiomatikotasunaren arabera karakterizatzea

**Gurrutxaga, A.**[1] **Alegria, I.**[2] eta **Artola, X.**[2]

[1] Elhuyar Fundazioa. Zelai Haundi kalea, 3, Osinalde industrialdea, 20170 Usurbil
[2] Ixa taldea - UPV/EHU. Manuel Lardizabal 1, 48014 Donostia

**Laburpena**

Euskarazko `izena+aditza` egiturako unitate fraseologikoak (UFak) corpusetik automatikoki erauzi eta idiomatikotasun-mailaren arabera karakterizatzeko lan esperimentala egin dugu. Corpusetik hautagaiak erauzteko sistema landu ondoren, idiomatikotasunaren lau ezaugarri edo propietateetako bakoitza neurtzeko teknikak garatu eta ebaluatu ditugu, hiru adituk eskuz sailkatutako erreferentzia erabiliz. Hiru kategoria bereizi dira: esapide idiomatikoa, kolokazioa eta konbinazio librea. Azkenik, ezaugarri bakunen neurketak ikasketa automatikoko sailkatze-ataza batean konbinatu dira. Ondorio nagusia da arlo honetan estandar diren agerkidetza-tekniken emaitzak modu esanguratsuan gainditu direla, batez ere teknika semantikoen bidez, baina baita malgutasun morfosintaktikoaren neurketaren bidez ere.

**Hitz gakoak:** fraseologia konputazionala, idiomatikotasuna, esapide idiomatikoak, kolokazioak

**Abstract**

*We present an experimental study on the automatic extraction of phraseological units of noun+verb structure in Basque, and their characterization according to the idiomaticity level. After automatically extracting candidates from corpora, we develop several techniques for quantifying the four basic properties of idiomaticity, using for evaluation a gold standard of candidates classified by three experts. We use three categories: idioms, collocations and free combinations. Finally, the results of those experiments have been combined using Machine Learning for classification. The results show that the standard cooccurence techniques are significantly ourtperformed by semantic measures, and, to a lower extent, by measures of morphosyntactic flexibility.*

**Keywords:** computational phraseology, idiomaticity, idioms, collocations

## 1 Sarrera eta motibazioa

Hitz anitzeko unitateek edo unitate fraseologikoek (UFek) egiteko giltzarria dute, hiztegigintzan eta hizkuntzen irakaskuntzan ez ezik, hizkuntzaren prozesamendu automatikoan ere (Sag *et al.*, 2010). Gaur egun aski onartua dago hizkuntzaren funtzionamendua ezin dela osagai bakunen konbinazio libreaz soilik azaldu, hiztunek erabiltzen dituzten elementu batzuk nolabaiteko unitate aurrez eratuak baitira (Fillmore, 1979, 92). Horrelakoak dira, esaterako, *adarra jo* eta *zarata atera*. Lehenaren esanahia ezin igarri osagaien esanahietatik; bigarrenean, *atera* aditzak adiera berezia du, gertuago baitago 'egin' edo 'sortu' adieratik, *atera*ren ohiko adieratik baino.

Euskararen kasuan, hitz anitzeko unitateen prozesamenduan egindako aurrerapausoak terminologiaren erauzketara bideratu dira (Alegria *et al.*, 2004, 2006; Saralegi *et al.*, 2008) eta corpusean automatikoki etiketatzera datu-base lexikaletan adierazita dauden UFak (Urizar, 2012).

Ikerkuntza honen bidez, ekarpen bat egin nahi izan dugu euskarazko fraseologia konputazionalaren arloan. Zehazki, euskarazko `izena+aditza` egiturako UFak corpusetik automatikoki erauzi eta idiomatikotasun-mailaren arabera karakterizatzeko lan esperimentala egin dugu.

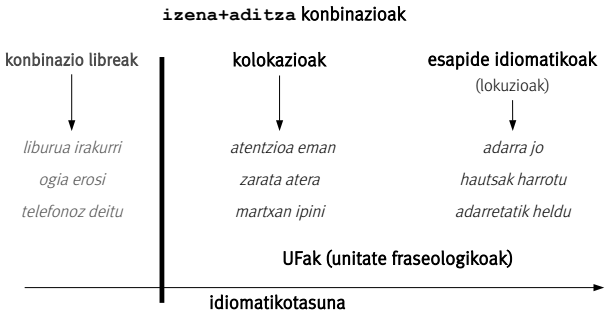
## 2 Arloaren egoera eta ikerketaren helburuak

### 2.1 Idiomatikotasunaren eta haren karakterizazioaren marko teorikoa

Idiomatikotasuna ez-konposizionaltasun semantikoarekin identifikatu izan da (Manning eta Schütze, 1999), baina, azken ikerkuntza batzuen arabera (Granger eta Paquot, 2008; Baldwin eta Kim, 2010), zenbait ezaugarri edo propietateren konbinazio konplexua da:

- Instituzionalizazioa (idiosinkrasia estatistikoa). Hiztunek unitatetzat hautematen dute konbinazioa. Osagaiek halako joera bat dute elkarrekin konbinatzeko, eta emaitza "ohikoa" edo "ezaguna" da.
- Ez-konposizionaltasun semantikoa: konbinazioaren esanahia ez da osagaien esanahien konbinazioa edo batura. *Liburua irakurri* konposizionala da ('liburua irakurri' = 'liburua'+'irakurri'), baina *adarra jo* ez ('adarra jo' ≠ 'adarra' + 'jo').
- Finkapen morfosintaktikoa: konbinazioa ezin da egitura morfosintaktiko guztietan erabili. *Adarra jo* esapidean, *adar* izena ez da pluralean erabiltzen, eta *adarrak ipini* unitatean, berriz, ezin da singularra erabili.
- Finkapen lexikala: osagai bat edo batzuk ezin dira sinonimoez ordezkatu. Esaterako: *ziria sartu*, baina *zotza sartu*?, *ezkarda sartu*?; gastuak murrizteaz mintzatuz, *gerrikoa estutu* diogu, baina *uhala estutu*?

Aurreko ezaugarr irizpideak ezartzearen emaitza continuum b ıum horretan "eremu" edo zona desberdinal




1 Irudia: `izena+aditza` osaerako sintagma-unitateen idiomatikotasunaren continuuma.

Ezkerraldean, konbinazio libreak daude, UF ez direnak. Eskuinaldean, esapide idiomatikoak (lokuzioak). Konbinazio ez-konposizionalak dira (opakoak zein figuratiboak), eta lexikalki zein morfosintaktikoki ez dira oso malguak. Erdialdean, berriz, kolokazioak kokatu ohi dira (Heid, 2008). Joera nagusia da horiek erdikonposizionalak, lexikalki murriztuak eta morfosintaktikoki aski malguak direla esatea.

### 2.2 UFen karakterizazio automatikoa

Karakterizazioaren aurreko ezinbesteko urratsa hautagaiak erauztea da. Horretarako sistema batek prozesamendu linguistiko minimo bat izan behar du, eta, oro har, esan daiteke lematizazioa eta etiketatze morfosintaktikoa direla minimo hori adierazten duten estandarrak (Heid, 2008).

UF hautagaiak karakterizatzeko, zenbait teknika proposatu dira literaturan. UFen lau ezaugarrietako bakoitza neurtzeko, teknika hauek erabili ohi dira, hurrenez hurren:

- Agerkidetza: konbinazioaren estatistikak osagaiak ausaz konbinatuko balira espero litezkeen estatistikekin konparatzea, elkartze-neurrien bidez.
- Antzekotasun distribuzionala: konbinazioaren testuinguruak osagaien testuinguruekin konparatzea.
- Konbinazioaren portaera morfosintaktikoaren eta egitura bereko konbinazioen batez besteko portaeraren arteko distantzia.

- Osagaien ordezkagarritasuna: konbinazioaren estatistikak osagaiak sinonimoez ordezkatuz sortzen diren konbinazioen estatistikekin konparatzea.

Konparazio horien emaitza zenbat eta desberdinago, hautagaia hainbat eta idiomatikoago. Agerkidetza da gehien erabili den teknika, eta hori neurtzeko elkartze-neurriak hasieratik erabili dira arlo honetako ikerkuntzan (Church eta Hanks, 1990; Smadja, 1993). Beste ezaugarriak kuantifikatzeko ikerlanak nabarmen ugaritu dira azken hamarkadan (Baldwin *et al.*, 2003; Van de Cruys eta Moirón, 2007; Fazly eta Stevenson, 2007), dela hautagaien rankingak osatzeko, dela automatikoki sailkatzeko.

### 2.3 Ikerketaren helburuak

Ikerkuntza-lan honen helburu nagusia izan da corpusetatik `izena+aditza` osaerako UFak automatikoki eskuratzeko eta haien idiomatikotasunaren arabera karakterizatzeko teknikak garatzea, eta ikergai hauen inguruko ezagutza eskuratzea eta sortzea: a) idiomatikotasunaren eta haren propietate bakoitzaren neurketen artean dagoen korrelazioa; b) UFen propietateen ebidentzia enpirikoak zenbateraino datozen bat teoria fraseologikoen aurresanekin; eta c) idiomatikotasuna konplexua izanik, propietateen neurketak konbinatuz emaitza hobeak lortzen diren ala ez jakitea.

## 3 Lan esperimentala

### 3.1 Lan esperimentalaren diseinua

1 taulan eman dugu aztergaitzat izan ditugun `izena+aditza` osaerako konbinazio-moten errepertorioa.

| | |
|---|---|
| 1 | $\texttt{izena}_{\text{subjektua}}$ + `aditza`: *burua joan, eguzkia sartu*; *gogoak eman, loak hartu* |
| 2 | $\texttt{izena}_{\text{objektua}}$ + `aditza`: *hanka sartu, zubiak eraiki, lan egin, itxurak egin, zarata atera, gola sartu* |
| 3 | $\texttt{izena}_{\text{subjektuaren pred.}}$ + `aditza`: *beldur izan, falta izan, giro egon* |
| 4 | $\texttt{izena}_{\text{objektuaren pred.}}$ + `aditza`: *atsegin ukan/*edun, damu ukan/*edun* |
| 5 | $\texttt{izena}_{\text{datiboa}}$ + `aditza`: *edanari eman, bideari ekin, lanari lotu* |
| 6 | $\texttt{izena}_{\text{adjuntua}}$ + `aditza`: *mendean hartu, adarretatik heldu, harira etorri, aurrez ikusi* |

1 Taula: `izena+aditza` osaerako konbinazio-moten errepertorioa.

Bi karakterizazio-ataza bereizi dira: a) ranking-ataza, non propietate bakoitzaren neurketen emaitzak hautagaiak ordenatzeko erabili baitira; eta b) sailkatze-ataza, non esperimentu bakunen emaitzak konbinatu baititugu, ikasketa automatikoko teknikak erabiliz. Esperimentuetarako, 74 milioi hitzeko kazetaritza-corpus bat erabili dugu, Euskaldunon Egunkariako eta Berriako artikuluez osatua.

### 3.2 UF hautagaiak erauztea

UF hautagaiak testutik automatikoki erauzteko eta forma kanonikoa esleitzeko prozesu automatikoa garatu da. Erauzketa-prozesuaren deskribapen zehatza Gurrutxaga eta Alegria (2011) lanean egin da. Bi urratsetan antolatua dago: bigrama-sorkuntza eta bigramen forma kanonikoa lortzeko normalizazioa. Lehen urratserako, Ngram Statistics Package erabili dugu[1]. Erauzketaren aurretik, corpusa linguistikoki prozesatu da, Ixa taldearen Eustagger etiketatzailearen bidez lehenik (Alegria *et al.*, 2002), eta, ondoren, ikerkuntza honetan landutako prozesu batzuk inplementatu dira, corpusak erauzketarako behar diren ezaugarri batzuk izan ditzan.

[1] http://search.cpan.org/dist/Text-NSP

### 3.3 Ebaluazioa: metodologia eta baliabideak

Ranking bidezko atazan, heinen korrelazio-koefizienteak erabili ohi dira, eta guk Kendall $\tau$ aukeratu dugu, berdinketak kudeatzeko modalitatean (Kendall $\tau_B$). Batez besteko doitasuna (*AP - Average Precision*) ere erabili dugu, kategoria bakoitzeko hautagaiekiko ebaluazioa egiteko ($AP_{\texttt{UF}}$, $AP_{\texttt{id}}$ eta $AP_{\texttt{col}}$). Sailkapen automatikoaren bidezko atazen ebaluazioan, Weka tresnak eskaintzen dituen zenbait neurri erabili ditugu: ondo sailkatutako instantzia-kopurua ($CC$), klase bakoitzaren $F$ neurriak, $F_{\text{mikro}}$ eta $F_{\text{makro}}$.

Ebaluaziorako *gold standard*tzat, erauzketatik ausaz ateratako eta aditu-talde batek eskuz sailkatutako 1 145 konbinazioko multzo bat erabili dugu, hiru kategoriatan banatua: esapide idiomatikoak (80), kolokazioak (268) eta konbinazio libreak (797). Anotatzaileen arteko adostasunerako, adostasun ertainaren mailako 0,55eko Fleiss $\kappa$ lortu dugu (Landis eta Koch, 1977). Horrez gain, erauzketaren parametro batzuk doitzeko, beste erreferentzia bat ere eratu dugu, iturri hauetako `izena+aditza` unitateez osatua: a) Euskaltzaindiaren *Hiztegi Batua*; b) Ibon Sarasolaren *Euskal Hiztegia*; c) Elhuyar Fundazioaren *Euskara–Castellano/Castellano–Vasco Hiztegia*; d) *Intza proiektua*[2]; eta e) Ixa taldearen EDBL datu-base lexikala (Aldezabal *et al.*, 2001).

### 3.4 Idiomatikotasunaren ezaugarrien edo propietateen banakako neurketa

#### 3.4.1 Idiosinkrasia estatistikoa, agerkidetza neurtuz

Bigramen agerkidetza-datuen analisi estatistikoa S. Everten UCS toolkit[3] paketearen bidez egin dugu (Evert, 2005). Elkartze-neurri hauek kalkulatu ditugu: $z$ neurria, $t$ neurria, khi karratua ($\chi^2$), egiantz-arrazoiaren logaritmoa, Fisherren test zehatza, elkarrekiko informazioa (MI), $\text{MI}^3$ eta $f$.

#### 3.4.2 Konposizionaltasun semantikoa, antzekotasun distribuzionala neurtuz

Hauek dira UFen konposizionaltasuna karakterizatzeko gure metodologiaren oinarriak:

- UF hautagaien testuinguruak haren osagai bakunen testuinguruekin konparatzea.
- Osagai bakunen testuinguruetan konbinazioaren testuinguruak ez sartzea. Esaterako, *mahaia jaso* bigramaren agerpena atzematen denean, testuinguruko hitzek *mahaia jaso*ren testuinguru-dokumentua elikatu dute, eta ez dira *mahai* eta *jaso*ren testuingurutzat kontsideratu.

Antzekotasun distribuzionaleko tekniken bidez egin dugu testuinguruen konparazioa (Gurrutxaga eta Alegria, 2012). Lehenik, bektore-espazioaren ereduan (VSM – *Vector Space Model*) ohikoak diren neurri batzuk esperimentatu ditugu [Jaccard koefizientea, kosinua eta Jensen-Shannon dibergentzia; Berry-Roggheren (1974) $R$ balioa eta Wulffek (2008) egindako bi hedapenak]. VSMren inplementazio berezia den ezkutuko semantikaren analisia (LSA – *Latent Semantic Analysis*) izeneko teknikaren aplikazioa ere esploratu dugu. Infomap softwarea erabili dugu horretarako[4]. Azkenik, dokumentu arteko antza kalkulatzeko IR arloko indize batzuk ere aplikatu ditugu. Lemur Toolkit aukeratu dugu testuinguru-dokumentuen arteko antza kalkulatzeko[5].

#### 3.4.3 Malgutasun morfosintaktikoa, erreferentzia-portaerarekiko distantzia neurtuz

Metodologiaren oinarria da aztergai dugun bigrama bakoitzaren portaera morfosintaktikoa erreferentzia-portaera batekin konparatzea. Horretarako, bi konparazio-prozedura hauek esperimentatu ditugu:

- Portaera orokorrarekiko konparazioa (Barkema, 1994; Fazly eta Stevenson, 2007; Wulff, 2008): kategoria-osaera bereko (gurean, `izena+aditza`) konbinazioen batez besteko portaerarekikoa.
- Osagaien portaerarekiko konparazioa (Bannard, 2007): konbinazioaren osagai batek beste osagaiaren kategoriako edozein hitzekin osatutako konbinazioen batez besteko portaerarekikoa.

[2] http://intza.armiarma.com
[3] http://www.collocations.de/software.html
[4] http://infomap-nlp.sourceforge.net/
[5] http://www.lemurproject.org

**Kontuan hartutako aldakuntzak.** Malgutasun morfosintaktikoa neurtzeko aztertzen diren aldakuntzen multzoa hizkuntzaren ezaugarrien araberakoa da. Arlo honetako ikerlan esanguratsu batzuk (Martínez, 1996; Oyharçabal, 2006; Odriozola, 2010) eta EDBLko aditz-lokuzioen gauzatze-eskemak (Urizar, 2012) kontuan izanik, kasu hauek hautatu ditugu malgutasun morfosintaktikoa karakterizatzeko:

- Izenaren ezker- eta eskuin-hedapenak: determinatzailea (*liburu* ***bat*** *irakurri dut*); izenondoa (*liburu* ***interesgarria*** *irakurri nuen*); izenlaguna (***gustuko*** *liburuak irakurtzea*); eta erlatiboa (***irakurri dudan*** *liburua; anaiak* ***irakurritako*** *liburu batzuk*).

  Hedapen bat baino gehiago konbina daitezke aldakuntza berean: *liburu interesgarri bat irakurri dut.*
- Mugatasuna: izenaren edo haren hedapenen mugatasun-aldakuntzak. Mugatasun-informazioa sintagmaren azken osagaiak darama. Kasu sinple batzuk: *liburu****a****/liburu****ak****/*zenbait *liburu∅/liburu****ok*** *irakurri*; *egunkari****an****/egunkari****etan****/*hiru *egunkari****tan****/egunkari****otan*** *irakurri.*
- Osagaien ordena (`IZE ADI` / `ADI IZE`): *liburua irakurri dut/irakurri dut liburua.*

Bigramaren portaera ezagutzeko, aldakuntza bakoitzean duen maiztasuna kontatzen dugu. Bestetik, malgutasuna kalkulatzeko erabili ditugun bi konparazio-prozeduretako portaera ezagutzeko behar diren kontaketak ere egiten dira. Neurri hauek erabili ditugu portaeren arteko distantzia kalkulatzeko: Kullback-Leibler dibergentzia (Fazly eta Stevenson, 2007); Wulffen (2008) SSD neurria (*sum of squared deviations*) eta entropia erlatiboa; eta Bannarden (2007) CPMI (*conditional pointwise mutual information*).

### 3.4.4 Malgutasun lexikala, osagaien ordezkagarritasuna neurtuz

Bigramen osagaien ordezkagarritasuna neurtzeko, osagaien ordezkoak behar ditugu. Horretarako baliabide hauek erabili ditugu: Elhuyarren *Sinonimoen Kutxa*[6]; eta Ixa taldearen Euskal WordNet (Pociello *et al.*, 2011). Halaber, baliabideon estaldura handitzeko, konbinatu egin ditugu, baita hedatu ere, bigramaren osagai bakoitzaren Euskal WordNeteko ahaideak (*siblings*) gehituz.

Ordezkagarritasuna neurtzeko, Van de Cruys eta Moirónen (2007) $R_{nv}$ eta $R_{vn}$ indizeak erabili ditugu, eta Fazly eta Stevensonen (2007) $\text{Fixedness}_{\text{lex}}$ neurria.

### 3.4.5 Esperimentu bakunen emaitzen analisia

2 taulan laburbildu ditugu teknika bakoitzarekin lortutako emaitza onenak. 2 irudian, horien $P/R$ (doitasuna/estaldura) kurbak.

2 Taula: Esperimentu bakunetan teknika bakoitzarekin lortutako emaitza onenak.

| teknika | $\tau_B$ | $AP_{\texttt{UF}}$ | $AP_{\texttt{id}}$ | $AP_{\texttt{col}}$ |
|---|---|---|---|---|
| ausaz | 0,000 | 0,309 | 0,070 | 0,234 |
| AM | 0,197 | 0,455 | 0,119 | 0,383 |
| DSim | **0,322** | **0,566** | **0,320** | **0,431** |
| MSFlex | 0,154 | 0,434 | 0,202 | 0,331 |
| LFlex | 0,110 | 0,381 | 0,122 | 0,323 |

Emaitza horien alderdi esanguratsuenak:

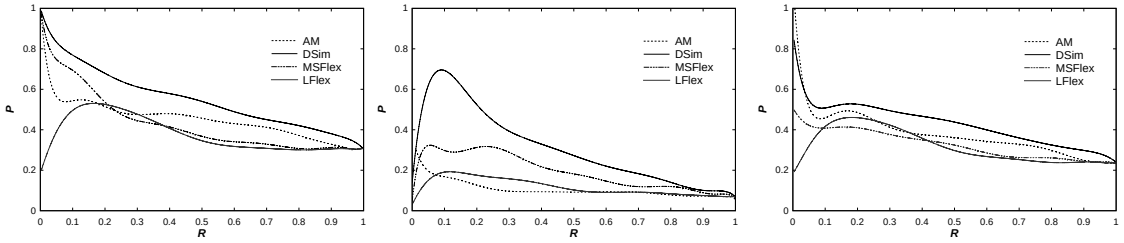
- Antzekotasun distribuzionaleko neurriak (DSim) dira idiomatikotasun-mailarekin korrelazio onena dutenak[7]. Bestetik, esapide idiomatikoen erauzketan da are nabariagoa horien nagusitasuna.
- Kolokazio-erauzketan, AM neurri onena ($t$ neurria) DSim neurrien lehiakide handia da, baina $AP_{\texttt{col}}$ emaitza onena lortu duena aditzaren semantika neurtzen duen Indri indize bat izan da. Emaitza hori oso garrantzitsua da, kolokazioak erdikonposizionalak direlako ikuspegiarekin bat baitator.

[6] *Sinonimoen Kutxa*. 2010. 3. ed. Elhuyar Fundazioa. Usurbil.

[7] Zehazki, testuinguru-dokumentuen arteko antza neurtzen duten Indri indizea eta KL dibergentzia dira neurri onenak, L2 esperimentu-modalitatean.

- MSFlex emaitza onenak esapide idiomatikoekin lortu dira ($AP_{\texttt{id}}$; zehazki, mugatasun-aldakuntzen neurketetan). Gainerakoan, ez dituzte agerkidetza-esperimentuen emaitzak gainditzen.
- LFlex neurketetan, emaitzak espero baino txarragoak dira.

2 Irudia: Idiomatikotasun-rankingen $P/R$ (doitasuna/estaldura) kurbak.




(a) UFak (b) Esapide idiomatikoak (c) Kolokazioak

### 3.5 Propietateen integrazioa: ikasketa automatikoa

Ikasketa automatikoko esperimentuak egiteko, Weka paketea erabili dugu[8]. Sei algoritmorekin probak egin ondoren (Gurrutxaga eta Alegria, 2013), bi hauekin lortu ditugu emaitza onenak[9]: Logistic Regression eta SMO (*Sequential Minimal Optimization*)[10].

Atributu gisa, aurreko ataleko neurketen emaitzak erabili ditugu, eta, Fazly eta Stevensoni (2007) jarraituz, konbinazioaren aditza ere bai. Ebaluazioan, balidazio gurutzatua erabili dugu, ebaluazio-erreferentzia ez delako oso handia (1 145 instantzia). Atributuak hautatzeko iragazkiak ikaste-multzoan dauden instantziak soilik azter ditzan, AttributeSelectedClassifier metasailkatzailea hautatu dugu.

3 taulan, lau datu-multzorekin lortutako emaitzak bistaratu ditugu: `DSim` (antzekotasun distribuzionaleko neurketak); `4 osag.` (lau propietateen neurketak); `4 osag.+ad.` (aurreko atributuak eta aditza); eta `CS-BF` (AttributeSelectedClassifier metasailkatzailean, CfsSubsetEval1 ebaluatzaileaz, eta BestFirst bilaketa-metodoaz osatutako iragazkia).

3 Taula: Ikasketa automatikoko esperimentuen emaitzak.

| Atrib. | Metod. | $CC$ | $F_{\texttt{id}}$ | $F_{\texttt{col}}$ | $F_{\texttt{free}}$ | $F_{\text{mikro}}$ | $F_{\text{makro}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oinarri-lerroa | | 69,607 | 0,000 | 0,000 | 0,821 | 0,571 | 0,274 |
| `DSim` | LR | 74,061 | 0,270 | 0,468 | 0,842 | 0,714 | 0,527 |
| `4 osag.` | LR | 73,362 | 0,355 | 0,487 | 0,837 | 0,722 | 0,560 |
| | SMO | 76,070 | 0,300 | 0,479 | 0,858 | 0,731 | 0,546 |
| `4 osag.+ad.` | SMO | **76,856** | **0,418** | **0,544** | **0,858** | **0,754** | **0,607** |
| `CS-BF` | LR | 75,721 | 0,339 | 0,487 | 0,854 | 0,732 | 0,560 |

Emaitza onenak SMO algoritmoarekin lortu dira, `4 osag.+ad.` datu-multzoa erabiliz. Beraz, ezaugarri guztiek egiten dute beren ekarpena. Hala ere, datu-multzo hori osatzeko prozesamendua handia da, eta LR metodoak atributu-hautaketa automatikoarekin lortutako emaitzek atea irekitzen diote bideragarritasunaren eta emaitzen kalitatearen arteko erlazio on bat lortzeko aukerari.

## 4 Ondorioak

Ondorio nagusia da ataza honetan estandar diren agerkidetza-tekniken emaitzak modu esanguratsuan gainditu direla, batez ere teknika semantikoen bidez, baina baita malgutasun morfosintaktikoaren neur-

[8] http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/
[9] Gainerako lauak: Naive Bayes, C4.5 decision tree (j48), RandomForest eta PART.
[10] *Support Vector Machine* edo sostengu-bektoreen makinen modalitatearen inplementazio bat.

ketaren bidez ere. Aldiz, finkapen lexikalaren neurketak ez du espero zen mailako emaitza izan.

Bestetik, fraseologiaren aurresan batzuen ebidentzia esperimentalak lortu ditugu: idiomatikotasunaren konplexutasuna, konposizionaltasunaren UF-kategorien zeharreko graduazioa, eta kolokazioen erdikonposizionaltasuna eta malgutasun morfosintaktikoa.

Ikerketa honen ekarpenak baliagarriak dira etorkizuneko hiztegigintzak automatizaziorantz izango duen bilakabidean, eta hizkuntzaren prozesamenduko arloko zenbait atazatan, hala nola datu-base lexikalen elikatzean, corpusen etiketatzean eta, testuinguru eleaniztunean aplikatuta, itzulpen automatikoan.

## 5 Etorkizuneko lanak

Lehenik, informazio sintaktiko aberatsagoa (adib., osagaien mendekotasunak) erabiltzeak erauzketa hobetu dezake. Bestetik, interesgarria da interpretazio literala eta idiomatikoa izan ditzaketen konbinazioen agerpenak bereiztea. Azkenik, komeni da garatutako metodologia corpus paraleloei aplikatzea, bi hizkuntzatako UF bikote baliokideak erauzteko eta karakterizatzeko.

## Erreferentziak

Aldezabal, I., O. Ansa, B. Arrieta, X. Artola, A. Ezeiza, G. Hernández, eta M. Lersundi. 2001. EDBL: A general lexical basis for the automatic processing of Basque. In *IRCS Workshop on linguistic databases*, 1–10, Philadelphia, Pennsylvania.

Alegria, I., Maxux Aranzabe, Aitzol Ezeiza, Nerea Ezeiza, eta Ruben Urizar. 2002. Robustness and customisation in an analyser/lemmatiser for Basque. In *Proceedings of Workshop on "Customizing knowledge in NLP applications". Third International Conference on Language Resources and Evaluation*, 1–6, Las Palmas de Gran Canaria.

——, A. Gurrutxaga, P. Lizaso, X. Saralegi, S. Ugartetxea, eta R. Urizar. 2004. An xml-based term extraction tool for Basque. In *LREC2004: 4th International Conference On Language Resources And Evaluation*, 1733–1736, Lisboa.

——, A. Gurrutxaga, X. Saralegi, eta S. Ugartetxea. 2006. Elexbi, a basic tool for bilingual term extraction from Spanish-Basque parallel corpora. In *12th EURALEX International Congress*, 159–165, Turin.

Baldwin, T., C. Bannard, T. Tanaka, eta D. Widdows. 2003. An empirical model of multiword expression decomposability. In *Proceedings of the ACL 2003 Workshop on Multiword Expressions: analysis, acquisition and treatment*, volume 18, 89–96, Sapporo.

——, eta S.N. Kim. 2010. Multiword expressions. In *Handbook of Natural Language Processing, second edition*, ed. by N. Indurkhya eta F. J. Damerau, 267–292. Boca Raton, AEB: CRC Press, Taylor and Francis Group.

Bannard, C. 2007. A measure of syntactic flexibility for automatically identifying multiword expressions in corpora. In *Proceedings of the Workshop on a Broader Perspective on Multiword Expressions*, 1–8, Praga. ACL.

Barkema, Henk. 1994. Determining the syntactic flexibility of idioms. *Realising and Using English Language Corpora* 39–52.

Berry-Rogghe, G.L.M. 1974. Automatic identification of phrasal verbs. *Computers in the Humanities* 16–26.

Church, K.W., eta P. Hanks. 1990. Word association norms, mutual information, and lexicography. *Computational linguistics* 16. 22–29.

Cowie, A.P. 1998. *Phraseology: Theory, Analysis, and Applications*. Oxford University Press, USA.

Evert, S., 2005. *The statistics of word cooccurrences: Word pairs and collocations*. University of Stuttgart tesia.

Fazly, A., eta S. Stevenson. 2007. Distinguishing subtypes of multiword expressions using linguistically-motivated statistical measures. In *Proceedings of the Workshop on A Broader Perspective on Multiword Expressions*, 9–16, Praga. ACL.

Fillmore, Charles J. 1979. On fluency. In *Individual Differences in Language Ability and Language Behavior*, ed. by D. Kempler eta W. S. Y. Wang, 85–101. New York: Academic Press.

Granger, S., eta M. Paquot. 2008. Disentangling the phraseological web. In *Phraseology: An Interdisciplinary Perspective*, ed. by S. Granger eta F. Meunier, 27–50. John Benjamins Publishing.

Gurrutxaga, A., eta I. Alegria. 2011. Automatic extraction of NV expressions in Basque: basic issues on cooccurrence techniques. In *Proceedings of the Workshop on Multiword Expressions: from Parsing and Generation to the Real World. ACL HLT 2011*, 2–7, Portland, Oregon.

——, eta ——. 2012. Measuring the compositionality of NV expressions in Basque by means of distributional similarity techniques. In *Proceedings of the 8th international Conference on Language Resources and Evaluation - LREC 2012*, 2389–2394, Istanbul.

——, eta ——. 2013. Combining different features of idiomaticity for the automatic classification of noun+ verb expressions in Basque. In *Proceedings of the 9th Workshop on Multiword Expressions (MWE 2013) NAACL HLT 2013*, volume 13, 116–125, Atlanta, Georgia.

Heid, U. 2008. Computational Phraseology. An overview. *Phraseology: an interdisciplinary perspective* 337–360.

Landis, J Richard, eta Gary G Koch. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 159–174.

Manning, C. D., eta H. Schütze. 1999. *Foundations of Statistical Natural Language Processing*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Martínez, A, 1996. Syntactic evidence in favour of degrees of incorporation in [*n*+*egin*] constructions. Eskuizkribua.

Odriozola, J.C., 2010. Euskararen aditz-unitate fraseologikoen deskribapena. Unibertsitateko katedra plazarako lehiaketa. Zientzia eta Teknologia fakultatea.

Oyharçabal, Bernard. 2006. Basque light verb constructions. *Anuario del Seminario de Filología Vasca Julio de Urquijo. R. L. Trasken oroitzapenetan ikerketak euskalaritzaz eta hizkuntzalaritza historikoaz* 40. 787–806.

Pociello, E., E. Agirre, eta I. Aldezabal. 2011. Methodology and construction of the basque wordnet. In *Language resources and evaluation*, volume 45, 121–142. Springer.

Sag, I., T. Baldwin, F. Bond, A. Copestake, eta D. Flickinger. 2010. Multiword expressions: A pain in the neck for NLP. *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing* 189–206.

Saralegi, X., I. San Vicente, eta A. Gurrutxaga. 2008. Automatic extraction of bilingual terms from comparable corpora in a popular science domain. In *6th International Conference on Language Resources and Evaluations (LREC) - Building and using Comparable Corpora workshop*, 27–32.

Sinclair, J. 1996. The search for units of meaning. *Textus* 9. 75–106.

Smadja, F. 1993. Retrieving collocations from text: Xtract. *Computational linguistics* 19. 143–177.

Urizar, Ruben, 2012. *Euskal lokuzioen tratamendu konputazionala*. Donostia: Informatika Fakultatea, UPV/EHU tesia.

Van de Cruys, T., eta B.V. Moirón. 2007. Semantics-based multiword expression extraction. In *Proceedings of the Workshop on A Broader Perspective on Multiword Expressions*, 25–32, Praga. ACL.

Wulff, S. 2008. *Rethinking Idiomaticity*. Corpus and Discourse. New York: Continuum International Publishing Group Ltd.

## Aipamenak

Tesi-lan hau Elhuyar Fundazioaren KONBITZ eta KONBITZ2 proiektuen testuinguruan egin da (EJren Ekonomia Garapena eta Lehiakortasuna sailaren SAIOTEK 2011 eta SAIOTEK 2012 programak). Ikerkuntzaren emaitzak MWE 2011 (ACL), LREC 2012 eta MWE 2013 (NAACL) nazioarteko biltzarretan aurkeztu dira (Gurrutxaga eta Alegria, 2011, 2012, 2013).

Elhuyarko I+Gko eta Ixa taldeko hainbat adituk lagundu digute ikerketan honetan. Eskerrik asko denoi.

# Ezagutzan Oinarritutako Giza-Jardueren Eredu Dinamiko eta Pertsonalizatuak Ikasten

**Azkune G.**[1] eta **Almeida A.**[1] eta **López-de-Ipiña D.**[1] eta **Chen L.**[2]

[1] DeustoTech - Deustuko Unibertsitatea. Avenida de las Universidades 24, 48007 Bilbo
[2] School of Computer Science and Informatics - De Montfort University, LE19BH Leicester (Erresuma Batua)

**Laburpena**

Giza-jarduerak sentsore eta konputazio tresnen bidez antzemateko gaitasuna oso garrantzitsua izan daiteke gizakietara egokitutako teknologiak sortzerako garaian. Horretarako, ezinbestekoa da antzeman nahi diren jarduera horien eredu konputazionalak sortzea. Gaur egun, jarduera ereduak sortzerako garaian, bi korronte nagusi aurki daitezke: datuetan oinarritutako ereduak eta ezagutzan oinarritutakoak. Biek ere abantaila eta desabantailak dituzte. Lan honen helburua da bi korronteak elkartzea eredu dinamiko eta pertsonalizatuak lortzeko, ezagutzan oinarritutako eredu orokor batzuekin hasita. Modu horretan, pertsona bakoitzaren bilakaerara egokitutako modelatze prozesuak lor daitezke.

**Hitz gakoak:** Giza-jarduera ereduak, ezagutzan oinarritutako ereduak, ikasketa automatikoa

**Abstract**

*Being able to recognise human activities by means of sensor and computational devices can be a key competence in order to achieve human centred technologies. For that purpose, it is mandatory to build computational models of the activities which have to be recognised. There are two major approaches for activity modelling: the data-driven and the knowledge-driven approaches. Both of them have advantages and drawbacks. The objective of this work is to combine both modelling approaches with the aim of building dynamic and personalised activity models, using generic knowledge-based models. This would allow implementing modelling processes which can adapt themselves to the evolution of specific people.*

**Keywords:** Human activity modelling, knowledge-based models, machine learning

## 1 Sarrera eta motibazioa

Giza-jarduerak antzemateko gaitasunak eragin handia izan dezake hainbat aplikazio esparrutan, hala nola, ingurune adimentsuak (Philipose eta Fishkin, 2004), robotika sozialean (Fong *et al.*, 2003) edo bideo bidezko zaingoan (Fernández-Caballero, 2012). Oro har, bere biziko garrantzia izan dezake erabiltzaileetara egokitzen diren teknologietan. Balizko teknologia adimentsu horiek gai izan beharko lukete erabiltzailearen unean-uneko jardueretara egokitzeko, zerbitzu pertsonalizatu bat eskaintzeko.

Giza-jarduerak antzemateko sistemek protagonismo handia izan dute etxe adimentsuetan, eta ondorioz, antzeman beharreko jarduerak etxean egunero egiten ditugunak izan dira: janaria prestatu, telebista ikusi, etxea garbitu eta abar. Horrelako jarduerak antzemateko sistema batek hiru zati nagusi izan ohi ditu: monitorizazio sistema, jarduera ereduak eta jarduerak antzemateko algoritmoak. Monitorizazio sistemak sentsorez osatuta egoten dira eta eskuarki bi talde handi bereizten dira: ikusmen artifizialean oinarritutako monitorizazio sistemak eta sentsore-sareetan oinarritutakoak (Chen *et al.*, 2012a). Lan hau bigarren taldean koka daiteke. Konkretuki, giza-jardueren informazioa bilduko da jarduera horiek exekutatzeko erabili behar diren objektuak monitorizatzen dituzten sentsore sinple batzuen bidez. Sentsore horiek objetktuarekin elkarrekintza dagoenentz adieraziko dute.

Sistemaren bigarren zatia jarduera ereduena da. Jarduera ereduek gizakiok jarduera konkretu batzuk nola exekutatzen ditugun deskribatzeko balio dute. Deskribapen horiek, modu konputazionalean egiten dira, hots, ordenagailuek ulertu eta maneiatzeko moduan. Lehenik eta behin, interesgarria da *ekintza* eta *jarduera* kontzeptuen arteko ezberdintasuna azaltzea. Ekintza bat instant batean ematen den gertaera bat da. Adibidez, edalontzi bat hartzea ekintza bat da. Jarduera bat berriz, denboran zehar hedatzen den ekintza sekuentzia bat izaten da. Kafea prestatzea, esaterako, jarduera bat da, non hainbat ekintza burutu behar diren: edalontzi bat hartu, kafea hartu, kafe-ontzia hartu, urez bete eta abar.

Eredu konputazional horiek ezinbestekoak dira jarduerak antzemateko. Hain garrantzi handia dute ezen antzemateko erabili behar diren algoritmoak (hirugarren zatia) guztiz lotuta dauden ereduak sortzeko prozesuarekin. Jarduera ereduei dagokienez, bi korronte nagusi bereiz daitezke. Alde batetik, datuetan oinarritutako ereduak daude. Monitorizazio sistematik jasotako datuak erabiltzen dira zuzenean jarduera ereduak sortzeko, ikasketa automatikoa erabiliz. Horrela, jarduera eredu pertsonalizatuak lortzen dira, pertsona konkretu baten datuetan oinarritzen baitira. Beste aldetik, ezagutzan oinarritutako ereduak daude. Hauen kasuan, domeinua eta jarduerei buruz aldez aurretik dagoen ezagutza erabiltzen da eredu orokorrak sortzeko. Eredu orokorrak edozein erabiltzaileri aplika dakizkioke, ereduek jardueren ezaugarri orokorrak biltzen baituzte eta ez pertsona batek jarduera hori exekutatzeko duen modu berezia.

Datuetan oinarritutako prozesuek eta ezagutzan oinarritutakoek ezaugarri kontrajarriak dituzte askotan (ikus 1 taula). Hori dela eta, interesgarria litzateke bi teknikok elkartzea jarduera ereduak sortzeko prozesu bakarrean, modu horretara bakoitzaren ezaugarri onenak lehenetsiz.

1 Taula: Datuetan eta ezagutzan oinarritutako jarduera ereduak sortzeko prozesuen ezaugarri kontrajarriak.

| | Datuetan oinarritutakoak | Ezagutzan oinarritutakoak |
|---|---|---|
| Eredu orokorrak | Ez | Bai |
| Eredu pertsonalizatuak | Bai | Ez |
| Eredu dinamikoak | Bai | Ez |
| Denbora eta ziurgabetsuna kudeatu | Ongi | Gaizki |
| Datuen beharra | Bai | Ez |
| Domeinuaren ezagutzaren beharra | Ez | Bai |
| Eredu ulergarriak | Ez | Bai |

Lan honen helburua hain zuzen ere bide horretan pauso esanguratsuak ematea da. Konkretuki, ezagutzan oinarritutako eredu orokorrak hartuko dira oinarritzat, hots, edozein erabiltzaileren jarduerak deskribatzeko gai diren ereduak. Ondoren, pertsona konkretu baten datuak bilduz, datuetan oinarritutako ikasketa algoritmoak garatuko dira, haserako eredu orokorrak osatuz informazio pertsonalarekin. Emaitza gisa, jarduera eredu prozesu berri bat lortuko da, non eredu orokorrak, pertsonalizatuak, dinamikoak eta ulergarriak konbinatuko diren. Denboraren eta ziurgabetsunaren kudeaketa jarduera ereduetan, ez dira kontuan hartuko lan honetan.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Jaduera eredu bat sortzerako garain hainbat parametro hartu behar dira kontuan. Lan batetik bestera ereduek biltzen duten informazioa alda daitekeen arren, orokorrean beti agertzen diren parametro batzuk daude: ekintza sekuentzia, ekintzen arteko denbora tarteak, iraupena, erabilitako objektuak eta jarduera noiz eta non exekutatu den. Parametro horiekin, jarduera bat zehaztasun handiz deskriba daiteke. Baina era batera edo bestera, parametro horiek guztiak lortu behar dira antzeman nahi diren jarduera guztientzat. Eta hor sartzen da jokuan *modelatze prozesua*, hots, jarduera ereduak sortzeko prozesua.

Jarduerak modelatzeko prozesuak bi korronte handitan banatzen dira, 1 atalean jada aipatu den bezala. Alde batetik datuetan oinarritutako ereduak ditugu eta beste aldetik ezagutzan oinarritutakoak. Bi korronteen ezaugarri kontrajarriak direla eta, modelatze prozesu hibridoak ere agertu dira azken aldian.

Datuetan oinarritutako modelatze prozesuek pertsona batek jarduerak exekutatzean bildutako sentsoreen datuak hartzen dituzte oinarritzat. Ideia nagusia, jarduera ereduen parametroak datu horietatik ateratzea da, horretarako ikasketa automatikoa erabiliz. Ikerlari batzuek ikasketa gainbegiratua dara-

bilte, Naive-Bayes sailkatzaileak (Bao eta Intille, 2004), Markov-en kate ezkutuak (Galata *et al.*, 1999) nahiz sare bayesiar dinamikoak erabiliz (Brand *et al.*, 1997). Ezberdintasunak nabarmenak badira ere, lan horiek guztiek datu-base etiketatuak behar dituzte, hots, sentsore datuekin batera, datu horiek zer jarduera deskribatzen duten jakin behar da. Eta hori da teknika horien arazo handiena: orokorrean ezin dira lortu datu-base etiketatuak pertsona guztientzat, lan ikaragarria baita datu guztiak behar bezala etiketatzea.

Ondorioz, ikasketa ez-gainbeguratuan oinarritutako modelatze prozesuak ere agertu dira. Adibide oso ona Rashidi eta Cook autoreek aurkezten duten modelatze prozesua da 2013ko lanean. Maiztasun handietan agertzen diren sentsore sekuentziak bilatzen dituzte bertan, ondoren *clustering* teknikak erabiliz, antzeko sekuentziak taldekatuz. Talde bakoitza jarduera bat dela ondorioztatzen dute, baina ez dira jardueraren izaera eta izena automatikoki antzemateko gai.

Orokorrean, datuetan oinarritutako modelatze prozesuek oso ondo maneiatzen dituzte denbora (jardueren iraupena, ekintzen arteko tartea edo jarduera noiz exekutatzen den) eta ziurgabetsuna (sentsoreen erroreen ondorioz informazioa ez da ziurra), eredu estatistiko eta probabilistikoak erabiltzen baitituzte. Gainera, pertsona baten datuetan oinarritzen direnez, sortzen diren ereduak pertsonalizatuak eta dinamikoak dira, edozein aldaketa jardueren exekuzioan modelatzeko gai direlarik. Baina desabantailak ere nabarmenak dira: (i) datu-base etiketatuen beharra oso dependentzia gogorra da, (ii) ikasitako ereduak ezin dira orokortu (pertsona eta ingurune berri bakoitzeko, ikasketa berriro egin behar da) eta (iii) ereduak beraiek ez dira ulergarriak gizakientzat, beren izaera estatistiko eta probabilistokoa dela medio.

Ezagutzan oinarritutako modelatze prozesuek beste ikuspegi batetik egiten dute lan. Datuak erabili beharrean, aldez aurretik dagoen ezagutza probesten dute ereduak sortzeko. Jakina da kafe bat prestatzeko kafea, edalontzi bat eta beste objektu batzuk behar direla. Oro har, kafe bat prestatzeko bost minutu inguru behar izaten dira. Modu horretako ezagutzaz baliatuz, ikerlari batzuek eredu logikoak sortzen dituzte (Bouchard *et al.*, 2006), (Chen eta Nugent, 2008). Beste ikerlari batzuk berriz, Web Semantikaren oinarri den OWL (*Web Ontology Language*) lengoaia darabilte jarduerak deskribatzeko (Riboni eta Bettini, 2011), (Chen *et al.*, 2012b).

Modelatze prozesu horien abantailak honakoak dira: (i) eredu orokorrak sortzen dira, edozein erabiltzaileri aplikatzeko modukoak, (ii) ez dago datuekiko menpekotasunik eta (iii) ereduek egitura logiko eta semantikoak jarraitzen dituztenez, gizakiok erraz uler ditzakegu eta beraz, beste ataza askotarako erabil ditzakegu. Desabantailak ere badaude, ordea: (i) ezin dira eredu pertsonalizatuak sortu pertsona bakoitzarentzat, ezin baita aldez aurretik jakin pertsona batek zer egingo duen, (ii) ereduak estatikoak dira, hots, behin definituz gero, ez dira egokitzen pertsona baten aldaketetara eta (iii) denbora eta ziurgabetasuna behar bezala kudeatzeko zailtasun handiak dituzte.

Bi modelatze prozesuon ezaugarri kontrajarriak direla eta (ikus 1 taula), jada agertu dira prozesu hibrido batzuk ere. Aipagarriena, ziurrenik, Chen *et al.* autoreek dakartena da 2014ko lanean. Bertan, ezagutzan oinarritutako ereduak hartzen dituzte oinarritzat. Baina pertsona baten datuetan oinarrituta, haserako jarduera horien profil pertsonalizatuak ikasten dituzte. Profil horietan jarduera noiz exekutatzen den, erabiltzen diren objektu konkretuak eta jardueraren iraupena bezalako parametroak agertzen dira. Horiek guztiak ikasketa bidez lortzen dituzte eredu orokorrak eta datuak nahastuz.

Lan honetan bide horri eusten zaio. Chen *et al.* autoreek suposatzen dute pertsona guztiek ekintza sekuentzia berdinak exekutatzen dituztela jarduera bera exekutatzeko. Horrela, beraien arabera mundu guztiak ekintza berdinak exekutatuko lituzke kafe bat prestatzerako garaian. Baina hori ez da horrela. Pertsona bakoitzak ekintza ezberdinak exekuta ditzake jarduera bera exekutatzerako garaian. Adibidez, batzuk esnea jartzen diete kafeari, baina beste batzuk ez. Ekintza konkretu horiek eredu pertsonalizatuak sortzeko ezinbesteko papera betetzen dute, eta ezin dira aldez aurretik jakin. Beraz, lan honetan, pertsona bakoitzak exekutatzen dituen ekintzak ikastea da helburu.

## 3 Ikerketaren muina

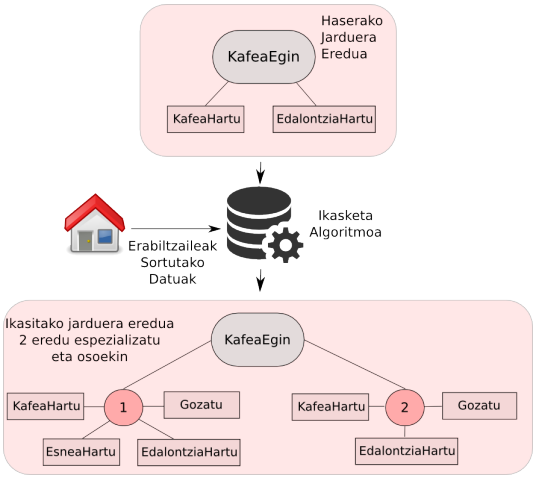
### 3.1 Oinarriak

Jarduera bat osatzen duten ekintzak zehaztea oso garrantzitsua da jarduera hori behar bezala antzemateko. Orokorrean, algoritmo gehienek aurrez ekintza horiek ezagutzen dituztela suposatzen dute, baina suposizio hori ez da zuzena pertsona ezberdinekin lan egitean. Aditu batek ezin du aldez aurretik jakin

edozein pertsonak exekuta ditzakeen ekintzak zeintzuk diren jarduera bakoitzarentzat, beraz, ekintza horiek ikasi egin behar dira.

Lan honetan, aditu batek aldez aurretik sor ditzakeen jarduera ereduek mundu guztiak exekutatzen dituen ekintzak biltzen dituela suposatzen dugu. Hau da, jarduera bat exekutatzeko behar diren derrigorrezko ekintzak bakarrik gordeko dira *haserako jarduera ereduetan*. Adibidez, kafe bat prestatzeko, ezinbestekoa dira kafea eta edalontzi bat hartzea. Ez dago inor munduan ekintza horiek exekutatu gabe kafe bat prestatzeko gai denik. Beraz, haserako jarduera ereduak bi ekintza horiek izango ditu: kafea hartu eta edalontzia hartu. Pertsona bakoitzak exekuta ditzakeen bestelako ekintzak, modelatze prozesu automatikoak ikasiko ditu, eredu *oso* eta *espezializatuak* lortuz (ikusi 1 irudia).

1 Irudia: Lan honetan lortu nahi den helburua: haserako jarduera eredu orokor bat izanda eta pertsona konkretu baten datuak jasota, ikasi jarduera horren eredu oso eta espezializatuak.



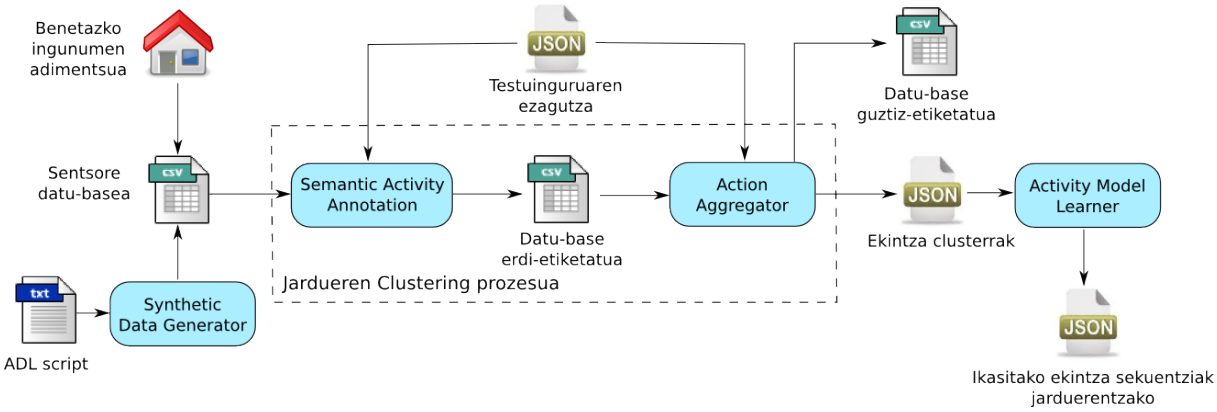

Beraz, modelatze sistema berriak, sarrera gisa hartuko ditu haserako jarduera eredu orokorrak. Ereduok, ezagutzan oinarritutakoak izango dira, aditu batek emango baititu. Bestalde, sentsore sare bat erabiliz, pertsona batek erabiltzen dituen objektuen trazak bilduko dira. Informazio boolearra izango da jasotakoa, hau da, objektuarekin elkarrekintza dagoen ala ez. Jasotako datuak erabilita eta haserako jarduera ereduak erabiliz, eredu oso eta espezializatuak lortuko dira ikasketa prozesuan.

## 3.2 Garatutako modelatze prozesua

Ekintza pertsonalizatuak ikasteko arazoari aurre egiteko, bi pausotako prozesua diseinatu da. Lehenik eta behin, haserako jarduera ereduak erabiliz, *clustering* algoritmo berezi bat inplementatu da. Bertan, haseraketa fase bat dago (*Semantic Activity Annotation* ala $SA^3$ algoritmoa), non haserako ereduak bilatzen diren sentsore datu-basean, patroien errekonozimendu algoritmo bat erabiliz (*pattern recognition*). Ondoren, bigarren fasean (*Action Aggregator* ala *AA* algoritmoa), haserako *cluster* horietatik kanpora geratu diren ekintzak aztertzen dira. Azterketa horretan ekintza bakoitzaren *mota*, *lekua* eta *denbora* kontuan hartzen dira. *Clustering* algoritmo horren emaitza, jarduera bakoitzeko ekintza sekuentzia ezberdinak dira, edo bestela esanda, *ekintza clusterrak*. Azken *cluster* horiek erabiltzen dira modelatze algoritmoan (*Activity Model Learner* ala *AML*). Bertan, elementu arraroak bilatzeko algoritmo estatistiko bat inplementatu da, *ekintza cluster* faltsuak zeintzuk diren jakiteko. Faltsuak ez diren *ekintza clusterrak* izango dira, azkenik, jarduera eredu oso eta espezializatuak. Deskribatu berri dugun prozesua 2 irudian ikus daiteke.

Modelatze prozesua osatzen duten algoritmoak berritzaileak dira esparru ezberdinetan. *Clustering* prozesuak, lehendabizikoz, haserako jarduera ereduak darabiltza *ekintza clusterrak* topatu eta etiketatzeko. Orokorrean, *clustering* algoritmoek datu-base batean dagoen egitura bilatzen dute, baina klase bakoitzari ezin izaten diete etiketarik esleitu. Kasu honetan, ordea, haserako ereduak erabiliz bi gauzak batera egitea lortzen da: egitura topatu (*ekintza clusterrak*) eta etiketatzea (jarduera izenak esleitu *cluster*

2 Irudia: Garatutako modelatze prozesuaren software arkitektura.




bakoitzari). Bestalde, *AML* algoritmoak *ekintza clusterren* antzekotasuna kalkulatzen du, jada definituriko metrika batzuk erabiliz. Elementu arraroak topatzerako garaian, antzekotasun espazioan egiten du lan. Oso antzekoak diren *ekintza clusterrak* elkarrekin fusionatzen ditu, jarduera ereduak lortuz.

### 3.3 Emaitzak

Diseinaturiko modelatze prozesua behar bezala ebaluatzeko, metodologia berri bat jarri da martxan. Pertsona ezberdinekin esperimentuak egitea egun askotan zehar ingurune sentsorizatu batean oso zaila da, eta beraz, datu-base publikoak erabili ohi dira (beste iker-talde batek egindako esperimentuek sortutako datuak). Baina tamalez, datu-base publiko horietan ezin izan da datu-base egokirik topatu modelatze prozesua ebaluatzeko. Beraz, simulazio teknikak erabili dira lan honetan.

Simulazio tekniken arazo handiena pertsonen jokabidea modelatzea izaten da. Lan honetan, arazo hori gainditzeko, inkestak egin dira hainbat pertsonen artean, jarduera ezberdinak nola exekutatzen dituzten jakiteko. Informazio hori simulatzaile berezi bati eman zaio eta hark, egun pilo baterako datuak sortzen ditu pertsona ezberdinentzako. Simulatzaileak sentsoreen erroreak eta pertsonen portaera aldaketak simula ditzake, datu errealistak sortuz.

Modelatze prozesua ebaluatzeko, zortzi pertsonen informazioa erabili da. Zazpi jarduera ezberdin definitu dira, eta zortzi pertsona horien deskribapenak erabiliz, 60 egunetako datu-baseak sortu dira pertsonako. Modelatze prozesuaren konfigurazio onenean, emaitza oso positiboak lortu dira. Jarduera bakoitzaren bilakaera edo aldaera ezberdin guztiak ikasi ahal izan dira, 2 taulan ikus daitekeen bezala. Pertsona bakoitzak jarduera bakoitza modu ezberdinetan exekuta dezake (ekintza sekuentzia ezberdinak). Taulan, zortzi pertsonentzako batezbesteko datuak agertzen dira. Adibidez, pasta prestatzeko jarduera batezbeste bi era ezberdinetan exekutatzen dute zortzi pertsonek (batezbesteko aldaerak). Modelatze prozesuak bi era horiek ongi ikasten ditu, baina batezbeste 1.12 eredu faltsu ere ikasten ditu. Kontuan izanda simulatzailean jarri den sentsore errore tasa oso handia dela, emaitzak oso ontzat jo daitezke.

2 Taula: Modelatze prozesuaren emaitzak, zortzi pertsonarentzako batezbesteko gisa.

| **Jarduera** | **Ikasketaren Emaitzak** | | | **Batezbesteko aldaerak** |
|---|---|---|---|---|
| | Eredu zuzenak | Eredu faltsuak | Ereduak guztira | |
| Txokolatea prestatu | 1 | 1.2 | 2.2 | 1 |
| Telebista ikusi | 1.14 | 0.89 | 2.03 | 1.14 |
| Hortzak garbitu | 1.25 | 1.17 | 2.42 | 1.25 |
| Eskuak garbitu | 1 | 0.75 | 1.75 | 1 |
| Pasta prestatu | 2 | 1.12 | 3.12 | 2 |
| Liburua irakurri | 1.12 | 0.14 | 1.26 | 1.12 |
| Kafea prestatu | 1.71 | 1.71 | 3.42 | 1.71 |

Argi gera dadin ekintza pertsonalizatuak ikastearen garrantzia, 3 taulan informazio interesgarria era-

kusten da. Bertan, jarduera bakoitzeko adituak identifikatu ahal izan dituen derrigorrezko ekintza kopurua agertzen da (ekintzak haseran). Hurrengo zutabean modelatze prozesuak batezbeste ikasi dituen ekintza kopurua agertzen da. Adibidez, pasta prestatzerako garaian, aditu batek hiru ekintza soilik identifikatu ditu derrigorrezko gisa. Modelatze prozesuak 6.63 ekintza ikasi ditu batezbeste. Horrek argi erakusten du haserako ereduak ikasitako ereduengandik urrun daudela eta beraz, ikasketa prozesuaren beharra dagoela eredu zehatzak lortzeko.

3 Taula: Batezbeste ikasitako ekintzen kopurua, haserako jarduera ereduetan dauden ekintza kopuruarekin aldaratuz. Emaitzak zortzi pertsonentzako batezbesteko bezala agertzen dira.

| Jarduera | Ekintzak haseran | Batezbeste ikasitako ekintzak |
|---|---|---|
| Txokolatea prestatu | 2 | 5.6 |
| Telebista ikusi | 2 | 2.55 |
| Hortzak garbitu | 3 | 3.5 |
| Eskuak garbitu | 2 | 2.79 |
| Pasta prestatu | 3 | 6.63 |
| Liburua irakurri | 2 | 2.37 |
| Kafea prestatu | 2 | 6.36 |

## 4 Ondorioak

Jarduera eredu pertsonalizatu eta dinamikoak lortzeko ezinbestekoa da ekintza sekuentzia ezberdinak ikastea pertsonako. Orain arte, arazo hori ez da tratatu, baina lan honetan erakutsi da nola konpon daitekeen, ezagutzan eta datuetan oinarritutako modelatze prozesuak konbinatuz. Lehenik eta behin, aditu batek, ezagutzan oinarritutako jarduera ereduak sortzen ditu, jarduera bakoitza exekutatzeko beharrezkoak diren ekintzak soilik identifikatuz. Ondoren, pertsona bakoitzak sortutako datuak erabiliz, ikasketa algoritmoak inplementatu dira, haserako ereduak osatu eta espezializatzeko.

Diseinatu den modelatze prozesua zortzi pertsonen datuekin ebaluatu da. Emaitzek agerian utzi dute posible dela pertsona bakoitzarentzako eredu zehatzak ikastea, jarduera bakoitzaren aldaera ezberdinak behar bezala modelatuz. Sistemak, hala ere, eredu faltsu batzuk ere ikasten ditu, proportzioan gutxi badira ere. Eredu faltsu horiek sentsore erroreen ondorio izan ohi dira. Orokorrean, eredua berriro ere aditu bati erakutsiz gero, erraza da faltsua dela identifikatzea. Baina modelatze prozesuan bertan faltsua dela identifikatzeko, ezagutza gehiago eman behar zaio sistemari. Horrek haserako ezagutza mailaren arazoa dakar, hau da, zenbat ezagutza izan behar du haseratik ikasketa sistema batek? Galdera horrek ezin du erantzun bakarra izan. Domeinuaren arabera, ezagutza lortu eta modelatzea erraza bada, egokia litzateke sistemari berau eskaintzea. Baina ezagutza hori lortzea nekeza bada, sistemak oinarrizko ezaguerarekin bakarrik egin beharko du lan, bere emaitzak aditu bati erakutsiz azken pauso gisa. Lan honetan, bigarren eszenatoki hori landu da.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honetan aurkeztu den modelatze prozesuak eszenatoki konkretu batean funtzionatzen du, hau da, pertsona bakar bat monitorizatzen denean eta jarduerak sekuentzialak direnean. Bi pertsona badaude aldi berean edo jarduerak paraleloan exekutatzen badira, algoritmoek ezingo lukete emaitza onik eman. Beraz, etorkizunerako planteatzen den lehen lana eszenatokiaren mugak gainditzea da pausoz-pauso. Interesgarria litzateke batez ere modelatze prozesua pertsona bakarra baina jarduera paraleloetara hedatzea, hori baita gizakiok jarduerak exekutatzeko dugun modua. Oso arrunta da janaria prestatzen dihardugun bitartean, esaterako, ontziak garbitzea. Eszenatoki horietan jarduerak modelatzeko aurkeztu den sistema aldatu egin behar da.

## Erreferentziak

Bao, L, eta SS Intille. 2004. Activity recognition from user-annotated acceleration data. In *Pervasive Computing*, ed. by Lecture Notes in Computer Science, 1–17, Vienna, Austria. Springer Berlin Heidelberg.

Bouchard, B, S Giroux, eta A Bouzouane. 2006. A Smart Home Agent for Plan Recognition of Cognitively-impaired Patients. *Journal of Computers* 1.53–62.

Brand, M, N Oliver, eta A Pentland. 1997. Coupled hidden Markov models for complex action recognition. In *Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition*, 994–999. IEEE.

Chen, L, J Hoey, CDÑugent, DJ Cook, eta Z Yu. 2012a. Sensor-based activity recognition. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C* 42.790–808.

——, eta CDÑugent. 2008. A logical framework for behaviour reasoning and assistance in a smart home. *International Journal of Assistive Robotics and Mechatronics* 9.20–34.

——, ——, eta G Okeyo. 2014. An Ontology-based Hybrid Approach to Activity Modeling for Smart Homes. *IEEE Transaction on Human-Machine Systems* 44.92–105.

——, ——, eta H Wang. 2012b. A knowledge-driven approach to activity recognition in smart homes. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on* 24.961–974.

Fernández-Caballero, A. 2012. Human activity monitoring by local and global finite state machines. *Expert Systems with Applications* 39.6982–6993.

Fong, T, IÑourbakhsh, eta K Dautenhahn. 2003. A survey of socially interactive robots. *Robotics and autonomous systems* 42.143–166.

Galata, A, N Johnson, eta D Hogg. 1999. Learning structured behaviour models using variable length Markov models. In *IEEE International Workshop on Modelling People*, 95–102. IEEE.

Philipose, M, eta KP Fishkin. 2004. Inferring activities from interactions with objects. *Pervasive Computing* 3.50–57.

Rashidi, P, eta DJ Cook. 2013. COM: A method for mining and monitoring human activity patterns in home-based health monitoring systems. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)* 4.64.

Riboni, D, eta C Bettini. 2011. COSAR: hybrid reasoning for context-aware activity recognition. *Personal and Ubiquitous Computing* 15.271–289.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Lan hau Espainiako Gobernuaren diru laguntzei esker burutu ahal izan da, FRASEWARE proiektuan: TIN2013-47152-C3-3-R.

Bestalde, lan hau Gorka Azkune egilearen doktoretza tesian oinarritzen da.

# Laktosaren eragina arrain gelatinazko filmetan

Etxabide, A.[1], Urdanpilleta, M.[2], Guerrero, P.[1], de la Caba, K.[1]

*BIOMAT Ikerketa Taldea. Ingeniaritza Kimikoa eta Ingurumenaren Ingeniaritza Saila (1), Fisika Aplikatua I Saila (2). Unibertsitate Eskola Politeknikoa. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)*
*alaitz.etxabide@ehu.eus*

## *Laburpena*

Laktosa kantitate ezberdineko arrain gelatinazko filmak ingurune basikoan prestatu dira, eta saretze erreakzio natural baten bidez, proteinaren propietateak aldarazi dira. Laktosadun film garden eta homogeneoei aplikaturiko bero tratamenduak, disolbagarritasuna gutxitu eta argiarekiko babesa hobetu ditu, filmei horixka kolorea emateaz gain. Proteinaren egituraren aldaketa infragorri espektroskopia (FTIR), X-izpien difrakzioa (XRD) eta indar atomikoko mikroskopia (AFM) erabiliz aztertu da.

Hitz gakoak: Arrain gelatina, laktosa, Maillard erreakzioa, FTIR, XRD, AFM

## *Abstract*

*Fish gelatin films were prepared in basic medium by mixing gelatin with different percentages of lactose, and then protein properties were modified by a natural cross-linking reaction. Transparent and homogeneous films were obtained and afterwards, these films were heated in order to promote cross-linking. Heated films showed a decrease of solubility and an improvement of light resistance, together with a color change. The change in gelatin structure was analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and Atomic Force Microscopy (AFM).*

*Keywords: Fish gelatin, lactose, Maillard reaction, FTIR, XRD, AFM*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Azkeneko urteetan, petroliotik eratorritako plastiko zabor kantitate handiek ingurumenean izan duten inpaktu negatiboagatik sorturiko kezken hazkuntzak eragin du medikuntza eta industria aplikazioetan erabilgarriak diren iturri berriztagarrietan oinarritutako material biodegradagarriak geroz eta ikertuagoak izatea. Elikagaiak babesteko filmetan edota geruzetan gehien erabiltzen diren biopolimeroen artean, animalien ehunetan aurkitzen den kolagenoaren hidrolisitik lortzen den gelatina dago. Kolagenotik gelatinarako eraldaketan, helize-hirukoitza egitura desegiten da, kateen arteko nahiz kate barruko interakzioak gutxitzen direlako, eta honi, desnaturalizazioa deritzo (Duconseille et al., 2015). Nahiz eta elikagaiak babesteko gelatinazko filmek propietate oso interesgarriak aurkeztu, urarekiko portaera higroskopikoa arazo bat da. Proteinen mikroegituran eragiten duen erreakzio garrantzitsua, polimero kateen saretzea da. Azukreen presentzian proteina berotzerakoan, ikusi da haren barruko interakzioak eta konfigurazioak alda daitezkeela, hainbat etapa dituen Maillard izeneko erreakzioa bideratzen delako (Van Boekel, 1998). Azukrearen karbonilo taldearen eta proteinaren amino talde baten artean gertaturiko erreakzioan, propietateetan eragiten duten konposatuak sortzen dira, biopolimeroa elikagaiak biltzeko material hobea bilakatuz.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburua

Industria-hondakinetatik edota elikagaien osagaietatik eratorritako material biodegradagarriek (polisakaridoak, proteinak eta lipidoak), elikagaiak babesteko erabiltzen diren plastiko konbentzionalak ordezkatzeko erakutsi duten gaitasunagatik, interes handia erakarri dute. Bakoitzaren propietateak hobetzeko, materialak elkarren artean nahasi egiten dira, hainbat sistema sortuz, adibidez: arto olioa, eguzki-lore olioa, kitina eta kitosanoa, gelatinarekin nahasi dira materialaren barrera-propietateak hobetzeko asmoz (Nur Hanani et al., 2014).

Ikerketa honek, elikagaiak ontziratzeko gelatinazko filmak sortzea du helburu. Proteina honen urarekiko portaera ahula hobetzeko asmoz, Maillard erreakzioa sustatuko duten bi aldagaiekin lan egin da; laktosa eta tenperatura. Beraz, azukre kantitateak nahiz tenperaturak gelatinazko filmen propietateetan duten eragina aztertu da.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Materialak eta metodoak

#### Materiala

Arrain gelatina izan da ikerlan honetan erabili den oinarrizko materiala. % 11,06ko hezetasuna eta % 0,15ko errautsak ditu eta Weishardt Internatioalek (Eslovakia) ekoiztutakoa da. Gehigarri moduan, glizerola eta laktosa erabili dira, plastifikatzaile eta saretze erreaktibo gisa, hurrenez hurren. Azken bi hauek Panreacek (Bartzelona) ekoitziak dira.

#### Filmen prestaketa

Gelatinan oinarrituriko filmak disoluzio metodoa erabiliz prestatu dira. Lehenengo, arrain gelatina 5 g eta laktosa (portzentajearen araberako pisua, gelatina idorrarekiko) 100 mL ur distilatuan nahastu dira eta jarraian, 80 ºC-an eta 200 bira minutuko abiaduran, 30 minutuz berogailu magnetiko batean irabiatzen utzi da nahastea. Ondoren, % 10 glizerola gehitu eta NaOH (1 N)-arekin pH-a 10an finkatu da, ingurune basikoan lan egiteko. Gero, nahastea beste 30 minutuz 80 ºC-an eta 200 bira minutuko abiaduran irabiatzen utzi da, eta azkenik, Petri ontzietan banatu da. Nahastea 25 ºC-an eta % 50eko hezetasuna duen kamara klimatiko batean uzten da, ura lurruntzeko eta filmak sortzeko (NH filmak delakoak). Film batzuek 105 ºC-an 24 orduz bero tratamendua jaso dute (HT filmak delakoak), filmen propietateengan Maillard erreakzioaren eragina aztertzeko. Horrela, laktosak eta bero tratamenduak gelatinazko filmen propietate fisiko-kimikoetan duten eragina aztertu da, kolore aldaketa totala ($\Delta E^*$) eta disolbagarritasun (TSM) balioak kalkulatuz (Etxabide et al., 2013). Gainera, erreakzioaren eragina filmen egituran aztertu da, ikusgai-ultramoreko espektroskopia (UV-vis), FTIR, XRD eta AFM erabiliz.

### 3.2 Emaitzak eta eztabaida

Elikagaien bilgarri moduan erabiltzen diren materialen disolbagarritasuna ezagutzea oso garrantzitsua da, bere osotasuna eta produktuaren freskotasun-maila mantentzeko gaitasuna ebaluatzeko. **1. taula**n ikusi daitekeen bezala, HT laktosadun filmen disolbagarritasuna nabarmenki txikitu da. Horren arrazoia izan daiteke bero tratamenduarengatik gelatinan emandako saretzeak materialaren disolbagarritasuna gutxitzen duten pisu molekular handiko agregatuak osatzen dituelako (Chiou et al., 2006). Gainera, saretze maila handitzearekin disolbagarritasuna txikitzen denez, filmen urarekiko portaeraren aldaketa gelatina eta laktosaren arteko Maillard erreakzioaren eraginagatik izan daiteke. Aipatzekoa da, NH filmak guztiz disolbagarriak direla, tenperaturak Maillard erreakzioa bultzatzen duela frogatuz. % 20 laktosa gehitzerakoan, disolbagarritasuna % 12 ingurukoa dela ikusi da, eta nahiz eta azukre gehiago gaineratu, Maillard erreakzioa gehiago garatzen ez dela ikusi da. Disolbatu ez den % 12a, gehituriko glizerol guztia (% 10) eta proteinarekin erreakzionatu ez duen laktosa izan daiteke, hidrogeno zubien bidez gelatinarekin elkarreragin dutelako.

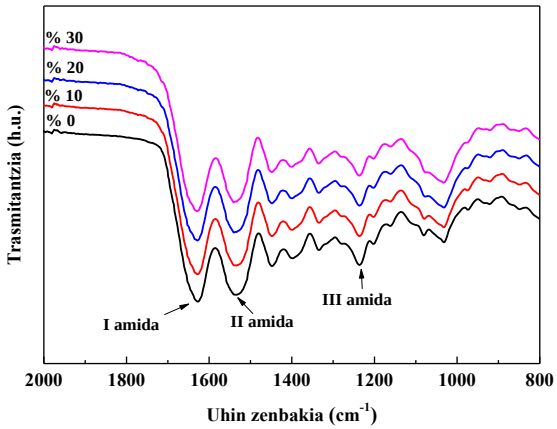
**1.taula. Bero tratamendu gabeko (NH) eta trataturiko (HT) laktosaren kopuruaren araberako filmen disolbagarritasuna.**

| Laktosa (%) | TSM (%) | |
|---|---|---|
| | NH | HT |
| 0 | 100 | 77 ± 6 |
| 10 | 100 | 16 ± 2 |
| 20 | 100 | 12 ± 4 |
| 30 | 100 | 12 ± 3 |

Proteina eta azukrearen arteko interakzioak aztertzeko FTIR erabili da eta laktosa kopuru ezberdineko HT filmen espektroak **1. irudia**n ikusi daitezke. Gelatinaren absortzio banda nagusiak C=O loturaren luzatzea (1630 $cm^{-1}$, I amida), N-H loturaren tolestea (1530 $cm^{-1}$, II amida) eta C-N loturaren luzatzea (1230 $cm^{-1}$, III amida) dira (Schmidt et al., 2005). Glizerolaren absortzio banda garrantzitsuenak aldiz, C-C eta C-O loturen bibrazioekin erlazionaturikoak dira: 850, 940 eta 1000

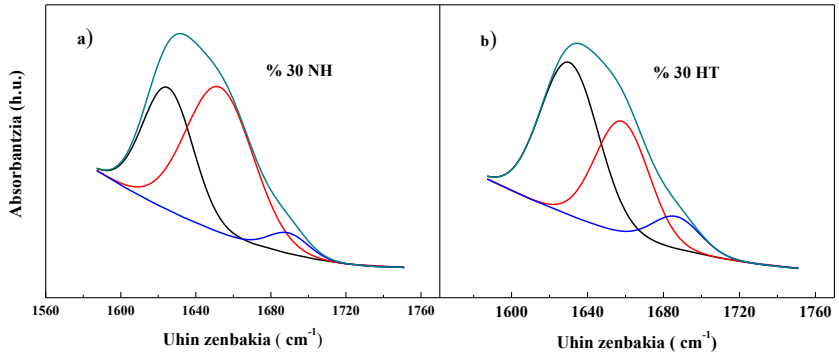
$cm^{-1}$eko bandak C-C loturekin bat datozenak, eta 1050 eta 1100 $cm^{-1}$ C-O loturenak (Basu et al., 2011). Laktosaren bandak berriz, 1180 eta 953 $cm^{-1}$-eko uhin luzeren artean kokatzen dira; 979 eta 987 $cm^{-1}$-eko bandak C-C bibrazioekin bat datoz, eta 1034 $cm^{-1}$-eko banda aldiz $CH_2$-OH taldearen C-O bibraziorenak dira (Wang et al., 2013). **1. irudia**n ikusi daiteken moduan, 1100-1000 $cm^{-1}$eko tartean kokaturik duden bi bandak, laktosa kantitatea igo heinean, intentsitate handiagoko banda bakarra izatera pasatzen dira.

**1. irudia. Trataturiko (HT) filmen FTIR espektroak, laktosa kantitatearen funtziopean.**




I amida banda proteinaren bigarren egituraren menpekoa denez, Maillard erreakzioaren eraginez gelatinan emandako egitura aldaketen analisi kuantitatiboa egin daiteke. **2. irudia**n ikus daitekeen moduan, proteinaren banda nagusia den α-helize egitura ez-ordenatuaren (1650 $cm^{-1}$) eta β-xafla egiturari egokitutako 1630-1615 $cm^{-1}$ eta 1700-1680 $cm^{-1}$ tarteetako banden intentsitateen aldaketek (Hu et al., 2010), erreakzioaren eraginez proteinaren destolestatzea gertatu dela adierazten dute. NH filmen kasuan, α-helizeari dagokion bandaren intentsitatea handiagoa da β-xaflarekin konparatuz. HT filmetan berriz, β-xaflak eratzeak, 1689 eta 1625 $cm^{-1}$-eko banden intentsitateen igoera eragin duela ikusi da, eta ondorioz, α-helize bandaren intentsitatea txikitu da. Izan ere, beroagatik desnaturalizatutako proteinetan, β-xaflez osaturiko agregatuak egotea ohikoena da (Susi et al., 1967), eta ondorioz, nagusiki β-xaflez osaturiko agregazioak sortzen direla ikusi da. Beraz, azterketa honekin, egitura erregular eta desordenaturiko segmentuetatik, β-xafla egiturara pixkanakako konbertsioa dagoela ikusi da (Quinn et al., 2003), Maillard erreakzioaren eragina gelatinaren egituran ikusiz.

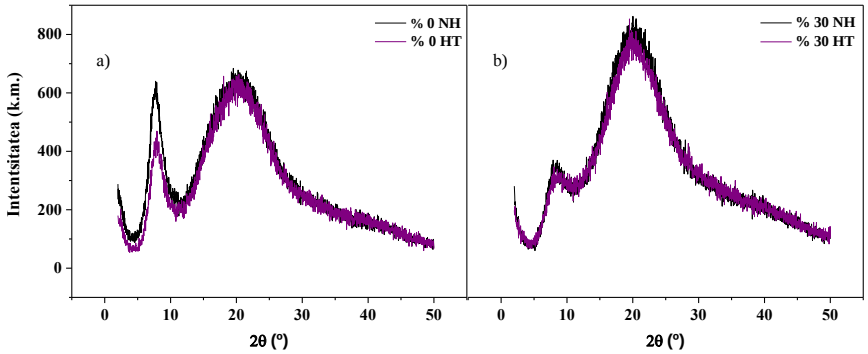
**2.irudia. I amidari egokituriko kurba espektroa % 30 laktosadun filmentzat: a) bero tratamendu gabeko (NH) eta b) trataturiko (HT) filmentzat.**




Gelatinaren egiturari analisi sakonago bat egiteko, XRD teknika erabili da. **3. irudia**n ikus daitekeen bezala, gelatinan oinarrituriko lagin guztiak bi difrakzio banda erakusten dituzte; 21 º-ko pikoa gelatinaren zati kristalinoari dagokiona eta 7,4 º-koa kolageno natiboaren helize-hirukoitzaren hondarrari dagokiona (Guerrero et al., 2012). Laktosadun laginak berotzerakoan, gelatinaren zati kristalinoa handitzen dela ikusi da, proteina eta azukrearen arteko lotura kobalenteen eraketak ordenamendu handiagoko egitura osatzen duelako. Aldiz, helize-hirukoitzaren banda txikitu egiten da, Maillard erreakzioan eraturiko sareek gelatinaren kateen arteko elkarrekintzaren murrizketa eragin

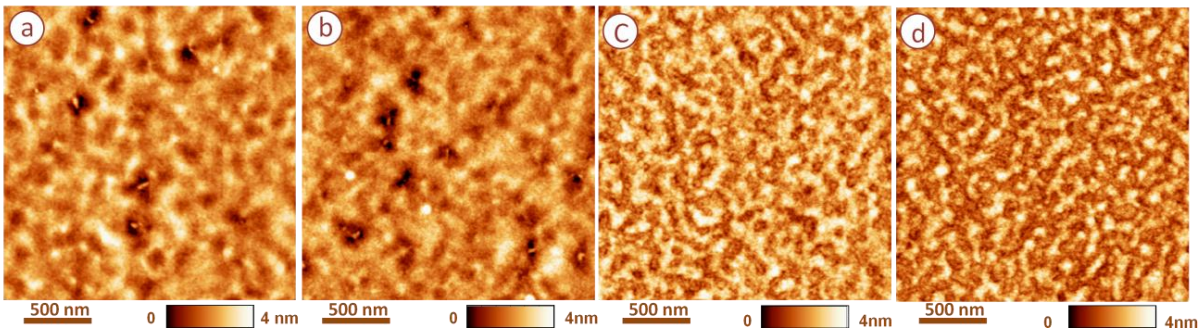
dutelako, eta ondorioz, kolagenoaren helize-hirukoitzaren berrantolaketa oztopatzen du (Elharfaoui et al., 2007).

**3. irudia. Bero tratamendu gabeko (NH) eta trataturiko (HT) filmen XRD espektroak: a) laktosa gabekoak eta b) % 30 laktosadunak.**



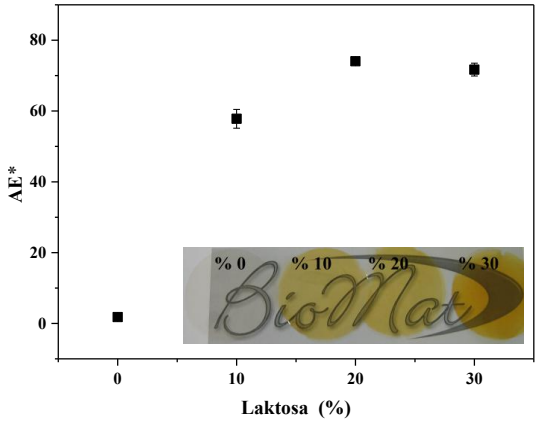

Arrain gelatinazko filmen gainazaleko egituraren azterketa egiteko, AFM teknika erabili da, eta emaitzak **4. irudia**n ikus daitezke. NH filmetan (**4. irudia** a), eraztun formako poroak (Wang et al., 2008) eta XRD bidez ikusitako helize-hirukoitzaren presentziarekin bat datorren zuntz-egiturak ikusten dira.Tenperaturaren eragina aztertzeko, laktosa gabeko filmak berotu egin dira (**4. irudia** b), eta zuntz-egiturak txikitu eta forma irregularreko agregatuak agertu direla ikusi da, XRD bidez tenperaturarengatik helize-hirukoitzari dagokion bandaren txikitzearekin bat etorriz. Laktosaren eraginak gelatinaren nano-egitura aldatu egiten duela ikusi da (**4. iruda** c). Izan ere, azukrearen gehitzeak helize-hirukoitza txikitzeaz gain, pisu molekular baxuko agregatuak eratzen ditu. Azkenik, tenperatura nahiz laktosaren eraginak (**4. irudia** d) aztertzerakoan, gelatinaren egitura nabarmenki aldatu dela ikusi da, Maillard erreakzioan sorturiko pisu molekular altuko konposatuek ordenamendu ezberdineko domeinu bereizgarriak sortzen dituztelako (Liu eta Zhong, 2012).

**4. irudia. Filmen nano-egitura: a) laktosarik eta berotu gabeko filmena, b) laktosarik gabeko eta trataturiko filmena, c) % 30 laktosadun eta berotu gabeko filmena, eta d) % 30 laktosadun eta trataturiko filmena.**



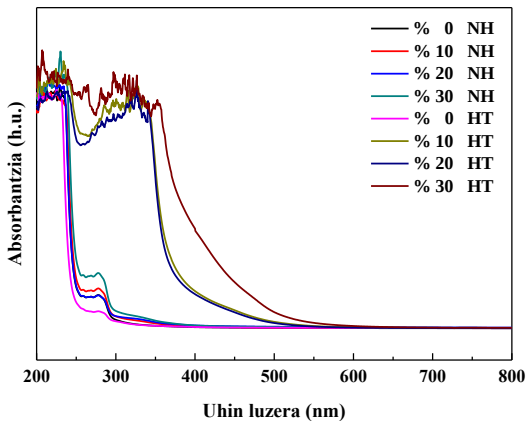

Filmek duten kolorea ere garrantzizkoa da ontziraturiko produktuen itxuran zuzenean eragiten duelako, eta ondorioz, eroslearen onarpenean (Monedero et al., 2009). **5. irudia**n ikusten den bezala, filmak homogeneoak eta gardenak izaten jarraitzen dute, nahiz eta laktosaren gehikuntzak eta bero tratamenduak kolore horixka eman. Kolorearen eraldaketa azukre eta proteinaren arteko Maillard erreakzioaren azkeneko etapan sortzen diren melanoidina konposatuek eragiten dute. Bestetik, gehituriko laktosa kantitateak kolore aldaketa totalean (ΔE*) eragina duela frogatu da (**5. irudia**), izan ere, geroz eta azukre gehiago, orduan eta karbonilo talde gehiago egongo dira proteinaren amino taldeekin errazago eta azkarrago erreakzionatuko dutenak. Ondorioz, gehituriko laktosa kantitateak Maillard erreakzioren garapen abiaduran eragiten duela esan daiteke.

**5. irudia. Trataturiko (HT) filmen kolore aldaketa totala (ΔE*) laktosa kantitatearen funtziopean.**




Filmek, UV argiak eragin ditzaken aldaketa kimikoetatik babestu behar dute elikagaia, eta horregatik, gelatina eta laktosaren arteko saretzeak filmengan duen eragina UV-vis espektroskopia erabiliz aztertu da. **6. irudia**n ikusi daiteken moduan, laktosa kantitate ezberdineko NH filmek argiarekiko babes propietate oso onak aurkeztu dituzte, gelatinaren berezko lotura peptidiko (200-250 nm) eta aminoazido aromatikoengatik, hala nola, tirosina eta fenilalanina kromoforoak (250-300 nm) (Samira et al., 2014). Filmek bero tratamendua jasaterakoan, UV argiarekiko babesa uhin-luzera handiagoetara zabaltzen da. Iza ere, Maillard erreakzioaren ondorioz aminoazido konposatu aromatikoen kantitatea igotzen da (250-300 nm) eta laktosa eta gelatinaren arteko lotura kobalenteek eratutako egitura konjugatuak sortzen dira (300-400 nm).

**6. irudia. Filmen UV-vis argiarekiko babesa laktosa kantitatearen funtziopean, berotu gabeko (NH) eta trataturiko (HT) filmetan.**




## 4. Ondorioak

Elikagaiak babesteko erabili nahi diren arrain gelatinazko filmen propietate funtzionalak, laktosa portzentaje ezberdinak erabiliz hobetu dira. Laktosaren gehikuntzak eta bero tratamenduak Maillard erreakzioa bultzatzea eragin dute, proteinaren egitura α-helizetik β-xaflara eraldatuz. XRD teknikak erakutsi bezala, laktosak eta bero tratamenduak helize-hirukoitza egitura kopuruaren gutxitzea eta zati kristalinoa handitzea eragin dute, AFMko emaitzen zuntz-egituren murriztearekin eta agregatuen eraketarekin bat eginez. Bestetik, erreakzioan sorturiko konpasatuek argiarekiko babesa hobetzen dute, filmen homogeneotasuna eta gardentasuna mantenduz. Maillard erreakzioak arrain gelatinazko filmen propietateak hobetu dituela frogatu da.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Laborategi-mailan gelatinazko filmak lortu ondoren, eskala industrialeko prozesuetara hurbiltzeko helburuarekin, plastiko sintetikoen prozesatzean gehien erabiltzen diren estrusio eta injekzio makinen bidez, gelatina termoplastikoa lortzeko bidea hartuko da. Injektaturiko laginen propietate termiko, mekaniko eta higroskopikotasuna aztertuko dira, laktosa kantitatearen eta tenperaturaren funtziopean.

## 6. Erreferentziak


Basu, S., Shivhare, U. S., Singh, T. V. eta Beniwal, V.S. (2011). Rheological, texture and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam, *Journal of Food Engineering*, 105, 503-512.

Chiou, B. S., Vena-Bustillos, R. J., Shey, J., Yee, E., Bechtel, P. J. eta Imam, S. H. (2006). Rheological and mechanical properties of cross-linked fish gelatins, *Polymer*, 47, 6379-6386.

Duconseille, A., Astruc, T., Quintana, N., Meersman, F. eta Sante-Lhoutellier, V. (2015). Gelatin structure and composition linked to hard capsule dissolution: A review, *Food Hydrocolloids*, 43, 360-376.

Elharfaoui, N., Djabourov, M. eta Babel, W. (2007). Molecular weight influence on gelatin gels: structure, enthalpy and rheology, *Macromolecular Symposia.*, 256, 149-157.

Etxabide, A., Leceta, I., Guerrero, P. eta de la Caba, K. (2013). Arrain gelatinan oinarrituriko film biodegradagarriak, *Ekaia*, 26, 53-67.

Guerrero, P., Beatty, E., Kerry, J. P. eta de la Caba, K. (2012). Extrusion of soy protein with gelatin and sugars at low moisture content, *Journal of Food Engineering*, 110, 53-59.

Hu, X., Lu, Q., Sun, L., Cebe, P., Wang, X., Zhang, X. eta Kaplan, D. L. (2010). Biomaterials from ultrasonication-induced silk fibroin-hylauronic acid hydrogels, *Biomacromolecules*, 11, 3178-3188.

Liu, G. eta Zhong, Q. (2012). Glycation of Whey Protein To Provide Steric Hindrance against Thermal Aggregation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 9754-9762.

Monedero, F. M., Fabra, M. J., Talens, P. eta Chiralt, A. (2009). Effect of oleic acid-beeswax mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films, *Journal of Food Engineering*, 91, 509-515.

Nur Hanani, Z. A., Roos, Y. H. eta Kerry, J. P. (2014). Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food roducts, *International Journal of Biological Macomolecues*, 71, 94-102.

Quinn, G., Monahan, F. J., O`Sullivan, M. eta Langares, A. (2003). Role of covalent and noncovalent interactions in the formation of films from unheated whey protein solutions following pH adjustment, *Journal of Food Science*, 68, 2284-2288.

Samira, S., Thuan-Chew Tan, T.C. eta Azhar, M.E. (2014). Effect of ribose-induced Maillard reaction on physical and mechanical properties of bovine gelatin films prepared by oven drying, *International Food Research Journal*, 21, 269-276.

Schmidt, V., Giacomeli, C. eta Soldi, V. (2005). Thermal stability of films formed by soy protein isolate-sodium dodecyl sulfate, *Polymer Degradation and Stability*, 87, 25-31.

Susi, H., Timasheff, S.N. eta Steves, L. (1967). Infrared spectra and protein conformations in aqueous solutions: I. The amide I band in $H_20$ and $D_2O$ solutions, *Journal of Biological Chemistry*, 242, 5460-5466.

Van Boekel, M. A. J. S. (1998). Effect of heating on Maillard reacton in milk, *Food Chemistry*, 62, 403-414.

Wang, W. Q., Bao, Y. H. eta Chen, Y. (2013). Characteristics and antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products from interactions in a whey protein isolate and sugars system, *Food Chemistry*, 139, 355-361.

Wang, Y., Yang, H. eta Regenstein, J. M. (2008). Characterization of fish gelatin at nanoscale using force microscopy, *Food Biophysics*, 3, 269-272.


## 7. Eskerrak eta oharrak

Egileek, Euskal Herriko Unibertsitateak UPV/EHU (GIU12/06 ikerketa taldea), Eusko Jaurlaritzak (S-PE12UN002 eta S-PE13UN057 proiektuak), eta Gipuzkoako Foru Aldundiak (OF144/2014 (B)) emandako diru laguntza eskertzeaz gain, UPV/EHUko Ikerkuntzarako Zerbitzu Orokorrari (SGIKer) eskertu nahi diete. Alaitz Etxabidek, UPV/EHUri ikerketarako emandako diru-laguntza (PIF13/008) eskertzen dio.

# Hidrogenoaren ekoizpena plastikoetatik abiatuz

Barbarias I., Lopez G., Amutio M., Artetxe M., Alvarez J., Arregi A. eta Olazar M.

*Ingeniaritza Kimikoa Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea*
*UPV/EHU, P.O. Box 644, 48080 Bilbo*
*e-posta: itsaso.barbarias@ehu.eus*

## *Laburpena*

Ikerketa hau plastikoetatik hidrogenoa lortzeko prozesu batean datza. Plastikoak birziklatzeko ezagunak diren metodoez gain, badira birziklatze kimiko bezala ezagutzen diren teknikak: pirolisia, gasifikazioa, hidrolisia, glikolisia, etab. Plastiko hondakinen balorizazioari dagokionez, pirolisia (oxigenorik gabeko degradazio termikoa) da interes gehien duen prozesua. Plastikoak pirolisatzean lortzen diren produktu hegazkorrak tratatuz, hidrogenoan oso aberatsa den gas bolumen handiak lortu daitezke.

Hitz gakoak: hidrogenoa, plastikoa, pirolisia, bapore bidezko erreformatua

## *Abstract*

*This study is based on a process to produce hydrogen from plastics. Apart from usual ways to recycle plastics, there are techniques known as chemical recycle processes: pyrolysis, gasification, hydrolysis, glicolysis… Pyrolysis (thermal degradation in absence of oxygen) is the most interesting way to assess plastics wastes. Treating the volatiles obtained in the pyrolysis of plastics, an important volume of gases it can be obtained with high concentrations of hydrogen.*

*Keywords: hydrogen, plastic, pyrolysis, steam reforming.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Azken urteotan, mundua energia krisi batean murgilduta aurkitzen da baliabideen gutxitze eta ingurumen arazoak direla eta (Barnwal eta Sharma, 2005). Erregai fosilak, gaur egungo azpiegitura energetikoan duten erabilera zabalagatik, karbono dioxidoaren isurtze iturririk handiena bezala daude kontsideratuta, zein neurri handi batean klima aldaketaren eta berotze globalaren erruduntzat jotzen den (Zanganeh eta Shafeen, 2007). Erregai alternatiboa teknikoki bideragarria, ekonomikoki lehiakorra, ekologikoki onargarria eta erraz eskuragarri daitekeen erregai bat izan behar da (Meher et al., 2006).

Hidrogenoa, erregai fosilak ordezkatzeko bektore energetiko itxaropentsua da eta etorkizuneko azpiegitura energetikoan rol garrantzitsua jokatzen du (Ma et al., 2013). Gainera, industrian asko erabiltzen den konposatu bat da eta balio erantsi altua dauka. Hidrogenoaren aplikaziorik garrantzitsuenak amoniakoren eta metanolaren sintesiaz gain, birfindegietako prozesuetan aurkitzen dira, petrolioaren eta bere frakzioen desulfurazioa eta frakzioa arinagoak lortzeko hidrokrakeoa adibidez.

Gaur egun, hidrogenoa lortzeko biderik erabiliena gas naturalaren edo beste hidrokarburo arinen konbertsioa da. Produzitzen den hidrogenoaren % 96a erregai fosilen konbertsiotik dator, gas naturalaren erreformatutik esate baterako. Baina ondo garatutako teknologia hauek, karbono dioxido kantitate handiak isurtzen dituzte atmosferara. Karbono dioxidoaren eragina murrizteko, hidrogenoa produzitzeko iturri desberdinak ikertzen ari dira.

Urtero, munduan zehar, hondakin plastiko kantitate handiak sortzen dira eta horietatik gehienak erraustuta edo zabortegietan bukatzen dute. 2012. urtean, erabili ondorengo 25.2 Mt plastiko hondakin berreskuratu ziren Europan (Plastics Europe, 2013). Hondakin plastiko hauek, hidrogeno ekoizpenaren iturri potentzialak izan daitezke beraien pirolisitik sortzen diren gasak, bapore bidezko erreformatu katalitikoz tratatuz gero. Birziklatzeko metodo honen arazo nagusia, plastikoek duten eroankortasun termiko baxua eta beraien izaera itsaskorra dira. Eragozpen hauek ekiditeko, ezinbesteko da pirolisia erreaktore egoki batean burutzea. Aurretik egindako ikerketetan, iturri ohantze konikoa deitzen zaion erreaktorea egokiena dela

ondorioztatu da (Artetxe et al., 2010). Erreaktore mota honek ohantzeari eragiten dion mugimendu ziklikoari esker, bero eta materia transferentzia altuak lortzen dira (Elordi et al., 2011b).

Ikerketa honetan, plastikoetatik hidrogenoa lortzeko bi etapa erabili dira. Lehenengo etapan, plastikoen pirolisia (oxigenorik gabeko degradazio termikoa) burutu da 500 ºC-tan eta lortu diren gasak, bigarren etapa batera pasatu dira jarraian. Gas honen % 92a masan, ezkoek (zerek) osatzen dute eta gainontzekoa gas arinak dira. Ezkoak, hidrokarburo lineal luzeak dira eta 21 karbono atomotik gora izan ditzakete ($C_{21+}$). Konposatu hauek, erregai gisa edo birfindegietako prozesu batzuetan elikagai bezala erabili ohi dira balio erantsitako produktuak lortzeko, baina hidrogenoa lortzeko ere erabili daitezke, ikerketa honetako prozesua jarraituz.

Bigarren etapan, bapore bidezko erreformatu katalitikoa burutu da, non, aurretik lortutako ezko eta gas arinetatik hidrogenoa lortzen den hurrengo erreakzioari jarraituz:

$$(CH_2)_n + n\,H_2O \rightarrow 2n\,H_2 + n\,CO \qquad (1)$$

non, $(CH_2)_n$ ezkoen formulazio kimikoa den. Bigarren etapa honetan, erreakzioa aurrera eramateko erabili den tenperaturak hidrogenoaren ekoizpenenean nola eragiten duen aztertu da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gaur egun, hidrogenoa lortzeko prozesuak oso garrantzitsuak dira baina plastikoak abiapuntu dituzten ikerkuntzak ez daude oso aztertuak. Plastikoen birziklapena helburu duten ikerketa gehienak, plastikoa osatzen duen polimeroa apurtzean oinarritzen dira, sintesi kimikoan erabiltzen diren monomeroak lortzeko (Elordi, et al.,2011a; Artetxe et al., 2010; Artetxe et la. 2012). Horregatik, plastikoetatik hidrogenoa lortzeko prozesuak ez daude hain sakondurik. Gainera, ikerketa hau bezala, bi etapatan oinarritzen diren prozesuen ikerkuntza oraindik eta murritzagoa da, gehienak etapa bakarrean aritzen baitira. Etapa bakarrean egitea, ekonomikoki merkeago izateaz gain erraztasuna suposatzen du, baina bi etapa erabiltzearen alde positiboa hidrogeno gehiagoren ekoizpenean dago.

Aurretik aipatu bezala, ikerketa honen helburua plastikoetatik hidrogenoa lortzea da. Horretarako bi etapaz baliatuko gara: i) lehena pirolisia da, non plastikoa termikoki degradatuko den 500 ºC-tan, iturri ohantze konikoa deitzen den erreaktorean; ii) bigarrena, pirolisitik irteten diren gasen bapore bidezko erreformatua, ohantze fluidizatuko erreaktorean burutzen da, non hidrogenoa lortuko den. Bigarren etapa honetako erreakzioa tenperatura desberdinetan eraman da aurrera, tenperaturak hidrogenoaren ekoizpenean nola eragiten duen ikusteko.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1. Parte esperimentala

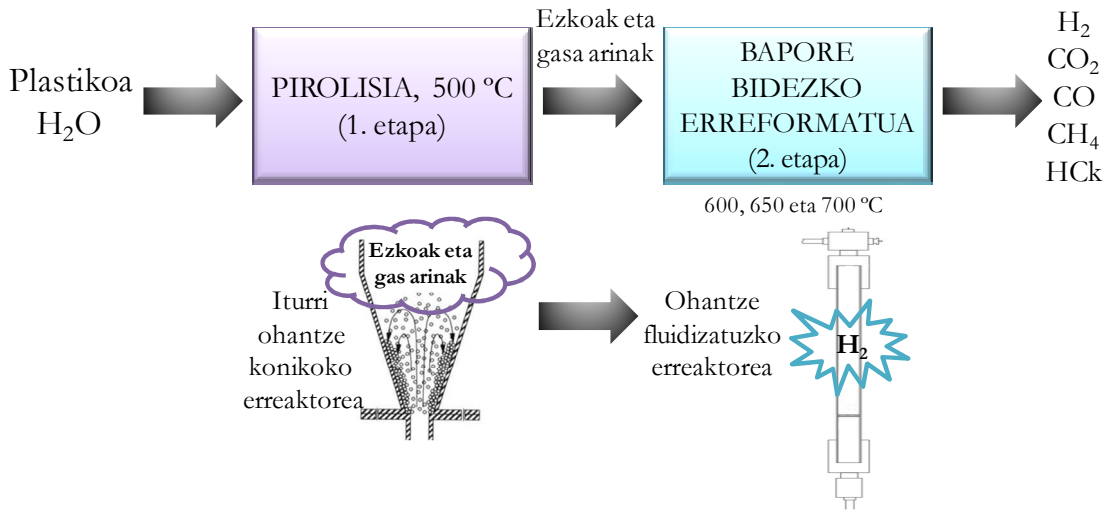
Aurreko atalean aipatu gisa, prozesua bi etapatan burutu da, 1. irudiko prozesuaren eskema jarraituz. Lehena, pirolisia, 500 ºC-tan eraman da aurrera. Iturri ohantze konikoa deritzon erreaktorera, plastikoa era jarrai batean elikatu da, 0.75 g/min-ko abiadurarekin eta ura 3 ml/min-ko abiadurarekin. Erabili den plastiko mota, dentsitate handiko polietilenoa (HDPE) izan da. Erreaktore honetako ohantzea, 0.3-0.335 mm-tako 50 g harek osatzen dute. HDPEa, elikatu bezain laster urtu egiten da eta tenperatura altuaren eraginez gas erara pasatzen da. Gas honen %92a ezkoek osatzen dute eta gainontzekoa gas arinek. 1. irudian agertzen den bezala, lehenengo etapara ura ere elikatzen da, baina erreaktorera iritsi aurretik bapore bihurtzen da. Bapore honek pirolisian ez du inongo eraginik, harezko ohantzea mugiarazi eta sortu berri diren gasak bigarren etapara arrastatzen ditu lehenbailehen, hauek apurketarik jasan ez dezaten tenperatura altuaren eraginez.

Gas hauek, bigarren etapara heltzen direnean erreformatu egiten dira 1. ekuazioari jarraituz. Etapa honetan, aurretik elikatu den baporeak eta gasak, gehienbat ezkoak, erreakzionatzen dute ohantze

fluidizatuko erreaktorean. Erreakzioa gertatzearen arrazoia, bigarren erreaktore honetan aurkitzen den nikelezko katalizatzailea da. Etapa honetako ohantzea, 0.4-0.8 mm-tako 12.5 g katalizatzailek eta 0.3-0.335 mm-tako 12.5 g harek osatzen dute. Erreformatuko tenperaturak nola eragiten duen ikusteko, erreakzioa hiru tenperatura desberdinetan egin da 600, 650 eta 700 ºC. Tenperaturen goiko muga katalizatzaileak mugatzen du, tenperatura altuagoak bere desaktibazio itzulezina eragin dezakeelako. Beheko limitea aldiz, ezkoen transformazio osoa ziurtatzen duen tenperatura bat da, izan ere, tenperatura baxuagoek operazio arazoak eta material karbonotsu baten agerpena ekarri dezakete.

Bigarren etaparen irteeran lortu diren produktuetatik garrantzitsuena hidrogenoa da baina badira beste konposatu batzuk ere, hala nola karbono dioxidoa, karbono monoxidoa, metanoa eta hidrokarburo arinak bezala definitutako konposatu arinen multzoa. Hidrogenoa eta karbono monoxidoa erreformatuko erreakzioan (1. ekuazioa) sortu dira baina karbono dioxidoa aldiz, *Water Gas Shift* (WGS) deitzen den erreakziotik sortu da, non elikatzen den baporeak eta sortu berri den karbono monoxidoak erreakzionatzen duten, karbono dioxidoa eta hidrogenoa emateko. Metanoa eta hidrokarburo arinen multzoa, ezkoen apurketa termikotik datoz.

**1. irudia. Bi etapatan burututako prozesuaren eskema.**

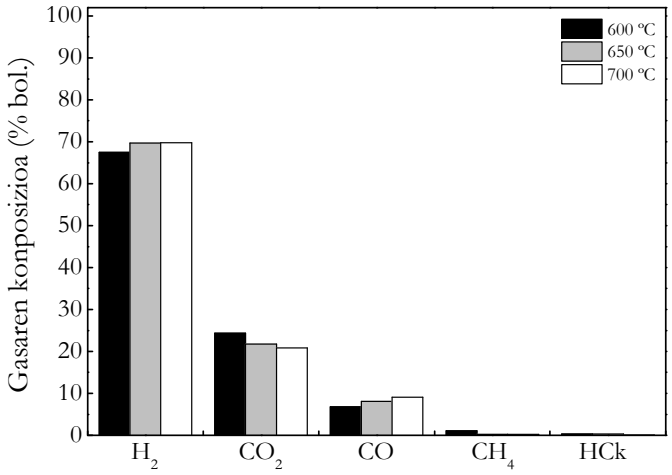



### 3.2. Emaitzak

2. irudian ikus daitekeen moduan, hidrogenoa da bukaeran lortzen den gasaren produkturik garrantzitsuena, bere kontzentrazioa gutxi gorabehera % 70era iristen baita bolumenean. Aipatzekoa da, tenperaturak ez daukala eraginik hidrogenoaren kontzentrazioan, hiru kasuetan ia berdina lortzen baita. Gainontzeko produktuei dagokionez, $CO_2$-aren kasuan bere kontzentrazioa % 25era heltzen da 600 ºC-tan baina tenperatura 700 ºC-tara igotzean % 20ra jaisten da. COaren kasuan, tenperatura igo ahala bere kontzentrazioa handitzen doa, 700 ºC-tan %9ra iritsiz.

Erreformatuko erreakzioa endotermikoa da, hau da, erreakzioak energia xurgatzen du, beraz, zenbat eta tenperatura altuagoan lan egin, energia gehiago berenganatzen du eta $H_2$ eta CO gehiago produzitzen dira. Nahiz eta oso kontzentrazio baxuan, metanoa eta hidrokarburo arinak ere agertzen dira irteerako gasean. Metanoa, ezkoen apurketa termikotik edota pirolisiko gas arinetatik dator eta baporearekin kontaktuan dagoenean erreakzionatu egiten du hidrogenoa eta karbono monoxidoa emateko, ezkoen erreformatuko erreakzioaren antzera (1. ekuazioa). Beraz, kasu honetan ere tenperatura zenbat eta altuagoa izan, orduan eta metano gehiago erreformatuko da erreakzioaren endotermikotasunagatik. Hidrokarburo arinen multzoari dagokionez, hauek ezkoen apurketa termikoan dute eratorria, izan ere ezkoak hidrokarburo lineal oso luzeak dira eta tenperaturaren eraginpean apurtu egiten dira, hidrokarburo txikiagoak sortuz.

**2. irudia. Tenperatura desberdinetan lortutako gasaren konposizioa.**




Bi etapako prozesu honi jarraituz, pirolisian sortu diren ezkoen %98a transformatu da, gehienbat hidrogeno, karbono monoxidoa eta karbono dioxidoa emateko, baina baita metanoa eta hidrokarburo arinak ere. Erreakzionatu ez duten ezkoen %2a bigarren etaparen bukaeran berreskuratzen da. Prozesu guztia kontuan izanda, 30 g hidrogeno lortu dira elikatu diren 100 g plastikoko.

## 4. Ondorioak

Alde batetik, ezarritako baldintzetan iturri ohantze konikodun erreaktorea plastikoen pirolisirako egokia den teknologia bat dela frogatu da, eragiten duen bero transferentzi altua eta ohantzearen etengabeko mugimendu indartsuagatik. Baldintza hauek, 500 ºC-tako tenperatura, 0.75 g/min plastiko eta 3 ml/min ur elikadura eta 0.3-0.335 mm-tako 50 g harezko ohantzea, egokiak dira plastikoen pirolisitik ezkoen ehuneko handi bat lortzeko.

Beste alde batetik, ohantze fluidizatuko erreaktorean erabili diren baldintzak ere (0.4-0.8 mm-tako 12.5 g katalizatzailek eta 0.3-0.355 mm-tako 12.5 g harek osatzen duten ohantzea eta tenperatura desberdinak) egokiak direla frogatu dira, hidrogeno kontzentrazio altuak lortzen baitira kasu guztietan. Erabili den nikelezko katalizatzailea ere egokia da. Tenperaturaren eraginari dagokionez, nahiz eta erreformatuko erreakzioa endotermikoa izan, tenperaturak hidrogenoaren konposizioan eragin handirik ez duela ikusi da.

Guzti hau kontuan izanik, plastikoetatik hidrogenoa lortzeko bi etapako prozesu hau egokia dela ondorioztatu daiteke.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Prozesu honen helburua, plastikoetatik hidrogenoa lortzea da aurretik esan bezala. Baina, zenbat eta hidrogeno gehiago lortu orduan eta errentagarriagoa izango da prozesua, betiere ekonomikoki bideragarria bada. Ideia horri jarraituz, ikerketa honetan tenperaturaren eragina bakarrik aztertu da, baina badaude optimizatu daitezkeen baldintza gehiago, hala nola elikatzen den bapore eta plastiko kantitatea, erabiltzen den katalizatzaile masa, katalizatzaile mota desberdinak etab.

Kontuan izan behar den beste aspektu bat, erabiltzen den plastiko mota da. Gaur egun, plastiko mota ugari daude (polipropilenoa PP, poliestirenoa PS, dentsitate txikiko polietilenoa LDPE, polietilen tereftalatoa PET, polibinil kloruroa PVC, etab) baina ikerketa honetan dentsitate handiko polietilenoa, HDPE, bakarrik aztertu da, hiri hondakin solidoetan asko aurkitzen den plastikoa baita. Ikerketaren oinarria plastikoen birziklapena da, baina hiri-hondakin solidoetan plastiko mota guztiak nahastuta aurkitzen dira eta ez bereizita. Beraz, behin HDPEtik ahalik eta hidrogeno gehien lortzeko behar diren baldintza optimo guztiak izanda, plastikoen nahasketa erreal batek nolako emaitzak ematen dituen interes handiko helburua da.

## 6. Erreferentziak

Artetxe, M., Lopez, G., Amutio, M., Elordi, G., Bilbao, J., Olazar, M., Light olefins from HDPE cracking in a two-step thermal and catalytic process. *Chem.Eng.J.*, 207-208, 27-34 (2012)

Artetxe, M., Lopez, G., Amutio, M., Elordi, G., Olazar, M., Bilbao, J., Operating conditions for the pyrolysis of poly-(ethylene terephthalate) in a conical spouted-bed reactor. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 49, 2064-2069 (2010)

Barnwal, B.K. eta Sharma, M.P., Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9, 363-378 (2005)

Elordi, G., Olazar, M., Lopez, G., Artetxe, M., Bilbao, J., Continuous polyolefin cracking on an HZSM-5 zeolite catalyst in a conical spouted bed reactor. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 50, 6061-6070 (2011a)

Elordi, G., Olazar, M., Lopez, G., Artetxe, M., Bilbao, J., Product yields and compositions in the continuous pyrolysis of high-density polyethylene in a conical spouted bed reactor. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 50, 6650-6659 (2011b)

Ma, Z., Zhang, S., Xie, D., Yan, Y., Ren, Z., Hydrogen Production from Bio-Char via Steam Gasification in a Fluidized-Bed Reactor. *Chemical Engineering and Technology*, 36, 1599-1602 (2013)

Meher, L.C., Vidya Sagar, D., Naik, S.N., Technical aspects of biodiesel production by transesterification - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10, 248-268 (2006)

Plastics Europe, 2013, Plastics – the Facts, 2013; An analysis of European latest plastics production, demand and waste data <www.plasticseurope.com> accessed 13.10.2014

Zanganeh, K.E. eta Shafeen, A., A novel process integration, optimization and design approach for large-scale implementation of oxy-fired coal power plants with CO2 capture. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 1, 47-54 (2007)

# Hidrogenoaren ekoizpena biomasatik abiatuz

Arregi A., Lopez G., Amutio M., Artetxe M., Alvarez J., Barbarias I., Olazar M.

*Prozesu Katalitikoak eta Hondakinen Balioztatzea Ikerketa Taldea, Ingeniaritza Kimikoa Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea EHU/UPV, 644 PK 48080 - Bilbo*

*aitor.arregi@ehu.eus*

## *Laburpena*

Lan honetan biomasa hondakinen balioztapenaren bidez hidrogenoa ekoizteko prozesu bat aztertu da. Prozesu hau bi etapatan bereizten da: lehenik eta behin, biomasaren pirolisia burutu da iturri ohantze konikodun erreaktorean 500 ºC-tan eta etapa honetan sorturiko produktu hegazkorrak bigarren etapa batean erreformatu dira 600 ºC-tan hidrogenoa ekoiztuz. Erreformatze etaparako nikelezko katalizatzaile komertzial bat erabili da. Prozesu honen bidez elikatutako 100 g biomasako 11.2 g hidrogeno lortu dira.

Hitz gakoak: hidrogenoa, biomasa, pirolisia, erreformatua, bio-olioa, iturri ohantze konikoa.

## *Abstract*

*This paper describes a process for hydrogen production from biomass waste. The experiments have been conducted in a two-step system: in the first step, pyrolysis of biomass has been carried out at 500 ºC using a conical spouted bed reactor, and the remaining volatiles have been reformed in the second step at 600 ºC producing hydrogen as a product. A commercial Ni catalyst has been used for the reforming step. 11.2 g of hydrogen per 100 g of biomass fed into the reactor have been produced in this process.*

*Keywords: hydrogen, biomass, pyrolysis, reforming, bio-oil, conical spouted bed.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Energia iturri mugatuen kontsumo azkarrak, energia tradizionalen produkzio eta erabilerak ingurumenean duen eraginak, energia erreserben distribuzioak eta lehengai energetikoen prezioak direla eta, energia lehengai berriztagarrien garrantzia handitzen ari da azken urteotan. Izan ere, gizateriaren garapen eta aurrerapen jasangarri batek, energia iturrien eta petrolioaren alternatiba diren lehengaien erabilera eskatzen dute, petrolioaren agortzeari aurre egin eta ahal den neurrian emisioak murriztu ahal izateko.

Gainera, hondakinen balioztapen energetikoa gaur egungo gizartearen erronka nagusienetariko bat da, alde batetik garapen jasangarri bat lortzeko eskakizunei erantzuna emateko eta bestetik, lehengai berriztagarrien erabilera sustatzeko. Hauen artean, biomasa da lehengai iturri garrantzitsuenetariko bat.

Biomasa terminoak jatorri organiko ez geologikoa duten hainbat material biltzen ditu bere barne, adibidez, baso- eta nekazaritza-hondakinak, laborantza eta hauetatik eratorriak. Hauetaz gain, elikadura eta paper industriatik eratorritako hondakinak eta hiri-hondakinak ere talde honetan sartzen dira. Biomasak izugarrizko garrantzia izan du gizakiaren garapenean antzinatik XIX. mendera arte. Honen ondorioz, XXI. mendean biomasa balioztatzeko biofindegiaren erabileraren proposamenak onespen sozial azkarra izan du. Biofindegi bat erregaiak, energia edota produktu kimikoak (adibidez, hidrogenoa) ekoizteko konbertsio prozesu eta ekipoak dituen instalazio bat da.

Naturak 170 bilioi tona biomasa ekoizten ditu urtero, baina % 3-4 soilik aprobetxatzen da. Gainera, biomasa guztiaren %75a karbohidratoak direla jakinik, biomasaren balioztapenak etorkizun handia izango du lehengai modura erabiltzeko, produktu kimikoak sortzeko ("kimika berdea", petroliotik eratorritako produktuen ordez) edota erregaiak lortzeko (bio-erregaiak) (Nigam eta Singh, 2011). Biomasa erabiltzearen arrazoi nagusienetariko bat, karbono dioxidoaren emisioen murrizketa da, izan ere, emititzen den karbono dioxidoa biomasak berak

bere bizitzan zehar xurgatu duen karbono dioxidoaren kantitate berdina izango da (emisio netoa 0), aldaketa klimatikoa murrizteko aurrerapauso handi bat izango litzatekeelarik (Galdámez et al., 2005).

Hidrogenoa, berriz, industria kimikoan asko erabiltzen den produktu bat da. Batez ere, amoniakoaren ekoizpenean (% 49), petrolioaren finduan (% 37), metanolaren sintesian (% 8) eta elikagai-industrian, industria elektronikoan eta metalurgikoan erabiltzen da (% 6) (Konieczny et al., 2008). Horretaz gain, hidrogenoak masa unitateko duen eduki energetiko handia kontuan hartuz gero (120 MJ/kg), etorkizuneko energia iturri interesgarri bilakatu daiteke (Haryanto et al., 2005). Gaur egun, petroliotik eratorritako produktuen erreformatzearen bidez ekoizten da zati handi batean (Medrano et al., 2009).

Hidrogenoa prozesu termokimikoen edota biologikoen bidez ekoiztu daiteke biomasatik abiatuz. Prozesu termokimikoen artean, biomasaren gasifikazioa eta pirolisi azkarra dira interesgarrienetarikoak (Erkiaga et al., 2014; Alvarez et al., 2014), nahiz eta pirolisia energetikoki eraginkorragoa den, prozesu honetarako beharrezko tenperaturak gasifikazioarekin alderatuz baxuagoak baitira.

Pirolisia oxigeno gabe edo oxigeno kontzentrazio txikiko ingurunean egiten den degradazio termikoa da. Degradazio hau beroaren ondorioz gertatzen da eta energiaren ikuspuntutik prozesurik eraginkorrena izateaz gain, ekonomiaren ikuspuntutik kosturik baxuena erakusten duena da (Anex et al., 2010; Wright et al., 2010). Gainera, teknologia egokia da lortutako produktuek eskala handian erakusten duten aukera kontuan harturik.

Pirolisia burutzen den operazio baldintzen arabera, pirolisi mota desberdinak bereiz daitezke. Kasu honetan, likidoaren produkzioa maximizatu nahi denez, 500 ºC-tan egiten da lan eta honi pirolisi azkarra (flash) deritzo. Biomasaren pirolisi azkarraren bidez % 10-20 gas, % 60-80 bio-olio eta % 15-25 solido (txar deiturikoa) lortzen dira, erabiltzen den erreaktore mota eta operazio baldintzen arabera (Amutio et al., 2012). Ekoizten den hidrogeno kantitatea handitu ahal izateko, beharrezkoa da pirolisi etapari erreformatze etapa bat gehitzea. Etapa honetan pirolisitik datozen produktu hegazkorrak (bio-olioa eta gasak) zuzenean erreformatuko dira ur lurrunarekin erreakzionatuz, hidrogenoa eta karbono dioxidoa sortuko direlarik produktu nagusi bezala (1).

$$C_nH_mO_k + (2n-k)H_2O \rightarrow nCO_2 + \left(2n + \frac{m}{2} - k\right)H_2 \quad (1)$$

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

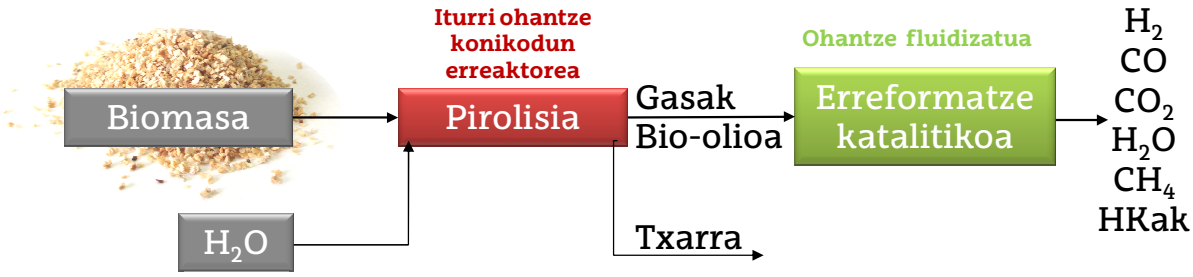
Azken urteetan, bio-olioaren fase urtsuaren eta bio-olio osoaren erreformatze prozesuak bibliografian asko ikasi izan dira (Medrano et al., 2011; Seyedeyn-Azad et al., 2012; Bimbela et al., 2013; Remón et al., 2014). Yao eta lagunek (2014) Ni-Al katalizatzaile modifikatu desberdinak erabili dituzte bio-olioaren fase urtsuaren erreformatze prozesurako, % 56.46ko hidrogeno etekina (maximo estekiometrikoarekiko) lortu dutelarik Ni-Mg-Al katalizatzailea erabiltzean. Remiro eta lagunek (2013), berriz, bio-olio osoaren erreformatze prozesua ikertu dute ohantze fluidizatua eta $Ni/La_2O_3$-$\alpha Al_2O_3$-zko katalizatzaile bat erabiliz. % 80 baino konbertsio altuagoak eta % 95eko hidrogeno etekina lortu dituzte 600-800 ºC artean.

Nikelezko katalizatzaileak izan dira gehien erabili direnak bio-olioaren erreformatze prozesuetan, nahiz eta Pt, Pd edota Rh bezalako metal nobleak ere ikertu izan diren (Rioche et al., 2005; Basagiannis eta Verykios, 2007).

Hala ere, biomasaren pirolisiko produktu hegazkorren erreformatze prozesuari buruzko lan gutxi aurki daitezke bibliografian. Efika eta lagunek (2012), bi etapako prozesu honen bidez % 44.4ko hidrogeno kontzentrazioa (bolumenean) lortu dute $NiO/Al_2O_3$-zko katalizatzaile bat erabiliz.

Azken prozesu honetan sakontzeko asmoz, ikerketa honetan biomasaren pirolisitik sortutako produktu hegazkorren erreformatu katalitikoa burutu da. 1. irudian burutu den prozesuaren eskema bat erakusten da.

**1. irudia. Prozesuaren eskema.**



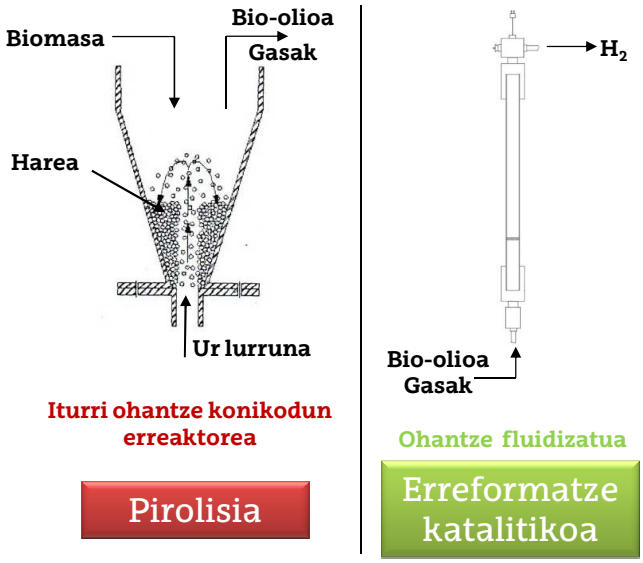

Ikerketa honen helburu nagusia biomasatik hidrogenoa lortzea da. Horrela, lehengai berriztagarrien erabilera bultzatu nahi da, gaur egungo gizartean nahitaezkoak diren produktuak ekoiztuz, eta kasu honetan, arreta hidrogenoa bezain produktu erabilian ezarriz. Lehengai moduan kantitate oso altuetan aurkitzen diren biomasa hondakinak erabiltzea proposatzen da lan honetan, erregai fosilekin daukagun dependentzia murrizteko asmotan.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Parte esperimentala

Ekipo hau bi elementu nagusiz osatua dago: batetik, iturri ohantze konikodun erreaktorea, non biomasaren pirolisia burutzen den; eta bestetik, ohantze fluidizatua, erreformatze etapa burutuko dena. 2. irudian bi erreaktoreen eskemak eta hauen sarrera eta irteerako produktuak zeintzuk diren ikus daiteke.

**2. irudia. Iturri ohantze konikodun erreaktorearen eta ohantze fluidizatuaren eskemak.**




Biomasa (0.75 g $min^{-1}$) iturri ohantze konikodun erreaktoreko goiko aldetik elikatzen da eta harez osatuta dagoen ohantzera erortzen da (50 g, 0.3-0.355 mm-ko partikula tamainarekin). Ur lurruna (3 ml $min^{-1}$), berriz, erreaktorearen beheko aldetik sartzen da ohantzea fluidizatuko duelarik. Ur lurrunak lehenengo etapan agente fluidizatzaile moduan soilik dihardu eta ondorioz, ez du inolako eraginik pirolisi etapan. Etapa hau 500 ºC-tan burutzen da eta gasak, bio-olioa eta txarra sortzen dira produktu moduan. Produktu hegazkorrak, hau da, bio-olioa eta gasak, erreaktorearen goiko aldetik ateratzen dira.

Produktu hegazkor hauek erreformatze etapara sartzen dira eta ur lurrunarekin erreakzionatzen dute (1. ekuazioari jarraituta) $H_2$ eta $CO_2$ sortuz produktu nagusi moduan. Lortzen diren beste produktu guztiak etapa honetan gertatzen diren beste hainbat erreakziotatik sortutakoak dira, esaterako, *Water Gas Shift (WGS)* erreakziotik edota deskonposizio termikotik. Etapa hau 600 ºC-tan burutu da, 12.5 g katalizatzaile (0.4-0.8 mm-ko partikula tamainarekin) eta 12.5 g harea (0.3-0.355 mm-ko partikula tamainarekin) dituen ohantzea erabiliz.

## 3.2 Emaitzak

1. taulan erreformatze etapan lortu diren konbertsio eta gasaren konposizioa (% bolumenean) erakusten dira. Lehenik eta behin, aipatzekoa da bigarren etapara sartzen diren produktu hegazkorren % 99.72a $H_2$-an aberatsa den gasean bihurtu direla. Lortu den konbertsio altuaren arrazoietako bat iturri ohantze konikodun erreaktorearen eta ohantze fluidizatuaren funtzionamendu egokia da, bi erreaktoreek masa eta bero transferentzia altuak ahalbidetzen baitituzte.

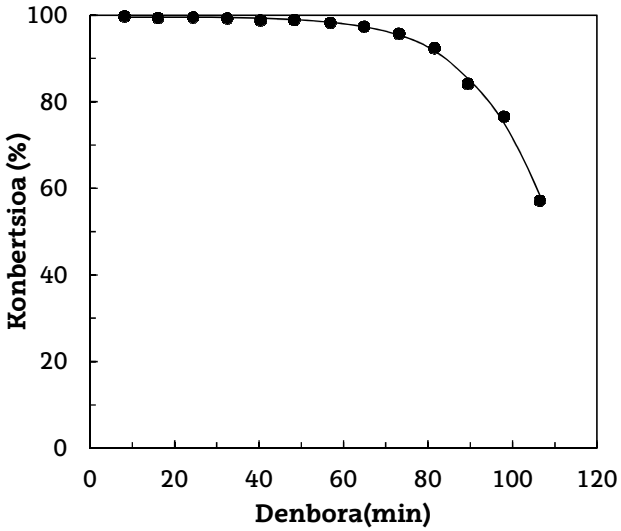
**1. taula: Erreformatze etapan lorturiko konbertsioa eta gasaren konposizioa (% bolumenean) hasierako unean.**

| Konbertsioa (%) | 99.72 |
|---|---|
| Gasaren konposizioa (% bolumenean) | |
| $H_2$ | 66.06 |
| $CO_2$ | 30.15 |
| CO | 3.60 |
| $CH_4$ | 0.19 |
| HKak (etileno, etano, propileno, propano) | 0.01 |

Aurretik esan bezala, erreformatze erreakzioaren konposatu nagusiak $H_2$ eta $CO_2$ dira eta gasaren zatirik handiena osatzen dute, % 66.06 eta % 30.15 hurrenez hurren. Gasaren konposizioan agertzen diren beste konposatu guztiak, hau da, CO, $CH_4$ eta hidrokarburo arinak (etileno, etano, propileno eta propanoa), beste erreakzio sekundarioen ondorio dira. Hala ere, azken hauek oso kantitate txikitan aurkitzen dira. Guztira, prozesu honetara elikatzen diren 100 g biomasako 11.2 g hidrogeno lortzen dira.

Erreakzioan denborak aurrera egin ahala ordea, erreformatze etapan erabiltzen den katalizatzailea desaktibatuz doa eta ondorioz, katalizatzailea ez da gai lehenengo etapatik iristen zaizkion produktu guztiak transformatzeko. 3. irudian denborarekiko konbertsioak jasaten duen bilakaera erakusten da.

**3. irudia. Konbertsioaren bilakaera denborarekiko.**



Ikus daitekeen moduan, konbertsioa % 99.72koa izatetik % 57.17koa izatera pasatzen da 106. minutuan. Gainera, 75. minututik aurrera konbertsioa oso azkar jaisten da, katalizatzailearen aktibitatearen jaitsiera azkarraren ondorioz. Katalizatzailearen desaktibazioa kokearen erruz gertatzen da, izan ere, katalizatzailearen zentro aktiboak blokeatzen ditu. Hala ere, lehenengo 60 minutuetan zehar katalizatzaileak bere aktibitatea mantentzen duela ikus daiteke.

## 4. Ondorioak

Lan honekin hidrogenoa lortzeko erabili den bi etapako erreakzio sistema egokia dela frogatu da. Alde batetik, iturri ohantze konikodun erreaktoreak biomasaren pirolisirako erakusten duen egokitasuna aipatu behar da, erregimen isotermoan lan egiteko duen ahalmenagatik. Gainera, etapa honetarako erabili diren erreakzio baldintzak oso egokiak izan dira bio-olioaren kantitatea maximizatu ahal izateko.

Bestalde, nikelezko katalizatzailearen eta ohantze fluidizatuaren erabilerak hidrogenoan aberatsa den gasa lortzea ahalbidetu dute. Gainera, katalizatzailearen aktibitatea konstante mantendu da lehenengo 60 minututan zehar, hidrogenoaren kontzentrazio altuak lortuz. Nahiz eta kokea dela eta katalizatzailea desaktibatzen doan, ohantze fluidizatuaren eta ur lurrun kantitate altuen erabilerak kokearen gasifikazioa bultzatzen dute, katalizatzailearen desaktibazioa motelduz.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Orain arte erakutsi diren emaitzak operazio baldintza zehatz batzuetan lan eginez lortu dira. Hala ere, ikerketa honetan hidrogenoa maximizatu nahi denez, erreformatze prozesuaren operazio baldintzak optimizatzea beharrezkoa da. Horregatik, erreformatze etapako tenperaturak, denbora espazialak (katalizatzaile kantitateak) eta elikatutako ur lurrun/biomasa erlazioak produktuetan duen eragina aztertzea da hurrengo aurrerapausoa.

Horretaz gain, beste katalizatzaile komertzial batzuk edota laborategian bertan sintetizaturiko katalizatzaileek produktuengan edota desaktibazioan duten eragina aztertu daiteke, hidrogeno kontzentrazio altuagoak lortu edota aktibitatea denbora luzeagoz mantentzen duen katalizatzaile bat aurkitzeko asmotan.

Azkenik, elikadura desberdinen balioztatzea ere interesgarria izan daiteke. Lan honetan pinu zerrautsa erabili den arren, beste biomasa mota desberdinak edota biomasa-plastiko nahasteak elikatzeak produktuetan izan dezakeen eragina ere aztertu daiteke.

## 6. Erreferentziak

Alvarez J., Kumagai S., Wu C., Yoshioka T., Bilbao J., Olazar M., Williams P.T. (2014): Hydrogen production from biomass and plastic mixtures by pyrolysis-gasification, *Int. J. Hydrogen Energy*, 39, 10883-10891.

Amutio M., Lopez G., Artetxe M., Elordi G., Olazar M., Bilbao J. (2012): Influence of temperature on biomass pyrolysis in a conical spouted bed reactor, *Resour. Conserv. Recycl.*, 59, 23-31.

Anex R. P., Aden A., Kazi F. K., Fortman J., Swanson R. M., Wright M. M., Satrio J. A., Brown R. C., Daugaard D. E., Platon A., Kothandaraman G., Hsu D. D., Dutta A. (2010): Techno-economic comparison of biomass-to-transportation fuels via pyrolysis, gasification, and biochemical pathways, *Fuel*, 89, S29-S35.

Basagiannis A.C. eta Verykios X.E. (2007): Steam reforming of the aqueous fraction of bio-oil over structured $Ru/MgO/Al_2O_3$ catalysts, *Catal. Today*, 127, 256-264.

Bimbela F., Oliva M., Ruiz J., García L., Arauzo J. (2013): Hydrogen production via catalytic steam reforming of the aqueous fraction of bio-oil using nickel-based catalysts, *Int. J. Hydrogen Energy*, 38, 14476-14487.

Efika C.E., Wu C., Williams P.T. (2012): Syngas production from pyrolysis-catalytic steam reforming of waste biomass in a continuous screw kiln reactor, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 95, 87-94.

Erkiaga A., Lopez G., Amutio M., Bilbao J., Olazar M. (2014): Influence of operating conditions on the steam gasification of biomass in a conical spouted bed reactor, *Chem. Eng. J.*, 237, 259-267.

Galdámez J.R., García L., Bilbao R. (2005): Hydrogen production by steam reforming of bio-oil using coprecipitated Ni-Al catalysts. Acetic acid as a model compound, *Energy Fuels*, 19, 1133-1142.

Haryanto A., Fernando S., Murali N., Adhikari S. (2005): Current status of hydrogen production techniques by steam reforming of ethanol: a review, *Energy Fuels*, 19, 2098-2106.

Konieczny A., Mondal K., Wiltowski T., Dydo P. (2008): Catalyst development for thermocatalytic decomposition of methane to hydrogen, *Int. J. Hydrogen Energy*, 33, 264-272.

Medrano J.A., Oliva M., Ruiz J., García L., Arauzo J. (2009): Catalytic steam reforming of model compounds of biomass pyrolysis liquids in fluidized bed reactor with modified Ni/Al catalysts, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 85, 214-225.

Medrano J.A., Oliva M., Ruiz J., García L., Arauzo J. (2011): Hydrogen from aqueous fraction of biomass pyrolysis liquids by catalytic steam reforming in fluidized bed, *Energy*, 36, 2215-2224.

Nigam P. S. eta Singh A. (2011): Production of liquid biofuels from renewable resources, *Prog. Energy Combust. Sci.*, 37, 52-68.

Remiro A., Valle B., Aguayo A.T., Bilbao J., Gayubo A.G. (2013): Steam reforming of raw bio-oil in a fluidized bed reactor with prior separation of pyrolytic lignin, *Energy Fuels*, 27, 7549-7559.

Remón J., Broust F., Valette J., Chhiti Y., Alava I., Fernandez-Akarregi A.R., Arauzo J., Garcia L. (2014): Production of hydrogen-rich gas from fast pyrolysis bio-oils: Comparison between homogeneous and catalytic steam reforming routes, *Int. J. Hydrogen Energy*, 39, 171-182.

Rioche C., Kulkarni S., Meunier F.C., Breen J.P., Burch R. (2005): Steam reforming of model compounds and fast pyrolysis bio-oil on supported noble metal catalysts, *Appl. Catal., B*, 61, 130-139.

Seyedeyn-Azad F., Abedi J., Salehi E., Harding T. (2012): Production of hydrogen via steam reforming of bio-oil over Ni-based catalysts: Effect of support, *Chem. Eng. J.*, 180, 145-150.

Wright M.M., Daugaard D.E., Satrio J.A., Brown R.C. (2010): Techno-economic analysis of biomass fast pyrolysis to transportation fuels, *Fuel*, 89, S11-S19.

Yao D., Wu C., Yang H., Hu Q., Nahil M.A., Chen H., Williams P.T. (2014): Hydrogen production from catalytic reforming of the aqueous fraction of pyrolysis bio-oil with modified Ni-Al catalysts, *Int. J. Hydrogen Energy*, 39, 14642-14652.

# Audio albistegietatik informazioa erauzten duen sistema eleaniztuna Komunikazio zubiak sortzen

Barroso N. (1), López de Ipiña K. (1), Calvo P.M. (1), Hernandez C. (2), Ezeiza A. (1), Susperregi U. (3), Barroso S. (4), Barroso O. (4)

*(1)Elekin – Sistemen Ingeniaritza eta Automatika saila, EHU ,(2) Konputazio Zientziak eta Adimen Artifiziala saila, EHU, (3) Irunweb S.L. enpresa (4) Insima Teknologia S.L.L. enpresa*

*e-posta:{karmepe.ipina, nora.barroso, pilarmaria.calvo, mamen.hernandez, aitzol.ezeiza}@ehu.eus, unai@irunweb.com, sbarroso@insimatek.com, obarroso@insimatek.com*

***Laburpena***

Gaur egun, ez dugu Informazioaren eta Komunikazioaren Teknologiarik (IKT) gabeko, Internetik gabeko eta sare sozialik gabeko mundurik ulertzen. IKTen erabilera etengabe haziz eta zabalduz doa, eta aurrerapen asko eman badira ere, ugariak geratzen dira miatzeko. Horietako bat, baliabide horiek guztiak erabiltzaile errealentzat eskuragarri izan daitezen da. Joera berrien apustua ez da soilik informazioa gizatiartzea, baizik eta informazioa eskuratzeko erak, interfaze irisgarriagoak eta sozialagoak sortzea. Lan honetan plataforma eleaniztuna aurkezten da: irratsaioren euskarazko, gaztelaniazko eta frantsesezko albistegien audioetatik informazio semantikoa erauzi eta erabiltzaileari aurkezten dion lanabesa.

Hitz gakoak: Hizketaren ezagutza automatikoa, ahozko informazioaren erauzketa, sistema eleaniztunak, informazioaren eta komunikazioaren teknologia

***Abstract***

*Nowadays, we could not understand our world and lives without information and communication technologies, the Internet, or social networks. The use of ICTs keeps growing and expanding, and although there have been many advances, many developments and challenges still remain to be explored. One of these challenges is to increasingly ensure the accessibility of such resources to final users. New trends are committed to humanize not only information, but also ways of access by means of new techniques such as access to information by more human and user-friendly interfaces. In this paper, we present a multilingual system that can extract semantic information from radio broadcasting and provide it to end users. This system has been tested using a trilingual (Basque, Spanish, and French) internet news radio channel.*

*Keywords: Automatic speech recognition, oral information extraction, multilingual systems, information and communication technologies*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Norbanakoaren bizitza soziala, intelektuala, eta pertsonala osatzen duten elementuak asko dira, eta horien artean, garrantzitsuenetariko bat ahozko hizkuntza da. Ahozko hizkuntza pertsonen arteko komunikazio biderik espontaneoena, naturalena, eta intuitiboena da. Hori dela eta, hizketaren teknologia pertsonen eta sistema informatikoen arteko interakziorako faktore erabakitzailea izango dela aurresan daiteke.

Hizketaren Ezagutza Automatikorako (HEA) teknologien helburua hizketa espontaneoaren akatsik gabeko transkribapena da.

**1. irudia. HEA teknologien helburu gorena hizlariak zer esaten duen jakitea da**

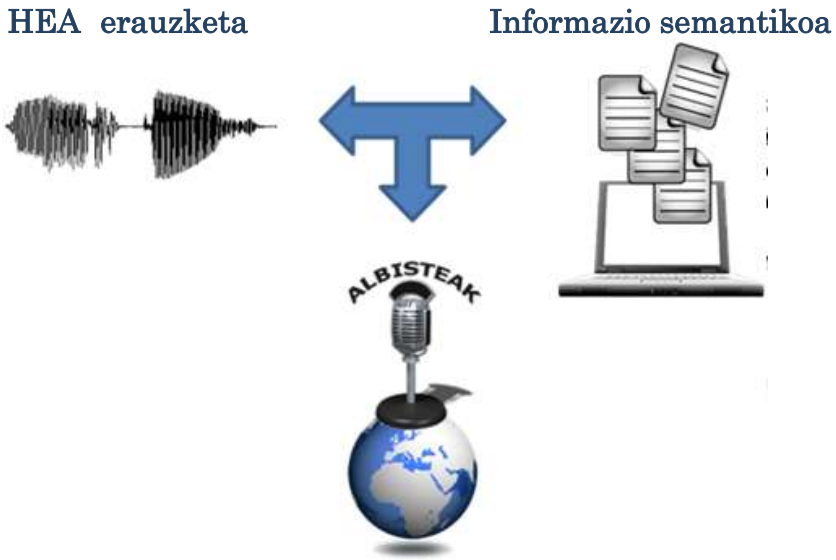



Egun, HEAk sistema komertzialetan erabiltzen dira, eta sistema hauek erabilgarriak izan arren, egoera kontrolatuetan besterik ez dute funtzionatzen, esaterako: hiztegi murritzak, zaratarik gabeko edota zarata gutxi dauden inguruetan besterik ez dira baliogarriak. HEA sistemak sortzeko baliabide ugari behar dira, hala nola: audio fitxategi ugari, horiek erabiliko diren testuinguruko aldagai guztiak (soinua, ahoskerak, tonuak) ongi islatu behar dituzte; edo testuzko corpus handia, horietatik lengoaia nolakoa den ikasiko da.

Komunikabide txikiek baliabide material eta ekonomiko gutxi dituzte, eta urritasun horretatik abiatuz, garatu da lan honetan aurkezten den tresna. Euskaraz igortzen duten komunikabideen gehiengoa horrelako egoeran daude, %70 Hegoaldean eta ia %100 Iparraldean, baina geroz eta presentzia garrantzitsuagoa dute Interneten. Gainera, HEArako teknologiari prozesatze eleaniztuna gehitzen badiogu, diseinaturiko aplikazioei balio erantsi handia txertatzen zaio. Sistema eleaniztunen helburua, erabiltzaileek interakzioa zenbait hizkuntza erabiliz egitea ahalbidetzea da. Horrek, erabiltzaileen erosotasuna areagotzen du, mezuak eroso zaion eran eta hizkuntza bakoitzaren ñabardurekin helarazi baititzake.

Lan honetan adiUP[1] plataforma aurkezten da: Infozazpi[2] irratiaren audio albistegietatik informazio semantikoa erauzten duen aplikazio eleaniztuna. Sortutako sistemak Euskal Herriko ezaugarri sozio-industrialak eta sozio-linguistikoak hartzen ditu kontuan, izan ere, baliabide urriak (ekonomikoak edo gizakoak) dituzten enpreseei irtenbide bat ematen die, eta Euskal Herrian erabiltzen diren hiru hizkuntzak (euskara, gaztelania, eta frantsesa) eta haien arteko erlazioak integratzen dira.

**2. irudia. Albistegietatik informazio semantikoa erauztea helburu duen aplikazioa**



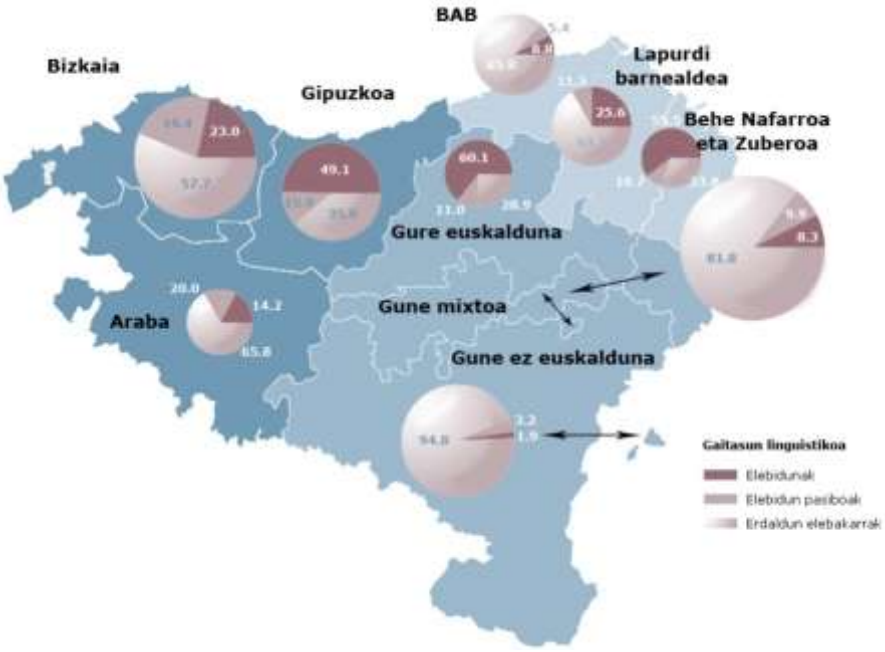

[1] http://adiup.info/
[2] http://www.info7.com/

## 2. Testuingurua eta sistema

### 2.1. Testuinguru sozio-linguistikoa

Euskal Herrian hiru hizkuntza ofizialen elkarbizitzan oinarritzen den egoera sozio-linguistiko berezi bat dugu. Hirugarren irudiak Euskal Herriko hiztunen gaitasun linguistikoak islatzen ditu (Eusko Jaurlaritza, 2009). Hiztunen artean: batzuek bi hizkuntza mintzatzen dituzte, euskara-gaztelania edo euskara-frantsesa; besteak bakarra hitz egiteko gai dira, gaztelania, frantsesa, edo euskara; eta azkenik, hiruak hitz egiten dituztenak daude.

**3. irudia. Euskal Herriko Gaitasun Linguistikoa herrialdeka, 2006.**[3]




Elkarrizketetan hizkuntza desberdinetako ezaugarriak nahasten dira, eta horri hizkuntza arteko efektua deritzo (*cross-lingual* efektua). Ezaugarri horrek konponbide zehatzak behar ditu, hain zuzen, zenbait hitz gaztelaniazko edo frantsesezko hizketaldi arruntetan edo irrati zein telebista programetako hizketaldietan nahasturik agertzen dira, adibidez: *Garikoitz*, *Maddi*... bezalako berezko izenak, *Aseginolaza* bezalako abizenak, *Lugaritz* bezalako leku izenak, edo hitz arruntak (*kaixo*, *ertzaintza*, *Jaurlaritza*…) etabar. Hitz horiek esatariaren arabera gazteleraz edo euskarazko ahoskeran esango dira. Kasu gehienetan, ahoskerak euskaraz burutzen dira, hortaz, sistemak hizkuntza honen berezko unitateak ere ezagutu behar ditu. Antzeko efektua gertatzen da gaztelerazko zein frantsesezko hitzak agertuz gero, hizketaldiko hizkuntza beste bat izanik. Testuinguru horrek duen garrantzia handia da, eta, beraz, kontutan hartu beharrekoa.

### 2.2. Proposatutako sistema

#### Hizketaren Ezagutza Automatikoa

Hizketa Ezagutza Automatikorako sistema batek, ikuspuntu orokor batetik, audio seinaletik informazio akustikoa lortzen du, beraz, maila horretan ezaugarri akustiko garrantzitsuenak lortuko dira.

Bestalde, identifikazioa burutzeko hiru osagai nagusi daude: eredu akustikoak, unitate lexikoak, eta lengoaia ereduak. Hiru osagai hauek egoki entrenatzeko hizkuntza bakoitzeko ahots eta testu baliabide onak behar ditugu.

[3] Zirkuluen neurria lurralde bakoitzeko biztanleriarekiko proportzionala da. BAB akronimoak Baiona-Angelu-Biarriz gunea biltzen du.

### Folksonomiatan oinarrituta ontologiak informazio semantikoaren erauzketarako elementu gisa

Sortutako aplikazioan ontologiek eta folksonomiek garrantzi handia dute. Ontologiak definizio bat baino gehiago daukate (Hofweber, 2009; Breuker et al, 1999; Swartout, 1997; Gruber, 1993). Ontologiak, gure ikuspuntutik, domeinu bat deskribatzeko ahalmena dauka, eta horretarako hierarkikoki egituraturiko termino talde batean oinarritzen da, zein ezagutzaren oinarrizko eskeleto bezala erabil daiteke (Swartout, 1997).

Eraiki diren ontologiak informazio semantikoaren kudeaketarako tresna bezala erabili dira. adiUP sisteman erabilitako ontologiak elkarlanean oinarritutako folksonomiatan oinarritzen dira. Folksonomia sailkatze sistema irekia da, erabiltzaileek sortu eta hedatua. Bere elementuek (tag-ak) baliabideak etiketatzeko balio dute (dokumentuak, zerbitzuak, etabar.). Folksonomien eraginkortasunaren potentzialak, etiketatzea kolaboratiboa, deszentralizatua eta bat-batekoa izatean datza. Gure kasuan, teknologoak eta zientzialariak ez diren baina Infozazpiko audio albistegietan adituak diren hainbat pertsona hizkuntza bakoitzeko folksonomia bana sortu dituzte. Ondoren, elementuei informazio hierarkikoa gehitu zaio. Sisteman txertatu diren ontologiak, hizkuntza bakoitzerako klase desberdinak zehazten dituzte eta hauek erabiltzailearen ikuspegitik interes gai zehatzak dira. Folksonomiatan oinarritutako ontologia hauek HEA sistemaren hiztegiak sortzeko eta audioen kategorizazioa lortzeko erabili dira.

## Sistemaren barne egitura

AdiUP sistema hiru geruzako barne egitura batek osatzen du. Geruza horietan aipagarriak dira:

1. Interfazea*:* Erabiltzailearen interakzio beharrei erantzuten dio. Gaitasun eta betebehar desberdinak dituzten hiru erabiltzaile mota daude: kanpoko erabiltzailea, erabiltzaile kudeatzailea-kolaboratzailea eta super erabiltzailea. Bakoitzak
2. Domeinuaren geruza: Beharrezkoak diren azterketa automatikoak burutzen dira eta eskuz sartutako informazio gehigarria biltzen da bertan (esatariaren izena, audioaren data…). Aplikazioaren domeinua modulu desberdinek osatzen dute: ASR sistema eleaniztunaren modulua, azterketa morfologiakoa gauzatzen duen modulua (Insima Teknologia S.L[4] enpresak eginiko ekarpenari esker gauzatua), kategorizazioa, hasierako audio fitxategia zein kategorian kokatu erabakitzen duen modulua eta informazio gehigarria.
3. Datu basearen geruza: Barne aplikazioetan lorturiko datuak kudeatzen dira. Aplikazioarekin harremana duen informazio guztia hartzen du beregain: informazioa tauletan zatitzen da eta MySQL kudeapen sistema bidez eraikita dago.

### Erabiltzaileen interfazea

Aplikazio honek, euskaraz, gaztelaniaz edo/eta frantsesez igortzen diren Infozazpi irratiko berri buletinen zenbait datu eskaintzen ditu, esate baterako: lokuzioaren hizkuntza, termino interesgarriak, audio fitxategien iraupena, gaia. Horrela, audioari gehitzen zaion informazioaren irakurketaren bidez, erabiltzaileari interesatzen zaizkion berriak modu eraginkorrean hautatzeko aukera izango du. Halaber, entzuteko zailtasunak dituzten pertsonek entzundakoaren inguruko informazioa edukiko dute, izan ere, hitz gakoek gaian kokatu eta esatariak aipatzen dutena adierazten baitute.

[4] http://www.yildun-internet-backup.com/

**4. irudia. adiUP sistemaren interfazea**




Sortutako aplikazioan erabiltzaileek izugarrizko garrantzia dute. 1. taulan parametro subjektiboen bidez erabiltzaile aditu mota desberdinen egokitasun maila ikusi daiteke.

**1. taula. Erabiltzaile mota desberdinek adiUPi emandako egokitasun maila**

| Erabiltzailea | Interfazea | Bilketa | Malgutasuna | Informazioa |
|---|---|---|---|---|
| Aditua 1 | 9,90 | 8,70 | 9,72 | 8,40 |
| Aditua 2 | 9,50 | 9,80 | 8,80 | 9,10 |
| Aditua 3 | 9,10 | 8,90 | 8,70 | 9,90 |
| Kolaboratzailea 1 | 9,30 | 9,20 | 9,90 | 9,60 |
| Kolaboratzailea 2 | 9,50 | 9,30 | 8,70 | 9,20 |
| Kolaboratzailea 3 | 9,30 | 9,08 | 9,30 | 9,70 |

Erabiltzaileen erantzunak, bai sistemaren errendimenduarekiko zein interfazearekiko, positiboak izan dira, beraz, sistemaren espezifikazioak bete direla esan dezakegu.

## 3. Ondorioak eta etorkizunerako lan ildoa

Sortutako adiUP Euskal Herriko lehen HEA sistema eleaniztuna da eta bertako hiru hizkuntza ofizialak barne hartzen ditu: euskara, gaztelania eta frantsesa. Aplikazioak ingurune soziokulturala hartzen du kontutan eta, beraz, elkar bizi diren hizkuntzen arteko efektuen ezaugarri propioei irtenbidea eman dio. Lanabesa eraikitzeko orduan zailtasun ugariri egin zaie aurre, besteak beste; hizkuntza arteko (*cross-lingual*) efektuaren kasuistika zabalak; ingurune konplexuek (audio baliabideen eskasia, testu baliabide urria, soinu askoko ingurunea, etabar.) sortzen dituzten emaitza txarren gainditzea eta interfaze irisgarriaren diseinua. Guzti hauek

gainditzeko teknika berriak sortu dira, lanabes propioak eraiki dira, metodologia berrietan oinarrituriko sistemaren modelatzea osatu da, folksonomiatan oinarrituta ontologiak erabili dira eta adiUP aplikazioaren etengabeko hobekuntzarako (elkarlan teknikak erabiliz, ikasketa automatikoa eta diseinu unibertsalaren bidez, kostu baxuko garapena ahalbidetuz) autoikasketa lan-sarearen sorkuntza osatu da.

Honakoak dira etorkizuneko lan ildo aipagarrienak: elkarrizketarako laguntzaile eleaniztunen garapena; elbarritasun kognitiboak eta dementziadun pertsonei zuzenduriko hizketako informazio semantikoaren erauzketarako aplikazioa; hizketaren emoziozko informazio semantikoaren erauzketa.

## 4. Erreferentziak


Ariztimuño, I., Barroso N., Ezeiza A., Gilisagasti N. & López de Ipiña K. (2005). *First Approach to multilingual Speech Recognition in the Basque contex.* XI Simposio Internacional de Comunicación Social, Santiago de Cuba, Santiago de Cuba (Cuba).

Barroso, N. (2011). *Ingurune konplexuetarako audio informazio semantikoaren kudeaketarako ekarpenak.* Doktoretza tesia. Donostia: UPV/EHU, Sistemen Ingeniaritza eta Automatika.

Barroso, N., Ezeiza, A., Gilisagasti, N., López de Ipiña, K., López, A. & López, J.M. (2007). Development of multimodal resources for multilingual information retrieval in the basque context. *INTERSPEECH,* pp. 938-941.

Barroso, N., López de Ipiña, K. & Ezeiza, A., (2010a). Acoustic Phonetic Decoding oriented to Multilingual Speech Recognition in the Basque contex., Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems Advances in Intelligent and Soft Computing, 2010, *Springer,* Volume 71/2010, 697-704, DeI: 10.1007/978-3-642-12433-4_82

Barroso, N., López de Ipiña K., Barroso O., Graña M., Ezeiza A. (2010b) Cross-lingual approach: The Basque case. Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications, *5th International Workshop (SOCO 2010), Springer, Advances in Intelligent and Soft Computing,* Vol. 73, pp. 485-494, ISBN: 978-3-642-13160-8

Barroso, N., de Ipiña, K.L., Barroso, O., Ezeiza, A., Susperregi, U. (2010c). Language Identification oriented to Multilingual Speech Recognition in the Basque context. *IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA),* 2010, pp. 1-8, Bilbao ISSN: 1946- 0740, ISBN: 978-1-4244-6848-5 DOI10.1109/ETFA.2010.5641193 ,2010 IEEE Xplore

Barroso, N., López de Ipiña, K., Ezeiza, A., Hernández, C., Ezeiza, N., Barroso, O. (2011a), Susperregi, U. & Barroso, S., (2011). GorUp: an ontology-driven Audio Information Retrieval system that suits the requirements of under-resourced languages, *INTERSPEECH,* Florence Italy.

Barroso, N., López de Ipiña, K., Hernández C., Ezeiza A. & Graña M. (2011b). Experiments for the selection of sub-word units in the Basque context for semantic task. International Journal of Speech Technology, *Springer.* In Press.

Breuker, J., Muntjewerff, A., & and Bredewej, B. (1999). Ontological modelling for designing educational systems. *Le Mans,* France: In Proceedings of the AI-ED 99 Workshop on Ontologies for Educational Systems, IOS Press.

Bordel, G., Barroso N.,Ezeiza. A, Gilisagasti N. & López de Ipiña K. (2006). *Digital resources for automatic speech recognition of broadcast news in Basque and Spanish, Linguistics in the Twenty First Century,* ISBN: 1904303862145-143, Editor: Eloína Miyares Bermúdez and Leonel Ruiz Miyares, Cambridge Scholars Press

Eusko Jaurlaritza - Kultura Saila (2009): 2006 IV. Mapa Soziolinguistikoa [http://www.euskara.euskadi.eus/r59-738/eu/contenidos/informacion/argitalpenak/eu_6092/adjuntos/MAPAeusk.pdf]

Gruber, T. R. (1993). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. Presented at the Padua workshop on Formal Ontology. *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 43, Issues 4-5.

Hofweber, T. (2009). *Logic and Ontology.* Edward N. Zalta, Stanford Encyclopedia of Philosophy.

López de Ipiña, K. (2003). *Euskarazko hizketa jarraituaren ezagutza automatikoa, eredu estokastikoen bidez. Doktoretza tesia.* Donostia: UPV/EHU, Konputazio Zientziak eta Adimen Artifiziala.

Swartout, B., Patil, R., Knight, K. & Russ, T. (1997). *Toward distributed use of large-scale ontologies.*

*En. Proceedings of spring symposium on ontological engineering of AAAI.* Stanford University, USA: Farquhar, A.;Grüninger, M.;Gómez-Pérez, A.;Uschold,M.; Van der Vet, P. (Eds.).

## 5. Eskerrak eta oharrak

adiUP sistema UPV/EHUk garatua izan da, Infozazpi irratiarentzat, Irunweb eta Insima Teknologia S.L.L enpresen laguntzarekin. Gure esker onak Eusko Jaurlaritzaren IKERTU programari garapen guztia diruz lagundu baitu.

Lan hau ondorengo lanetatik eratorria da: (Barroso, 2011), (López de Ipiña, 2003), (Barroso et al., 2007), (Barroso et al., 2010a; 2010b; 2010c), (Barroso et al., 2011a; 2011b), (Bordel et al. 2006), (Ariztimuño et al. 2005).

# Sentimenduen analisirako lexikoen sorkuntza

**Iñaki San Vicente** eta **Xabier Saralegi**

Elhuyar Fundazioa
Osinalde Industrialdea 3,
20170 Usurbil
{i.sanvicente,x.saralegi}@elhuyar.com

**Laburpena**

Testuetan adierazten diren sentimendu eta iritziak automatikoki aztertzeko oinarrizko baliabideak dira polaritate-lexikoak. Euskaraz, horrelako teknologia garatzeko ahaleginak oso urriak izan dira orain arte. Artikulu honetan lexiko horiek modu automatikoan sortzen hiru bide aztertu dira: beste hizkuntzetan dauden lexikoak itzultzea, testu-corpusetatik erauztea, eta WordNet moduko ezagutza base eleaniztunen gainean sentimenduak markatzea. Emaitzek erakusten dute metodo hauek baliagarri direla polaritate-lexiko eraginkorrak hutsetik modu azkar batean eta adituen ahalegin handirik gabe sortzeko.

**Hitz gakoak:** Sentimenduen Analisia, Polaritate-lexikoak

**Abstract**

*Polarity lexicons are a basic resource for analyzing the sentiments and opinions expressed in texts in an automated way. Very little work has been done on this regard for Basque. This paper explores three methods to automatically construct polarity lexicons: translating existing lexicons from other languages, extracting polarity lexicons from corpora, and annotating sentiments in WordNet likeMultilingual Lexical Knowledge Bases. Results show that these methods are useful for creating lexicons from scratch fast and with little effort from human experts.*

**Keywords:** Sentiment Analysis, Polarity Lexicons

## 1 Sarrera eta motibazioa

Iritzi-erauzketa eta sentimenduen analisiaren motibazioa domeinu komertzial eta politikoak aztertzeko aplikazioen beharretik dator. Aplikazio horien helburua gizartearen sentimendu eta jarrerak era automatikoan jarraitzea litzateke, berri, foro, eta abarren bidez. Zein da gizarteak Ukrainiako gatazkari buruz duen iritzia? Zein da jendeak marka batekiko duen harrera? Eta modelo zehatz bat kaleratu ondoren? Testuetatik abiatuz iritziak eta emozioak identifikatuko lituzkeen sistema bat oso baliagarria litzateke horrelako galderei erantzun ahal izateko.

Sentimenduen analisiaren alorrak azken urteetan izugarrizko bultzada izan du, hainbat jardueratan oso interesgarriak baitira, hala nola zaintza teknologikoan, marketin alorrean produktu zein enpresen inguruko iritzia ezagutzeko, pertsonen gaineko izen ona aztertzeko, gai gatazkatsuen inguruko erreakzioak antzemateko, eta abar.

Ikerketa-ildo hori azkenaldian horrenbeste hazi izana Web 2.0ren etorrerarekin lotu behar da. Internet berriak erabiltzaileei edukiak sortzeko ahalmena eman die. Orain arte, produktu, erakunde edo gai baten inguruan gizartearen iritzia inkesten eta arreta zerbitzuen bidez bildu izan da, baina horrek erabiltzailea eta enpresaren zuzeneko harremana eskatzen zuen. Erabiltzaileok, baina, ez ditugu bide horiek askotan erabiltzen, askoz ohikoagoa da gure iritzia lagunartean adieraztea. Orain gutxi arte informazio hori eskuratzea oso zaila zen enpresentzako, baina gaur egungo Internetek horrelako informazioa gordetzen du eta eskuragarri jartzen du edozeinentzako. Iritzi-erauzketak datu masa erraldoi horretatik informazioa

erauzi eta prozesatzeko aukera ematen du, komunitateak gai zehatz baten inguruan une batean duen pentsamoldea inferitu dezakegularik.

Testu-unitate baten polaritatea identifikatzeko baliabide nagusiena polaritate-lexikoak dira. Polaritate-lexikoak hitz bakun edo hitz anitzeko unitateen zerrendak dira, non sarrera bakoitzaren a prioriko polaritatea adierazita dagoen. Horrela, Mandela hil da aste honetan"esaldia, polaritate-lexiko batek "hil"negatiboa dela jasota badu, esaldi hori negatiboa dela ondorioztatu genezake.

Tamalez, horrelako lexikoak sortzea ez da lan makala. Eskuz sortzeak kostu handia du, eta lexikoaren estaldura mugatua da. Lan honek polaritate-lexiko horiek sortzeko metodo automatikoak zein erdi automatikoak aztertzen ditu. Gure helburua euskarazko lexikoak sortzea da; horrek, baina, gure aukerak mugatzen ditu, eskura ditugun baliabideak urriak baitira. Ez dugu polaritate informazioa markatuta duen dokumentu multzorik, eta, ondorioz, ezin dugu ikasketa automatikoko estrategiarik erabili.

Artikulua honela dago antolatuta: hurrengo atalean polaritate sailkapenaren inguruko literatura laburbilduko da, arreta berezia eskainiz polaritate-lexikoen sorkuntzari. Ondoren, euskarazko lexikoak sortzeko aztertu ditugun teknikak deskribatuko dira. 4 atalak sortutako lexikoen egokitasuna aztertzeko burutu dugun ebaluazioa eta bere emaitzak aurkeztuko ditu, eta azkenik, 5 atalean lortutako ondorioak eta etorkizuneko lan ildoak zehaztuko dira.

## 2 Artearen Egoera

### 2.1 Bi hitz Polaritate Sailkapenaren inguruan

Polaritate sailkapenaren inguruko literatura laburpen oso egokiak argitaratu dira (Liu *et al.*, 2012; Pang eta Lee, 2008). Polaritatearen sailkapenari aurre egiteko literaturan proposatutako metodoak bi multzo handitan banatzen dira; Alde batetik, gainbegiratutako metodoak edo adibideetan oinarritutakoak aurki ditzakegu eta, bestetik, ez-gainbegiratuak edo ezagutza linguistikoan oinarrituak.

Metodo ez-gainbegiratuak erregela linguistikoetan eta polaritate-lexikoetan oinarritzen dira. Polaritate-lexikoak eskaintzen duen hitz mailako polaritatea baliatuz, esaldi edo dokumentu mailako polaritatea kalkulatzen da.

Hurbilpen gainbegiratua polaritatea markatua duen erreferentzia edo entrenamendu corpus batetik polaritate ezberdinak bereizten dituzten ezaugarrien araberako sailkatzaileak ikastean datza. Ikasitako sailkatzaile automatikoa jasotako testu berriei polaritatea esleitzeko gai da. Lagin hori eskuz etiketatzeak suposatzen duen kostu altua ekiditeko asmoz, testuak sailkatuta dituzten iturrietara jotzen da. Horrela, produktu, filma edo bestelako elementuen kritika sailkatuak dituzten webguneetara jotzen da entrenamenduko corpusak biltzera. Ohikoa da Amazon[1], tripAdvisor[2] edo IMDB[3] moduko webguneetatik lortzea testuak, kritika bakoitzak polaritate sailkapen bat baitu.

Metodo gainbegiratuetan oinarritutako estrategia arrakastatsuagoa (Pang *et al.*, 2002),(Chaovalit eta Zhou, 2005) eta literaturan erabiliena bada ere, sistema komertzial askoren nukleoa polaritate-lexikoek osatzen dute. Izan ere, sailkatzaile automatikoak entrenatzeko behar diren datuak domeinu eta hizkuntza ezberdinetan lortzea oso zaila da. Bestalde, lexikoak estrategia gainbegiratuarekin konbinatuz gero emaitzak hobetu daitezkeela frogatu da (Wilson *et al.*, 2005).

### 2.2 Polaritate-lexikoen sorkuntza

Literaturan polaritate-lexikoak sortzeko proposamenak hiru multzo nagusitan antolatu daitezke: eskuz sortutako lexikoak (Stone *et al.*, 1966; Taboada *et al.*, 2011), Ezagutza Base Lexikaletan (EBL) oinarritutako metodoak (Kamps *et al.*, 2004; Liu eta Singh, 2004; Kim eta Hovy, 2004; San Vicente *et al.*, 2014) eta corpusetan oinarritutako metodoak (Hatzivassiloglou eta McKeown, 1997; Turney eta Littman, 2003; Mihalcea *et al.*, 2007) .

Hizkuntza handietarako eskuz sortutako polaritate-lexiko oso ezagunak daude, hala nola, General Inquirer(Stone *et al.*, 1966), OpinionFinder(Wilson *et al.*, 2005), edo SO-CAL(Taboada *et al.*, 2011). Horiek

[1]http://www.amazon.com
[2]http://www.tripadvisor.com
[3]http://www.imdb.com

sortzeko behar diren giza baliabideak oso altuak direla eta, horietako batzuk erdi automatikoki sortuak dira, eta ondoren eskuz zuzenduak. Horrela, dagoeneko hizkuntza baten existitzen diren polaritate-lexiko eta entrenatze corpusak beste hizkuntza batzuetarako berrerabiltzea aztertzen duten lanak ere badaude. Mihalcea *et al.* eta Perez-Rosas *et al.* ikertzaileek baliabideak ingelesetik errumanierara 2007 eta espainierara 2012 itzulpen automatiko bidez itzultzea bezalako estrategiak aztertzen dituzte, hurrenez hurren. Lexikoen kasuan atal txiki batek bakarrik mantentzen du polaritatea itzuli ostean. Nabarmena egiten da itzulpen anbiguoak tratatzeko beharra.

Corpusetan oinarritutako metodoek, nolabaiteko polaritate anotazioa behar dute lexikoak eraucteko. Bi hurbilpen nagusi daude multzo honetan: lehena, polaritate ezaguna duten hitz batzuetatik abiatuta, corpusetan hitz horien semantikoki antzekoak diren hitzak aurkitzean datza (Turney eta Littman, 2003). Bigarrena, polaritatea markatuta duen corpus batean oinarrituz, positiboenak zein negatiboenak diren hitzen zerrendak lortzea (Saralegi eta San Vicente, 2012)

Azkenik, EBLetan oinarritutako metodoen funtsa da polaritate ezaguna duten hazi-hitz multzo txiki batetik abiatuta, EBLak eskaintzen dituen hitzen arteko loturak baliatuz, hasierako polaritate horiek hitz berrietara hedatzea. (Hatzivassiloglou eta McKeown, 1997) lanean hazi-lexiko bat hedatzen dute and/but motako konektoreen bidez. Mohammad *et al.* lanean tesauro bat baliatzen dute hasierako hazi-hitz positibo eta negatibo batzuen sinonimoak markatu eta polaritatea zabaltzeko. WordNetek (WN) (Fellbaum, 1998) eskaintzen dituen erlazio semantikoez osatutako grafoetan zehar kontzeptu batzuen polaritatea hedatzea ere oso estrategia erabilia da (Esuli eta Sebastiani, 2006; San Vicente *et al.*, 2014).

## 3 Lexikoak sortzeko metodoak

Aurreko ataletan aipatu dugun bezala, polaritate-lexikoak testuen polaritatea detektatzeko baliabiderik garrantzitsuenetako bat dira. Lexiko horiek sortzerakoan, euskaraz aplikatu daitezkeen kostu baxuko hiru estrategia aztertu ditugu lan honetan: (i) beste hizkuntza batean existitzen diren lexikoak euskarara itzultzea edo proiektatzea; (ii) corpusetatik polaritatea adierazten duten terminoak automatikoki erauztea; eta (iii) EBLetan dauden hitzen polaritatea markatzea.

### 3.1 Proiekzioa

Polaritate-lexikoak sortzeko aukera zuzena dirudi beste hizkuntza batean dagoeneko sortuta dagoen lexiko bat itzultzea hiztegi elebidunak baliatuz. Estrategia honek, hala ere, bere arazoak ditu; itzulpen prozesuaren ondorioz ematen den kalitate-galerari aurre egin behar dio. Baina, bestalde, baliabide independientea da printzipioz, eta edozein datu-sortaren gainean erabil daiteke, hau da, domeinuarekiko menpekotasunik gabekoa da. Corpusetan oinarritutako lexikoak, aldiz, garatutako corpusaren menpekoak dira, eta, ondorioz, beste domeinu batzuetan aplikatzean errendimendu-galera bat izan lezakete.

Proiekzioari dagokionez, gaztelaniazko $ElhPolar_{es}$ (Saralegi eta San Vicente, 2013) polaritate-lexikoa itzuli dugu. Itzulpena burutzeko, Elhuyar Fundazioaren gaztelania-euskara[4] hiztegia erabili dugu, 173.931 itzulpen bikote dituena. Gaztelaniazko sarrera bakoitzeko lehen 5 itzulpenak hartu dira $Lex_{pr}$ sortuz. Ondoren, bi adituk euskarazko hitzen polaritatea berrikusi dute, polaritate zuzena anotatuz eta polaritaterik gabeko itzulpenak baztertuz. Ezadostasunak eztabaida bidez konpondu dira $Lex_{przuz}$ hiztegia lortuz. 1 taulak prozesuan sartutako lexikoen estatistikak ematen ditu.

| | **#sarrera** | **#positibo** | **#negatibo** |
|---|---|---|---|
| $ElhPolar_{es}$ | 5.195 | 1.892 | 3.303 |
| $Lex_{pr}$ | 11.413 | 4.934 | 6.479 |
| $Lex_{przuz}$ | 9.299 | 3.911 | 5.388 |

1 Taula: ElhPolar jatorrizko eta itzulitako lexikoen sarrera estatitstikak.

**Zuzenketa kostua** Orokorrean, eskuzko lanari leporatzen zaion arazo nagusia bere kostu altua da. Lan honetan lexikoa eskuz zuzentzeak suposatu duen ahalegina neurtu dugu. Horretarako, bi adierazle hartu ditugu kontutan:

[4] http://hiztegiak.elhuyar.eus

- Zuzenketa abiadura: minutuko zenbat hitz zuzentzen diren.
- Emankortasuna: Polaritate hitzak lortzeko abiadura, hots, minutuko gure lexikoan zenbat polaritate-hitz gehitzen diren.

1 Irudiak bi zuzentzaileen arteko batezbesteko zuzenketa abiadura eta emankortasun denborak erakusten ditu, hautagai tarteak adierazita (Corpusetan oinarritutako lexikoarekin alderatzeko, lehen 5.000 hautagaien datuak bakarrik daude irudian islatuta).

Osotara, 36 ordu behar izan dira euskarara automatikoki itzulitako lexikoa $Lex_{pr}$ zuzentzeko, hau da, $Lex_{przuz}$ sortzeko. Horrek esan nahi du minutuko bataz beste 5,3 hitz zuzendu direla. Orokorrean esan daiteke, lan handia exijitzen duela, hiztegi bidezko itzulpenak ez-ohiko ordain asko sortzen baititu, eta horien esanahia hiztegi eta corpusetan bilatu behar izateak zuzentzaileen lana nabarmen moteldu du.

### 3.2 Corpusetan oinarritutako lexikoak

Hurbilpen horren oinarrian dagoen helburua da antzematea zeintzuk diren polaritate jakin bateko (positibo ala negatibo) dokumentuetan agertzeko joera duten hitzak. Hitz horiek topatzeko elkartze-neurriak erabili ohi dira (Kilgarriff, 2001; Rayson eta Garside, 2000).

Estrategia egokiena litzateke anotatutako corpus bat hartuta adibide positiboa eta negatiboak banatzea. Tamalez, ez dago euskaraz horrelako anotaziorik duen corpusik, eta erdibideko hurbilpen batera jo behar izan dugu, testu subjektiboak eta objektiboak bereizita dituen corpus bat baliatuz. Horrelako corpus bat eraikitzeko estrategia merke bat hartu dugu Berriako artiku bilduma batetik -$C_{Berria}$- abiatuta: Iritzi-artikuluak subjetibotzat hartu dira, eta gainerakoak objektibotzat ($C_{Berria}$) (Saralegi *et al.*, 2013). 2 Taulak corpus horren neurriak eta erauzketaren datuak azaltzen ditu. Elkartze-neurri gisa, dokumentu subjektiboekiko hitz lotuenak identifikatzeko, egiantz-arrazoia (LLR) (Dunning, 1993) erabili dugu.

Aurretik azaldutako metodologia jarraituz hitz subjektiboak erauzi ditugu $C_{Berria}$ corpusetik, polaritate-hitz hautagaiak alegia. Ondoren, eskuz esleitu zaie polaritatea zerrenda horretatik subjektibotasun neurri altuena duten 5000 hitzei. Eskuzko anotazio hori bi pertsonen artean burutu da, ezadostasunak eztabaida bidez konpondu direlarik.

| **Corpus** | **#hitz** | **#dok** | **#hitz subj.** | **#dok subj.** | **#hitz obj.** | **#dok obj.** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_{Berria}$ | 20.402.121 | 75.892 | 3.810.857 | 13.325 | 16.591.264 | 62.567 |

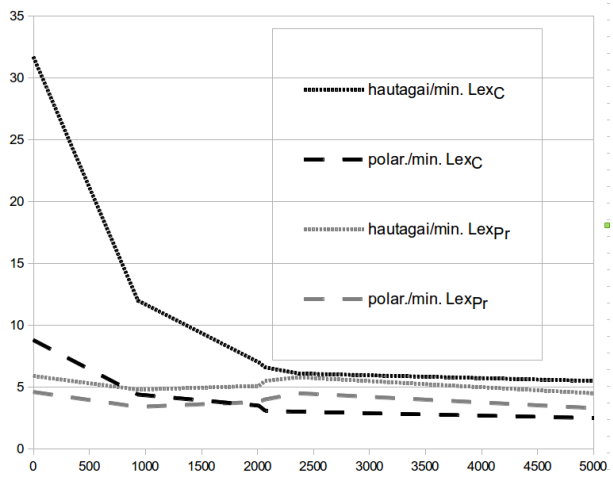
2 Taula: Berriako corpusaren eta bertatik ateratako datu-sorten estatistikak.

**Zuzenketa kostua** Proiekzioaren kasuan ez bezala, hemen polaritateak hutsetik esleitu behar ditu anotatzaileak, baina, bestalde, hitzak corpus batetik ateratakoak diren heinean erabiliagoak dira, eta, beraz, ezagunagoak eta errazagoak polaritatea anotatzeko. Kostua neurtzeko 3.1 ataleko adierazle berdinak erabili ditugu. 1 irudian bi anotatzaileen denboren batezbestekoak ageri dira. Irudiak erakusten duen moduan, abiadura askoz altuagoan esleitzen da polaritatea LLRren araberako zerrendaren hasierako hautagaien artean, zerrendan aurrera joan ahala zalantzazko kasuak areagotzen baitira. Era berean, zenbat eta aurrerago joan orduan eta polaritate hitz gutxiago topatzen dira LLRk adierazitako subjektibotasun-maila baxuagoa delako.

Osotara, 10 ordu behar izan dira $C_{Berria}$ corpusetik erauzitako 5000 hautagaiko zerrenda lantzeko, polaritate esleipena eta zalantzazko kasuen eztabaida barne. Lortutako lexikoak ($Lex_c$) guztira 1.659 sarrera ditu (959 negatibo eta 691 positibo).

### 3.3 EBLetan oinarritutako lexikoak

EBLek eskaintzen dituzten lotura semantikoak baliatzea polaritate-lexikoak sortzeko oso estrategia erabilia da literaturan. Gure kasuan, San Vicente *et al.* autoreek 2014an proposatutako metodoa erabili dugu euskarazko lexikoak sortzeko. Metodo honek hiru elementu behar ditu polaritate-lexiko bat sortzeko: (i) EBL baten grafo errepresentazioa; (ii) informazioa grafoan zehar hedatzeko algoritmo bat; eta(iii) algoritmoa abiarazteko hazi multzo bat, hitz edo kontzeptuak (synsetak).




1 Irudia: Eskuzko hiztegien zuzenketaren errendimendu datuak.

QWN-ppv-k WNen gisako EBL batean dauden erlazio semantikoak grafo baten bidez errepresentatzen ditu. Grafo horretako erpinak EBL kontzeptuak dira eta ertzak kontzeptuen arteko erlazio semantikoak (e.g., sinonimia). Grafo horren gainean polaritate informazioa zabaltzeko Personalized PageRank algoritmoaren Agirre eta Soroaren UKB hurbilpena 2009 aplikatzen da. PageRank algoritmo ezagunak grafo baten erpinen ranking bat sortzen du, erpinek grafoaren egituran duten garrantzian oinarrituz. Jatorrizko algoritmoan erpin guztiak pisu berdinarekin hasieratzen dira, eta aldiz, UKBk erpin batzuek hasieran garrantzia handiagoa izan dezaten ahalbidetzen du. Gure kasuan, polaritate jakina (positiboa edo negatiboa) duten hazi-hitz edo hazi-kontzeptu batzuei pisu handiagoa emanez hasieratzen dugu algoritmoa, eta hala, polaritatearen arabera ordenatutako ranking bat sortuko du algoritmoak.

Ondoren, lan honetan erabilitako konfigurazioa azaltzen da. Ematen diren parametroen balioak (San Vicente *et al.*, 2014) lanean ateratako ondorioetatik eratorriak dira.

EBL gisa MCR (Agirre *et al.*, 2012) erabili dugu. MCR-ek hainbat hizkuntzetako WNak bateratzen ditu kontzeptu mailan, tartean euskarazkoa. Honek abantaila ematen digu, izan ere, Ingelesezko WNak askoz erlazio semantiko gehiago eskaintzen ditu beste hizkuntzek baino, polaritate informazioa zabaltzeko aukera gehiago ematen digularik. MCRren grafo errepresentazioa sortzean erlazio MCReko sinonimia eta antonimia erlazioak dituzten grafo bana sortu dugu. 2 grafo eta 2 hazi multzo izanda (positibo eta negatiboak) 4 hedapen lortzen ditugu. Amaierako lexikoa lortzeko, hurrengo formula erabiltzen da:

$$Lex_{qwn-ppv} = Sinonimia_{pos} + Antonimia_{neg} - Sinonimia_{neg} + Antonimia_{pos} \quad (1)$$

EBLaren beste errepresentazio batzuk erabiltzea badago, esaterako erlazio guztiak dituen grafo bakarra. Sinonimia eta antonimia bidezko grafoek, erlazio gutxiago izanik, hedapen murritzagoa egiten dute alde batetik, baina, bestetik, doitasun handiagoko hedapenak sortzen dira.

Haziei dagokienez, hemen ere aukera dugu MCR barruan dauden edozein hizkuntzetako haziak zein kontzeptuak hazi gisa erabiltzeko. Gure kasuan kontzeptuak erabili ditugu. Hasierako hazi-kontzeptu horien multzoa osatzeko, ingelesezko 14 hitz positibo eta negatiboko zerrenda batetik abiatu gara (Turney eta Littman, 2003), eta horien inguruko kontzeptuak bildu ditugu, WNeko erlazio hauen bidez lotutakoak: antonymy, similarity, derived-from, pertains-to and also-see. Hemen ere hasierako hazietatik hainbat pausutara dauden kontzeptuak bildu ditzakegu. Gure kasuan gehienez ere 8 pausuko distantziara zeuden kontzeptuak bildu ditugu.

Metodo honekin lortutako lexikoak ($Lex_{qwn-ppv}$) 1.132 sarrera ditu, 565 positibo eta 567 negatibo.

## 4 Ebaluazioa

Hiztegien ebaluazioa burutzeko gainditu beharreko oztopoak ez dira gutxi. dokumentu edo esaldi multzo etiketaturik ez izateak sailkapenean oinarritutako ebaluazio estrintseko bat burutzeko ezintasuna dakar, eta ez dago eskuz sortutako euskarazko polaritate-lexikorik, beraz ebaluazio intrintsekorik ere ezin burutu eskuz lagin bat aztertzen ez bada.

Azkenean, ebaluazio estrintseko baten alde egin dugu. Horretarako testerako esaldi multzoa guk markatu dugu. 4.1 atalak deskribatzen du datu-multzo horren sorrera.

Polaritatea sailkatzeko batez besteko polaritatea hitzen kontaketa bidez kalkulatzen da. Oso sistema sinplea da, baina, gure helburua lexikoen egokitasuna aztertzea izanik, beste aspektu batzuk kontutan hartzen dituzten sistema aurreratuagoak erabiltzea baztertu da. Horrela, erregeletan oinarritutako sailkatzailea inplementatu dugu. Sailkatzaileak $t$ testu baten polaritatea kalkulatzeko $L_{eu}$ polaritate-lexiko baten informazioa hartzen du oinarritzat. Testu osoaren subjektibotasun maila testuko hitzen polaritateen batezbestekoa da, 2 ekuazioak adierazten duen moduan.

$$Pol(t) = \sum_{w \in t} bal(w)/\#w \tag{2}$$

non $bal(w) = L_{eu}(w)$ $w$ hitzak polaritate-lexikoan duen polaritatea den (-1 ala 1) eta #w $t$ testuaren hitz kopurua den. $Pol(t) > 0$ balio batek testua positiboa dela adierazten du, $Pol(t) =< 0$ balio batek aldiz negatiboa.

### 4.1 Test datuak

Testerako esaldiak bi domeinutatik hartu ziren: domeinu periodistikotik (Gara eta Berria egunkarietatik) eta musika kritiken domeinutik (Gaztezulo aldizkaritik). Guztira 193 esaldira bildu eta polaritatearen arabera anotatu ziren: positiboak eta negatiboak. Polaritate neutroa zutenak baztertu ziren.

| **Domeinua** | **Positibo** | **Negatibo** | Guztira |
|---|---|---|---|
| Musika kritikak | %87,27 | %12,73 | 55 |
| Kazetaritza | %25,36 | %74,64 | 138 |
| Guztira | %43 | %57 | 193 |

3 Taula: Ebaluaziorako datu-sorten estatistikak.

### 4.2 Emaitzak

4 Taulak erakusten ditu lexiko ezberdinek lortutako emaitzak datu-sorta ezberdinetan. Doitasun (Acc.) eta kategoria bakoitzaren araberako Fscore (Fpos/Fneg) neurriak erabili dira lexiko bakoitzaren errendimendua neurtzeko. Emaitza aztertzen baditugu, corpusetan oinarritutako lexikoak lortzen ditu emaitza onenak neurri eta datu-sorta guztiei dagokienez. Espero bezala eskuz zuzendutako lexikoek guztiz automatikoek lortutako emaitzak gainditzen dituzte.

| **Lexikoa** | **#sarrera** | **Kazetaritza** | | | **Musika kritikak** | | | **Osotara** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Acc. | Fpos | Fneg | Acc. | Fpos | Fneg | Acc. | Fpos | Fneg |
| $Lex_{pr}$ (Itzulpena) | 11.413 | 0.63 | 0.41 | 0.73 | 0.62 | 0.73 | 0.32 | 0.63 | 0.57 | 0.67 |
| $Lex_{przuz}$ (Itzulpena) | 9.299 | 0.6 | 0.47 | 0.68 | 0.73 | 0.83 | 0.35 | 0.64 | 0.63 | 0.64 |
| $Lex_{c}$ (Corpus) | 1.659 | **0.75** | 0.5 | 0.84 | **0.78** | 0.86 | 0.5 | **0.76** | 0.7 | 0.8 |
| $Lex_{qwn-ppv}$ (EBL) | 1.132 | 0.67 | 0.21 | 0.79 | 0.22 | 0.25 | 0.19 | 0.54 | 0.23 | 0.68 |

4 Taula: Datu-sorta ezberdinen gainean sortutako polaritate lexikoek lortutako asmatze tasak, polaritate kategoria bakoitzeko zehaztuta.

Musika arloko emaitzetan, nabarmentzekoa da esaldi negatiboen sailkapenean orokorrean izan den errendimendu baxua. Hau azaldu daiteke, batetik, esaldi negatiboen kopuru oso txikia delako (7), eta,

bestetik, esaldi horiek aztertuta, ikusi delako hitzen polaritateaz kanpoko beste fenomeno linguistiko batzuk erabakigarriak direla polaritatea zehazterakoan. Halaber, aipatzekoa da $Lex_{qwn-ppv}$ lexiko automatikoaren emaitza kaxkarra. Bere errendimendua oso baxua izan da bereziki esaldi positiboen kasuan.

Kazetaritza arloko emaitzei erreparatzen, espero gabeko emaitza bat izan dugu, izan ere, itzulitako lexikoen artean, $Lex_{przuz}$ zuzendutako lexikoak emaitza okerragoak ditu $Lex_{pr}$ zuzendu gabekoak baino. Emaitzek erakusten dute esaldi negatiboen detekzioan dagoela gakoa (Ikus 4 taulan Fneg zutabea).

## 5 Ondorioak eta Etorkizuneko norabidea

Lan honetan euskarazko polaritate-lexikoak sortzeko hiru bide aztertu ditugu: beste hizkuntzetako lexikoak proiektatzea; corpusetatik erauztea eta EBLetan oinarrituta hutsetik sortzea. Domeinu orokorreko lexikoak sortu dira, eta, hala, beren egokitasuna bi domeinutako datuen gainean ebaluatu da.

Lortutako emaitzen arabera, metodorik egokiena hiztegiaren errendimenduari dagokionez, corpusetan oinarritutako lexikoen erauzketa erdi-automatikoa litzateke. Gainera, metodo horrek eskatzen duen eskuzko ahalegina ez da oso handia (10 ordu). Lexikoa oso handia ez bada ere, corpusetan oinarritua egoteak hitz subjektibo erabilienak barne hartzen dituela bermatzen du metodoak.

EBLetan oinarritutako metodo erabat automatikoak emaitza global okerrenak lortzen ditu, musikakritiken alorrean duen errendimendu baxuagatik. Hala ere, albisteen alorrean itzulitako lexikoek baino emaitza hobeak lortzen ditu. Kontutan izanda kostu baxueneko metodoa dela aintzat hartzeko alternatiba da. Halaber, ikusi dugu euskarazko WNak ez duela adjektiboen informaziorik apenas. polaritatearen detekzioan adjektiboak oso garrantzitsuak dira, eta beraz, gure ustea da lortutako lexikoen kalitatea nabarmen hobetuko litzatekeela informazio hori edukita. Interesgarria litzateke eusWN euskarazko adjektiboekin aberasteko bideak aztertzea.

Azkenik, itzulitako lexikoa da aztertutako metodoen artean lan gehien eskatzen duena (36 ordu), eta gainera emaitzek ez dut eskuzko lan horren onura garbirik erakusten. Emaitzak sakonago aztertu beharra dago arazoa non dagoen argitzeko, metodo hau erabat baztertu aurretik. Izan ere, ezin da ahaztu baliabide aurretik metodo honek hiztegi elebidun bat besterik ez duela eskatzen, besteek EBLak eta corpus etiketatuak eskatzen dituzten bitartean.

## Erreferentziak

Agirre, Aitor González, Egoitz Laparra, German Rigau, eta Basque Country Donostia. 2012. Multilingual central repository version 3.0: upgrading a very large lexical knowledge base. In *GWC 2012 6th International Global Wordnet Conference*, p. 118.

Agirre, Eneko, eta Aitor Soroa. 2009. Personalizing pagerank for word sense disambiguation. In *Proceedings of the 12th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL-2009)*, Athens, Greece.

Chaovalit, P., eta L. Zhou. 2005. Movie review mining: A comparison between supervised and unsupervised classification approaches. In *System Sciences, 2005. HICSS'05. Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on*, p. 112c.

Dunning, Ted. 1993. Accurate methods for the statistics of surprise and coincidence. *Computational linguistics* 19.61–74.

Esuli, A., eta F. Sebastiani. 2006. Sentiwordnet: A publicly available lexical resource for opinion mining. In *Proceedings of the 5th Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2006)*, 417–422, Genoa, Italy.

Fellbaum, Christiane. 1998. *WordNet*. Wiley Online Library.

Hatzivassiloglou, V., eta K. R McKeown. 1997. Predicting the semantic orientation of adjectives. In *Proceedings of the eighth conference on European chapter of the Association for Computational Linguistics*, 174–181.

Kamps, Jaap, Maarten Marx, Robert J. Mokken, eta Maarten De Rijke. 2004. Using wordnet to measure semantic orientation of adjectives. In *Proceedings of LREC 2004*, Lisbon, Portugal.

Kilgarriff, A. 2001. Comparing corpora. *International journal of corpus linguistics* 6.97133.

Kim, Soo-Min, eta Eduard Hovy. 2004. Determining the sentiment of opinions. In *Proceedings of Coling 2004*, 1367–1373, Geneva, Switzerland. COLING.

Liu, H., eta P. Singh. 2004. ConceptNet: a practical commonsense reasoning toolkit. *BT Technology Journal* 22.211226.

Liu, Xiaohua, Furu Wei, Ming Zhou, eta Microsoft QuickView Team. 2012. QuickView: NLP-based tweet search. In *Proceedings of the ACL 2012 System Demonstrations*, ACL '12, p. 1318, Stroudsburg, PA, USA. Association for Computational Linguistics.

Mihalcea, R., C. Banea, eta J. Wiebe. 2007. Learning multilingual subjective language via cross-lingual projections. In *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, volume 45, p. 976.

Mohammad, S., C. Dunne, eta B. Dorr. 2009. Generating high-coverage semantic orientation lexicons from overtly marked words and a thesaurus. In *Proceedings of the 2009 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Volume 2-Volume 2*, 599–608.

Pang, B., eta L. Lee. 2008. Opinion mining and sentiment analysis. *Foundations and Trends in Information Retrieval* 2.1–135.

Pang, Bo, Lillian Lee, eta Shivakumar Vaithyanathan. 2002. Thumbs up? sentiment classification using machine learning techniques. In *Proceedings of the 2002 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 79–86. Association for Computational Linguistics.

Perez-Rosas, Veronica, Carmen Banea, eta Rada Mihalcea. 2012. Learning sentiment lexicons in spanish. In *Proceedings of the 8th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'12)*, ed. by Nicoletta Calzolari (Conference Chair), Khalid Choukri, Thierry Declerck, Mehmet Uur Doan, Bente Maegaard, Joseph Mariani, Jan Odijk, eta Stelios Piperidis, Istanbul, Turkey.

Pérez-Rosas, Verónica, Carmen Banea, eta Rada Mihalcea. 2012. Learning sentiment lexicons in spanish. In *LREC*, 3077–3081.

Rayson, Paul, eta Roger Garside. 2000. Comparing corpora using frequency profiling. In *Proceedings of the workshop on Comparing corpora - Volume 9*, WCC '00, p. 16, Hong Kong, China. Association for Computational Linguistics. ACM ID: 1117730.

San Vicente, Iñaki, Rodrigo Agerri, eta German Rigau. 2014. Simple, robust and (almost) unsupervised generation of polarity lexicons for multiple languages. In *Proceedings of the 14th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics, EACL 2014, April 26-30, 2014, Gothenburg, Sweden*, 88–97.

Saralegi, Xabier, Iñaki San Vicente, eta Irati Ugarteburu. 2013. Cross-lingual projections vs. corpora extracted subjectivity lexicons for less-resourced languages. In *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*, ed. by Alexander Gelbukh, volume 7817 of *Lecture Notes in Computer Science*, 96–108.

Saralegi, Xabier, eta Iñaki San Vicente. 2012. Tass: Detecting sentiments in spanish tweets. In *Proceedings of the TASS Workshop at SEPLN*.

Saralegi, Xabier, eta Iñaki San Vicente. 2013. Elhuyar at TASS2013. In *Proceedings of the Workshop on Sentiment Analysis at SEPLN (TASS2013)*, 143–150, Madrid.

Stone, P., D. Dunphy, M. Smith, eta D. Ogilvie. 1966. *The General Inquirer: A Computer Approach to Content Analysis*. Cambridge (MA): MIT Press.

Taboada, Maite, Julian Brooke, Milan Tofiloski, Kimberly Voll, eta Manfred Stede. 2011. Lexicon-based methods for sentiment analysis. *Computational linguistics* 37.267–307.

Turney, P., eta M. Littman. 2003. Measuring praise and criticism: Inference of semantic oreintation from association. *ACM Transaction on Information Systems* 21.315–346.

Wilson, Theresa, Paul Hoffmann, Swapna Somasundaran, Jason Kessler, Janyce Wiebe, Yejin Choi, Claire Cardie, Ellen Riloff, eta Siddharth Patwardhan. 2005. OpinionFinder. In *Proceedings of HLT/EMNLP on Interactive Demonstrations* -, 34–35, Vancouver, Canada.

Wilson, Theresa, Janyce Wiebe, eta Paul Hoffman. 2005. Recognizing contextual polarity in phrase-level sentiment analysis. In *Proceedings of the conference on Human Language Technology and Empirical Methods in Natural Language Processing*, p. 347354.

# Sistema Ziber-Fisiko Aldakorrak: Analisia, Kudeaketa eta Simulazioa

**Arrieta A.** eta **Sagardui G.** eta **Etxeberria L.**[1]

Mondragon Goi Eskola Politeknikoa, Goiru 2, 20500, Arrasate

**Laburpena**

Sistema Ziber-Fisikoek sistema ziber digitalak sistema fisiko konplexuekin uztartzen ditu. Sistema hauek gure egunerokotasunean garrantzi handia hartzen ari dira, eta ondorioz, haien aldakortasuna handitzen ari da erabiltzaileen hainbat behar betetzeko. Ondorioz, haien konplexutasuna exponentzialki handitu daiteke, eta egiaztapena prozesuak denbora handia hartu dezakete. Artikulu honek sistema ziber-fisiko batek eduki ditzakeen aldakortasuna analizatzen du, ezaugarri modeloetan oinarritutako kudeatze estrategia bat deskribatzen du eta simulazio estrategia berri bat proposatzen du.

**Hitz gakoak:** Sistema Ziber-Fisikoak, Aldakortasuna

**Abstract**

*Cyber-Physical Systems integrate digital cyber technologies with complex physical systems. These systems are taking importance in our dayly lives and their variability is considerably increasing to give response to different users' needs. As a consequence, their complexity can exponentialy grow, and the verification stages of these systems can become time con- suming. This paper analyses the variability that cyber-physical systems can be exposed to, describes a management strategy based on feature models and proposes a simulation strategy.*

**Keywords:** Cyber-Physical Systems, Variability

## 1 Sarrera

Sistema ziber-fisikoak, teknologia digitala eta prozesu fisikoak uztartzen dituzten sistemak dira (Derler *et al.*, 2011). Sistema hauek gure eguneroko bizitzan ezinbestekoak dira, eta edozein tokietan aurki ditzakegu: kotxeen hainbat funtzioetan, igogailuetan, hegazkinetan, eta abar. Erabiltzaileen hainbat arazoei aurre egiteko, sistema ziber-fisikoak sistema aldakor bihurtzen ari dira. Sistema ziber-fisiko aldakorrak milaka edota milioika konfigurazio jasan ditzakete. Ondorioz, sistema hauen aldakortasuna handia da, eta aldakortasun hau kudeatzea garrantzitsua da.

Aldakortasuna sistema bat aldatzeko edo pertsonalizatzeko daukan gaitasuna da (Gurp *et al.*, 2001), eta konfigurabilitate edo modifikabilitate bezala uler daiteke (Thiel eta Hein, 2002). Konfigurabilitatea produktu espazioko aldakortasunari dagokio, modifikabilitatea aldiz denbora espazioko aldakortasunari. Artikulu honetan zehar aldakortasunaz mintzatzen garenean, lehenengoari buruz arituko gara, hau da, konfigurabilitatea.

Sistema ziber-fisiko aldakorrek zenbait konfigurazio jasan ahal izateko haien konplexutasuna handitu egiten da. Ondorioz, egiaztatze eta balioztatze prozesuek esfortzu handiago bat eskatzen dute. Prozesu hauetan, simulazio tresnak beharrezkoak dira, konfigurazio ezberdinak garatzea kostu handia dakarrelako, bai diru eta bai denbora aldetik. Bestalde, simulazio tresnek sistema ziberfisikoen aldakortasuna jasan beharra daukate, baina gehienak ez daude horretarako eginak. Ikerketa honek sistema ziber-fisiko konfiguragarrien aldakortasuna era eraginkor batean analizatzea, kudeatzea eta simulatzea dauka helburu.

## 2 Arloko egoera

Sistema ziber-fisikoak gure eguneroko bizitzan eginkizun garrantzitsu bat daukate. Sistema hauek teknologia digitalak eta prozesu fisikoek uztatzen dituzten sistema konplexuak dira (Derler *et al.*, 2011).

Sistema ziber-fisikoak geroz eta aldaketa gehiago jasan ditzazkete, eta ondorioz, haien aldakortasuna handitu egiten da. Aldakortasun hau kontutan edukitzea oso garrantzitsua da: alde batetik, sistema hauen aldakortasuna era batean kudeatu beharra dago. Bestalde, aldakortasun hau sistema ziber-fisikoa simulatu behar duen erremintan modelatzea beharrezkoa da. Are eta gehiago, trazabilitatea egon beharra dago aldakortasuna kudeatzen duen erreminta eta sistema simulatzen duen erremintaren artean.

Gaur egun, sistema konplexuak simulatzeko erabiltzen diren tresnen artean MATLAB/Simulink erreminta da erabilienetako bat. Hala ere, erreminta hau ez dago pentsatua aldakortasuna era eraginkor batean modelatzeko. Gure aurreko lanean (Arrieta *et al.*, 2014a), MATLAB/Simulink-en sistema txertatuentzako software-aren aldakortasuna modelatu eta kudeatzeko hiru teknika konparatu genituen: (1) aldakortasun uniformea, (2) aldakortasun negatiboa eta (3) lehen klaseko aldakortasuna. Konparazio honetan ondorengo ezaugarriak hartu ziren kontutan:

- Simulazio denbora: Simulatzeko behar duen denbora. Hau altua edo baxua izan daiteke erabilitako teknikaren arabera.
- Modeloaren konplexutasuna: Erabilitako teknikaren arabera, modeloaren konplexutasuna alda daiteke. Konplexutasuna 100 %-koa izango da baldin eta modeloan soilik konfigurazio konkretu batentzako erabiltzen diren osagaiak agertzen badira. Bestalde, konplexutasuna 150 %-koa izango da baldin eta modeloan sistema ziber-fisiko aldakor osoaren osagaiak agertzen badira.
- Kudeatzeko erabiltzen den erreminta: Simulazio erremintaz aparte, aldakortasuna kudeatzeko erreminta erabiltzea aproposa da.
- Konfiguratzeko konplexutasuna: Sistema ziber-fisiko aldakorrak hainbat konfigurazio jasan ditzakete. Konfigurazio konkretu bat simulatzeko, teknika bakoitzak pausu ezberdinak jarraitu behar ditu. Ezaugarri honek teknika bakoitza Simulink erremintan sistema ziber-fisiko aldakor baten konfigurazio konkretu bat konfiguratzeko konplexutasuna neurtzen du, teknika bakoitzeko.
- Konfiguratze maila: Erabilitako teknikaren arabera, produktu konfigurazio guztiak modelatu ahal izango da, edo konfigurazio konkretu batzuk soilik. Produktu lerro osoa modelatzea abantaila garrantzitsua da edozein produktu konfigurazio independente simula daitekeelako.
- Konfiguratze unea: Konfiguratze unea aldakortasuna ebazten den uneari dagokio, hau da, zein momentutan konfiguratzen den (Weiland eta Manhart, 2014). Konfiguratze denborak inpaktu zuzena dauka bai simulazio denboran, baita automatikoki sortutako kodean. Aldakortasuna ebatz daiteke (1) kodea sortzean, (2) kodea aurre-konpilatzean edo (3) "run-time" delakoan.
- Modifikatzeko erraztasuna: modifikatzeko erraztasuna (edo modifikabilitatea), modelo batean aldaketa bat egiteko erraztasunari dagokio. Sistema aldakorrak osagai edo funtzionalitate berriak behar izan ditzakete. Honengatik, ezaugarri hau kontutan edukitzea garrantzitsua da teknika bat edo beste aukeratzeko orduan.

1 Taula: Aldakortasuna MATLAB/Simulink erremintan modelatzeko eta kudeatzeko hiru tekniken konparazioa Arrieta *et al.* (2014a)

| Modelatze Teknika | Simulatze denbora | Modeloaren konplexutasuna | Kudeatze erreminta | Konfiguratze konplexutasuna | Konfiguratze maila | Konfiguratze unea | Modifikatzeko erraztasuna |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aldakortasun uniformea | Altua | 150 % modeloa | pure::variants | Baxua | Famili produktu osoa | Runtime | Baxua |
| Aldakortasun negatiboa | Baxua | 150 % modeloa | S2T2 Config | Altua | Famili produktu osoa | Kodea sortzean | Baxua |
| Lehen klaseko aldakortasuna | Baxua | 100 % modeloa | Espezifikatu gabe | Espezifikatu gabe | Konfigurazio independenteak | Kodea sortzean | Ertaina |

# 3 Ikerketaren Muina

## 3.1 Ikerketa Kasua: Drone aldakorra - Aldakortasunaren Analisia

Ikerketa kasu bezala Drone delako sistema aukeratu dugu. Drone-ak, gidatu gabeko aireko ibilgailuak dira. Drone bat, sistema ziber-fisiko bat da, non sistema digitalak prozesu fisikoekin uztartzen dituen. Sistema hauek hainbat funtzio eduki ditzakete, adibidez, militarrak arerioak espiatzeko, erreskate misioetan biktimak era eraginkor batean lokalizatzeko, eta azken urteotan, jostailu modura erabiltzen ari dira. Proposatutako kasu honetan, sistemaren aplikazioak hiru izango dira:

- Argazkilaritza: Drone-a altura ezberdinetatik era azkar batean argazkiak ateratzeko erabiliko da. Aplikazio honetan, sistema kamara batekin ekipatua egotea beharrezkoa izango da.
- Zama Lanak: Kasu honetan, sistema zama alde batetik bestera garraiatzeko erabiliko da. Aplikazio honetarako potentzi maila altua daukaten motorrak erabiltzea funtsezkoa izango da.
- Jolasa: Haurrei edota afizionatuentzat zuzenduta aisialdirako.

Bestalde, drone-a bi modutan kontrola daiteke, manualki edo automatikoki. Kontrol manuala, kontrol tradizionalari dagokio, hau da, irrati frekuentzia bidez erabiltzaileak drone-ari aginduak bidaltzen dizkio. Kontrol manuala erabiltzen bada, drone konfiguragarriak irrati frekuentziak detektatzen dituen sentsorea eduki beharko du. Bestalde, kontrol automatikoa GPS bidez kontrolatzen da; erabiltzaileak koordenatuen datuak bidaltzen dizkio drone-ari eta aireko ibilgailua automatikoki erabiltzaileak finkatutako puntura mugituko da. Kontrol automatikoa edukitzeko, drone-ak GPS sentsorea eduki beharko du integratuta.

Sistema hauen desabantailetako bat potentzi kontsumoa da. Hegaldia eraginkorra izateko, drone-ak ezin dute pisu handiak jasan, beraz ezin dituzte bateria pisutsuak izan. Honengatik, drone-aldakorrak bi motore mota ezberdin eduki ditzakete: 10 wattioko potentzia xahutzen dutenak edo 20 wattiokoak. Lehen aipatu bezala, 20 wattioko motoreak zama lanak egiteko erabiltzen diren dronetan erabiliko dira, besteak beste.

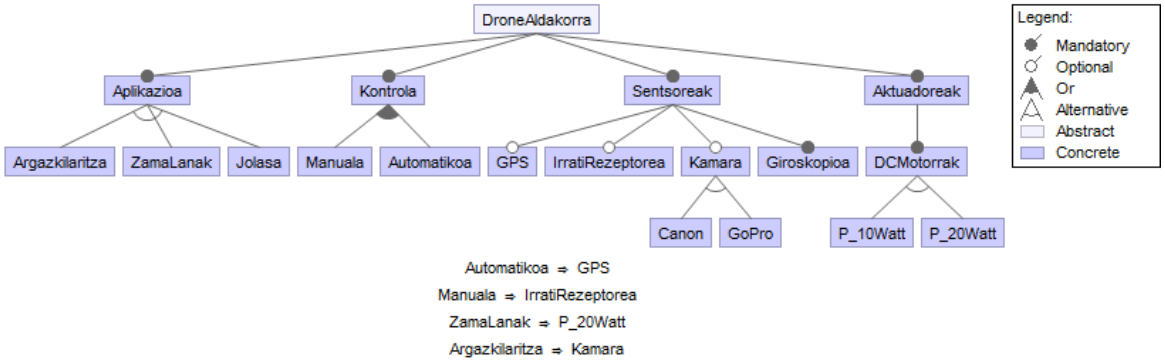
Azkenik, argazkiak ateratzeko bi kamara mota erabili ditzake dronak, bi marka famatuenak: Canon edo GoPro. Aukera hau erabiltzaileren baitan egongo da, aplikazio mota edo aurrekontua kontutan edukita.

## 3.2 Aldakortasuna Kudeatzen

Aurreko sekzioan aldakortasunaren analisia egin dugu. Hala ere, aldakortasuna era eraginkor batean kudeatzea beharrezkoa da, bereziki aldakortasun handia duten sistemetan. Berger *et al.* (2013) artikuluak industrian aldakortasuna modelatzeko erabiltzen diren teknikak aztertzen ditu. Aldakortasuna kudeatzeko notazio ezberdinak erabiltzen direla aipatzen du, besteak beste Feature Model-ak (Ezaugarri Modeloak), Domeinu Espezifikoetako Lengoaiak edota UML diagramak. Ikerketa honi dagokionez, gehien erabiltzen den notazioa Feature Model delakoa da.

Sistema ziber-fisikoetan aldakortasuna kudeatzeko aukeratu dugun notazioa, Feature Model-ak izan dira. Ezaugarri modeloak, sistema aldakor baten produktu guztiak errepresentatzen dituen modelo grafikoak dira, non hierarkikoki sistema baten ezaugarri guztiak errepresentatzen diren (Benavides *et al.*, 2010). Erreminta moduan, FeatureIDE (Thuem *et al.*, 2014) erabili da ondorengo arrazoiengatik: (1) eclipse plataformarako eskuragarri dago, (2) ematen dituen aukerak handiak dira, (3) erabiltzeko erraztasuna, (4) kode irekikoa, hau da, gure beharretara moldatu dezakegu.

1 Irudiak proposatutako sistemaren ezaugarri modeloa erakusten du. Hainbat ezaugarri mota daude: ezaugarri bat beharrezkoa (mandatory) izango da baldin eta zirkulu beltza duen. Bestalde, hautazkoa izango da zirkulu zuria baldin badauka. Talde ezaugarriak ere badaude eta talde bakoitzean aukera bat edo gehiago aukeratu daitezke, "edo"(or) eta "alternatibo"(alternative) ezaugarri motak dira. "Or"-en kasuan, bat baina gehiago aukeratu daitezke, bestalde, "alternative"-en kasuan, bat besterik ez. Bestalde, ezaugarrien artean murrizketak egon daitezke. Ezaugarri modeloaren azpiko zatian ikusi daitezke murrizketak, kasu honetan adibidez, kontrol automatikoa baldin badago, GPS-a beharrezkoa izango dela.

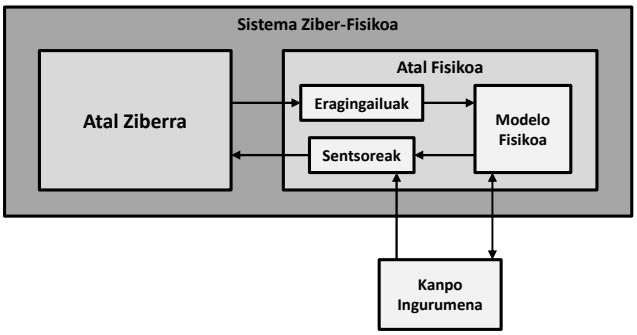



1 Irudia: Proposatutako Drone Aldakorraren Ezaugarri Modeloa

## 3.3 Sistema Ziber-Fisikoen Egitura

Sistema ziber-fisiko bat simulatzerako orduan, bere goi mailako egitura ondo ulertzea beharrezkoa da. Sistema ziber-fisiko batek bi atal nagusi dauzka: atal fisikoa eta atal ziberra, 2. Irudian ikusi daitekeen moduan. Ziber atala, sistema digitalak integratzen dituen atala da. Bertan, sistema fisikoa kontrolatzen duen mikroprozesadore edo bestelako sistema txertatuak aurkitu daitezke. Atal honetan, SW-ak rol garrantzitsu bat dauka sistema fisikoaren kontrolean. Atal fisikoari dagokionez, normalean erabiltzaileak ikusi dezaken atalari dagokio; atal honetan hiru zati garrantzitsu bereiz daitezke: (1) modelo fisikoa, erabilitako kasuan, drone-aren egitura generala izango litzateke, (2) sentsoreak modelo fisikotik edota kanpotik datozen neurriak hartzen dituzten gailuak dira, eta azkenik, (3) eragingailuak, non, modelo fisikoaren egoera aldatzeko gai diren gailuak dira.

Bestalde, sistema ziber-fisikoak ingurumen batean egiten dute lan. Ingurumen honek atal fisikoarengan eragin zuzena dauka. Esaterako, aukeratutako ikerketa kasuan, drone-ak haize boladak jasan ditzake. Haize bolada hauek sistema desorekatu dezake eta ondorioz matxuratu. Bestalde, sistema ziber-fisikoak, kanpoko ingurumenaren informazioa jasan dezake sentsoreei esker, ikerketa kasuan adibidez, kamara. Ingurumen hau askotan ez da kontutan edukitzen, baina garrantzitsua da simulatzea bere portaera ikusi ahal izateko.

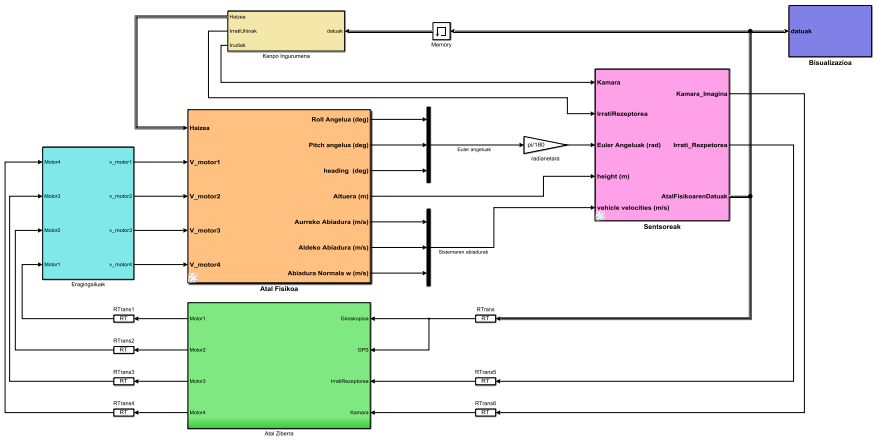



2 Irudia: Sistema ziber-fisiko baten goi mailako egitura

## 3.4 Sistema Ziber-Fisiko aldakorren Simulazioa

### 3.4.1 Goi mailako simulazioa

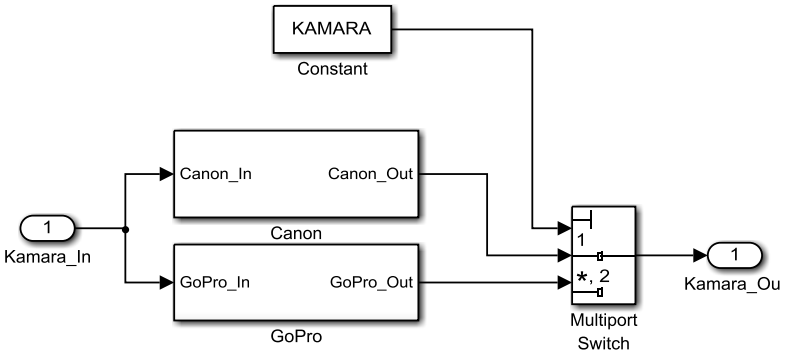
Sistema Ziber-fisiko baten egiturako atal bakoitza, aukeratutako simulazio erremintan modelatu beharra dago. Gure kasuan MATLAB/Simulink erreminta aukeratu dugu softwarea eta atal fisikoa modelatzen dituzten modelo matematikoak bateratzeko eskaintzen duen erraztasunagatik. 3. Irudiak, ikerketa kasurako erabili dugun adibidearen Simulink modeloaren egitura nagusia erakusten du.




3 Irudia: Drone Sistemaren MATLAB/Simulink Modeloa

### 3.4.2 Aldakortasunaren Modelatzea

Arloko egoeran, 2. Taulan MATLAB/Simulinken aldakortasuna modelatzeko hiru teknika konparatzen dira. Hala ere, konparatutako hiru teknikek desabantaila ezberdinak dituzte. Esaterako, aldakortasun uniformearen teknika erabiltzean (4. Irudia), ezaugarri guztiak Simulink erremintan alokatu behar dira. 4. Irudia kontuan izanda, bi kamerak alokatzen dira modeloan, Canon eta GoPro. Honek bi desabantaila nagusi dauzka: (1) simulazio denbora altuago da, bi modeloak simulatu beharra dago eta, eta (2) sentsore gehiago baldin balego, modeloaren konplexutasuna handiagotuko litzateke.

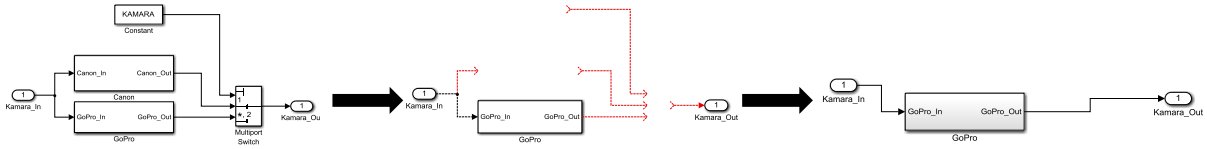



4 Irudia: Kamara sentsorearen aldakortasunaren modelatzea aldakortasun uniformea erabiliz

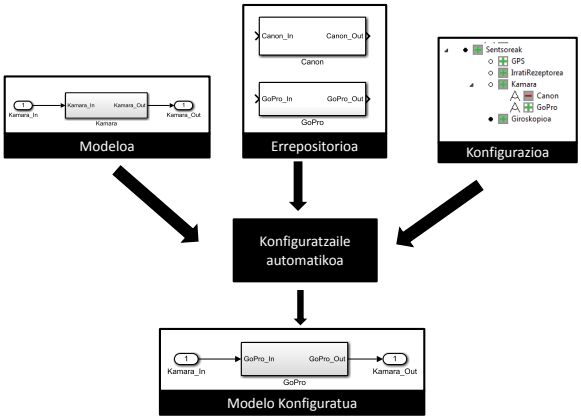
Simulazio denboraren arazoa aldakortasun negatiboarekin konpon daiteke. Teknika honetan, produktu bat konfiguratzean, erabiltzen ez diren osagaiak modelotik ezabatzen dira. Hala ere, prozesu hau ez dago automatizatuta, beraz, konfiguratze prozesua zaildu egiten da. Hartu dezagun adibide bezala GoPro kamara aukeratzen dugula gure produktuan. Ondorengo pausuak egin beharko lirateke: (1) Canon kamara sentsorea ezabatu, (2) zintzilik geratzen diren seinaleak ezabatu eta (3) lotu beharreko seinaleak lotu. Guk dakigunez, prozesu hau ez dago automatizatuta.

Arazo hauei aurre egiteko, gure aldakortasunaren modelatze estrategia ezberdina da. Osagai ezberdinak modelo batean alokatu ordez, errepositorio batean gordetzen ditugu. Goi mailako osagaia modeloan alokatzen dugu osagaien ordez, hau da, kasu honetan “Kamara”. Konfiguratzeko orduan, goi mailako osagaia, aukeratutako osagaiarengatik ordezkatzen dugu. Prozesu hau, MATLAB kodea erabiliz automatizatu da. 6. Irudian prozesuaren pauso ezberdinak agertzen dira.

Teknika hau erabiliz, modeloaren konplexutasuna baxua da, osagai guztiak ez baitaude modeloan alokatuak. Bestalde, simulazio denbora aldakortasun uniformearekin baina baxuagoa da, konfigurazio batean erabiltzen diren osagaiak besterik ez baitaude alokatuak Simulink modeloan. Konfiguratze proze-




5 Irudia: Kamara sentsorearen konfiguratzea aldakortasun negatiboa erabiliz




6 Irudia: Kamara sentsorearen konfiguratzea proposatutako aldakortasun teknika erabiliz

sua erraza eta automatikoa da, gainera produktu familia osoa modelatzea ahalbideratzen du. Bestalde, modifikatze orduan, osagai berri bat gehitu nahi bada, esaterako, beste kamara modelo bat, errepositorioan sartzearekin nahikoa izango litzateke, beraz, modifikatzeko erraztasuna altua da.

### 3.5 Simulazioaren Emaitzak

Simulazioan ondorengo konfigurazioa aukeratu dugu:

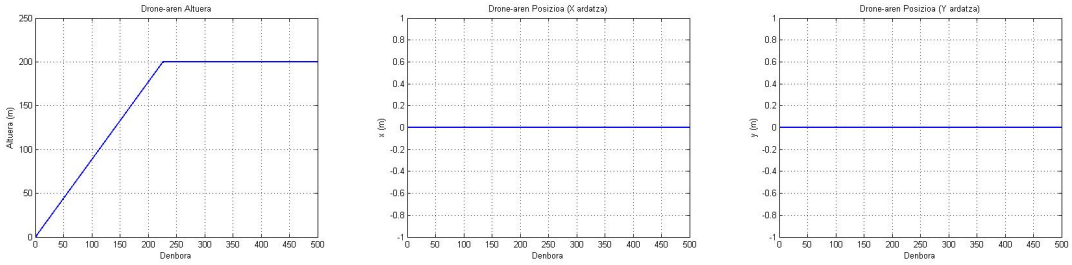
- Aplikazioa: Argazkilaritza
- Kontrola: Manuala
- Sentsoreak: Irrati rezeptorea, Canon kamara eta giroskopioa
- Aktuadoreak: DC motorrak, 10 Wattioko potentziarekin
- Ez aukeratutako osagaiak: kontrol automatikoa, GPS-a, GoPro kamara, 20 watt-ioko motorrak

Bestalde, 500 segundotako hiru simulazio egin ditugu. Hiru simulazioen arteko ezberdintasuna kanpoko ingurumeneko haizearekin lotura eduki du (haizerik ez, haize gutxi, haize asko). Bestalde, aldakortasuna modelatzeko proposatutako teknika, teknika uniformea eta negatiboarekin konparatu dugu. Simulazio denbora manualki neurtu da; kudeatze erremintak komentzialak edo software librekoak dira, adibidez pure::variants Pure-Systems (2014), aldakortasuna kudeatzeko erremintarik famatuena da. Lortutako emaitzak ondorengo taulan ikus daitezke:

Kanpoko ingurumena modelatzeko garaian haizea hartu dugu kontutan. Lehen aipatu bezala, hiru kasurekin egin ditugu simulazioak. Lehen kasua haizerik ez dagoenean izango da, hau da, adibidez drone-a eraikuntza baten barruan dagoenean. Bestalde, beste bi kasuetan haize gutxi eta haize asko simulatu da. Haizea modelatzerako orduan, drone-ak daukan altuera hartu dugu kontutan baita ere, hau da, zenbait eta altuera gehiago, haize gehiago. 7, 8 eta 9 irudiek simulazioen emaitzak erakusten dituzte hiru haize motentzako, hiru ardatzetan. X eta Y ardatzetan ikusi daiteke, drone-ak altuera hartuz gero, posizioa gehiago galtzen duela.

2 Taula: Proposatutako Sistema Ziber-Fisikoen aldakortasuna modelatzeko teknikaren konparaketa aldakortasun uniforme eta negatiboarekiko

| Modelatze Teknika | Simulazio Denbora | Konfigurazio konplexutasuna | Kudeatze erreminta | Modeloaren konplexutasuna |
|---|---|---|---|---|
| Aldakortasun uniformea | 44 seg | Automatikoa | pure::variants | Altua |
| Aldakortasun negatiboa | 25 seg | Manuala | S2T2 Config | Altua |
| Proposatutako teknika | 25 seg | Automatikoa | FeatureIDE | Baxua |




7 Irudia: Eraikuntza barruko simulazioa - Haizerik ez

## 4 Ondorioak

Artikulu honek sistema ziber-fisiko aldakorrak modelatzeko estrategia berri bat proposatu du MATLAB/Simulink erremintan simulatzeko. Arloko egoera kontutan edukita, proposatutako teknikak abantailak eskaintzen ditu simulazio denborari, konfigurazio konplexutasunari, modeloaren konplexutasunari, konfiguratze mailari eta modifikatzeko erraztasunari dagokionez. Honetaz aparte, sistema ziber-fisiko aldakor baten adibidea proposatu da eta bere aldakortasun puntu ezberdinak analizatu ditugu. Aldakortasun hau FeatureIDE erreminta erabiliz kudeatu da.

Bestalde, kanpo ingurumena modelatzearen garrantzia aipatu dugu. Kasu honetarako, kanpo ingurumenaren faktore bakarra haizea hartu dugu kontutan. Hala ere, simulazioa errealistagoa izan dadin, beste funtzio batzuk kontutan hartzea gomendagarria izango litzateke, adb: objektu ezberdinak, euriak, hezetasuna, eta abar.

## 5 Etorkizuna

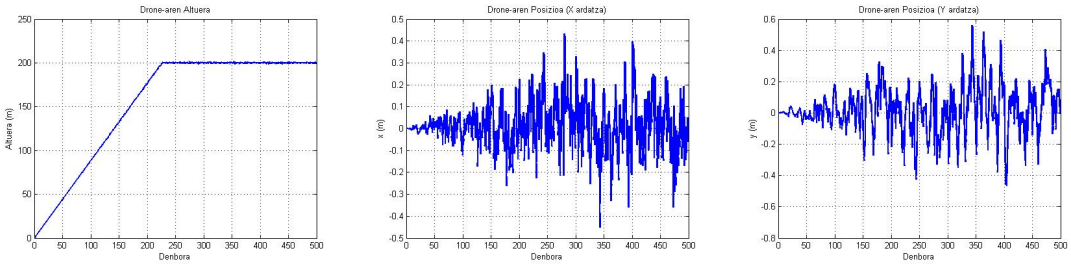
Etorkizuneko ikerketak sistema hauen balioztapena izango du ardatz. Sistema hauek milaka konfigurazio jasan ditzakete, eta konfigurazio guzti hauek ezin dira balioztatu. Ondorioz, sistema hauen konfigurazioak era eraginkor batean aukeratzea garrantzizkoa da. Honetarako, gure ikerketa taldeak metodologia berri bat proposatu du test ezberdinak exekutatzeko arkitektura aldakor batekin batera (Arrieta *et al.*, 2014c)(Arrieta *et al.*, 2014b).

Artikulu honetan sistema ziber-fisikoaren aldakortasunean zentratu gara. Hala ere, aldakortasuna toki ezberdinetan ager daiteke. Esaterako, kanpoko ingurumenak aldakortasun ezberdinak jasan ditzake. Haizearen kasuan, haizea aldakorra eta ez-uniformea da. Aldakortasun hau etorkizunean era eraginkor batean kudeatzea izango da helburuetako bat.

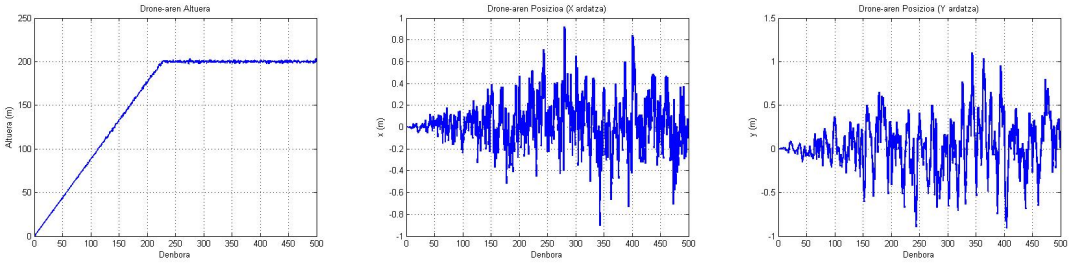
## Erreferentziak

Arrieta, Aitor, Goiuria Sagardui, eta Leire Etxeberria. 2014a. A comparative on variability modelling and management approaches in simulink for embedded systems. In *V Jornadas de Computación Empotrada*, number 26-33 in JCE 2014.

——, ——, eta ——. 2014b. A configurable test architecture for the automatic validation of variability-




8 Irudia: Egun ez haizetsu baten simulazioa




9 Irudia: Egun haizetsu baten simulazioa

intensive cyber-physical systems. In *VALID 2014: The Sixth International Conference on Advances in System Testing and Validation Lifecycle*, 79–83.

——, ——, eta ——. 2014c. A model-based testing methodology for the systematic validation of highly configurable cyber-physical systems. In *VALID 2014: The Sixth International Conference on Advances in System Testing and Validation Lifecycle*, 66–72.

Benavides, David, Sergio Segura, eta Antonio Ruiz-Corts. 2010. Automated analysis of feature models 20 years later: A literature review. *Information Systems* 35.615 – 636.

Berger, Thorsten, Ralf Rublack, Divya Nair, Joanne M. Atlee, Martin Becker, Kryzsztof Czarnecki, eta Andrzej Wasowski. 2013. A survey of variability modeling in industrial practice. In *Variability Modelling of Software-intensive Systems (VaMoS)*, 7:1–7:8.

Derler, Patricia, Edward A. Lee, eta Alberto Sangiovanni-Vincentelli. 2011. Modeling cyber-physical systems. *Proceedings of the IEEE (special issue on CPS)* 100.13 – 28.

Gurp, Jilles Van, Jan Bosch, eta Mikael Svahnberg. 2001. On the notion of variability in software product lines. In *Proceedings of the Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture*, WICSA '01, 45–54, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.

Pure-Systems, 2014. pure::variants. http://www.pure-systems.com.

Thiel, Steffen, eta Andreas Hein. 2002. Systematic integration of variability into product line architecture design. In *SPLC*, 130–153.

Thuem, Thomas, Christian Kastner, Fabian Benduhn, Jens Meinicke, Gunter Saake, eta Thomas Leich. 2014. Featureide: An extensible framework for feature-oriented software development. *Science of Computer Programming* 79.70 – 85.

Weiland, Jens, eta Peter Manhart. 2014. A classification of modeling variability in simulink. In *Proceedings of the Eighth International Workshop on Variability Modelling of Software-Intensive Systems*, VaMoS '14, 7:1–7:8, New York, NY, USA. ACM.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Lan hau sistema txertatuen taldeak burutu du, Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza, Unibertstitate eta Ikerketa sailagatik onartuta dagoena.

# Raman Espektroskopian Oinarrituriko Biosentsorea Zuntz Optikoa Erabiliz

Azkune M, Aldabaldetreku G, Durana G, Bikandi I, Berganza A, Zubia J
*Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilboko IGET, Urkixo Zumarkalea z/g, E-48013 Bilbo, mazkune001@ikasle.ehu.es*

***Laburpena***

Gainazalak anplifikaturiko Raman espektroskopiaren (SERS) eta polimerozko nukleo hutsezko zuntz optiko mikroegituratuen (HC-mPOF) konbinaketak, sustantzia kimiko edo biologikoen azterketarako sentikortasun handiko neurketa-plataforma indartsua eskaintzen du, espezifikotasun molekularra, sentsibilitatea eta fidagarritasuna altuak izanik. Lan honetan, *Kagome* sareta duen HC-mPOFa erabiliaz, denboran egonkorra eta erreproduzigarria den metileno urdin disoluzioaren Raman seinalea neurtu da, zilarrezko nanopartikulekin nahastuta. Laginarekin izandako interakzio luzearen eta argi sakabanatuaren gidapenaren ondorioz, jasotako seinalearen handiagotzea erakusten dute emaitzek.

Hitz gakoak: Gainazalak anplifikaturiko Raman espektroskopia, polimerozko nukleo hutsezko zuntz optiko mikroegituratuak, Raman

***Abstract***

*The combination of Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) and Hollow Core microstructured Polymer Optical Fibers (HC-mPOF) offers a strong platform for sensitive molecular fingerprinting of chemical and biological compounds, allowing molecular specificity, high sensitivity and reliability. In this work, employing Kagome lattice HC-mPOFs, we report reproducible and time-stable experimental Raman spectra of Methylene Blue target molecule. This is achieved by filling the holes of the HC-mPOF with the analyte solution, together with Ag nanoparticles. The results show an increase in the received signal due to large interaction length with the sample and the guidance of the scattered light.*

*Keywords: SERS, Hollow Core microstructured Polymer optical Fiber, Raman*

## 1. Sarrera

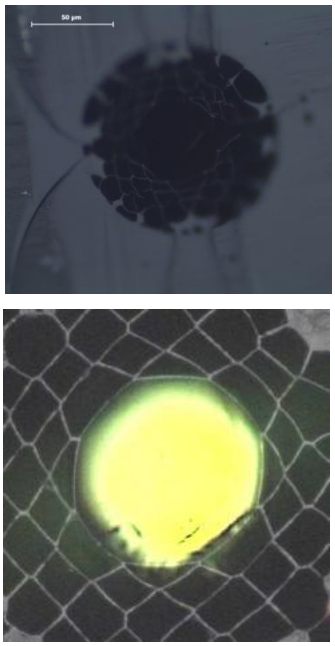
Raman efektua, 1922an aurkitua (Raman eta Krishnan, 1928) ez da azken hamarkada hauek arte oso erabilia izan. Izan ere, modu inelastikoan dispertsaturiko argiak sorturiko seinalea oso ahula izanik, anplifikatzeko moduen beharra agerikoa izan da. Batez beste, molekula baten Raman zeharkako sekzioa $\sigma_R$ bada, zeinak fotoi erasotzaileekiko Raman fotoi sakabanatuen zatidura deskribatzen duen, normalean oso balio baxua izaten da, $10^{-29}$ $cm^2$ molekula bakoitzeko. Mugatze hau, gainazalak anplifikaturiko Raman espektroskopiaren (SERS) aurkikuntzak gainditu zuen 1974an (Fleischmann et al., 1974). Neurtu gura den molekulak (TM, *target molecule*) azalera ximurreko metal batekin kontaktuan edo distantzia oso laburrean aurkitzen direnean posible da Raman seinalea $10^{12}$ aldiz anplifikatzea plasmoi-efektuaren eta lotura kimikoen ezarpenei esker (Chang, 1982).

SERS efektuaren anplifikazio-maila ordea ez da batere egonkorra. Seinalea anplifikatzen den maila, argi erasotzaileak bere bidean iragaten dituen gune beroen (HS, *Hot Spot*) menpe egongo da, hau da, metalezko nanopartikulak (NP) eta TM kontaktuan dauden guneen menpe. Menpekotasun honek disoluzioen neurketak egitea zailtzen du, fidagarritasuna galtzen baita neurketa batetik bestera. Eragozpen hau polimerozko nukleo hutsezko zuntz mirkoegituratuen (HC-mPOF, *Hollow Core microstructured Polymer Optical Fibers*) erabilerarekin gainditu daiteke.

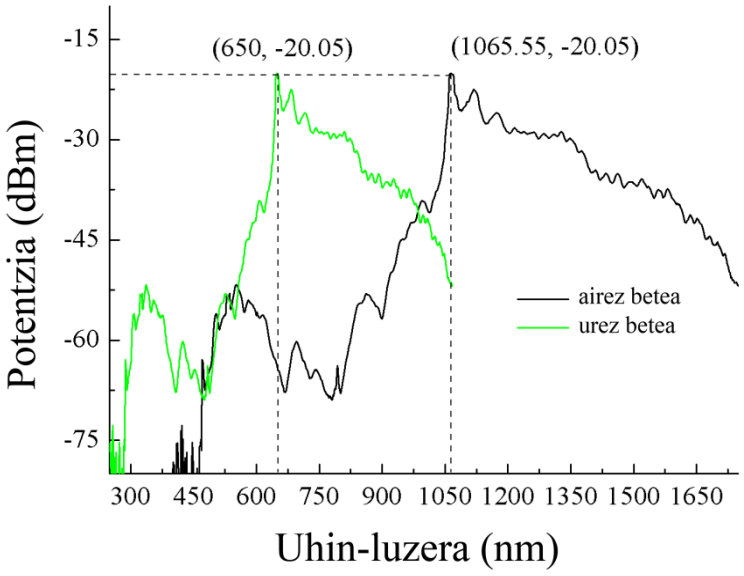
Zuntz-paradigma berri honetan, espektroaren banda konkretu batzuk soilik konfinatzen dira nukleoan, “banda debekatu” efektua dela eta. Horren ondorioz maiztasun zehatz batzuetan gertatzen da soilik argi-transmisioa nukleoan zehar (Russell, 2003). Gainera, nukleo barruko argiaren konfinamenduari esker, teknika horrek zuntzaren luzeraren adinako interakzioa eskaintzen du analitoarekin, distantzia hau oso luzea izanik. Horrez gain, nukleo zein

estaldurako zuloen bolumen txikiak direla eta, nahikoa da disoluzio-bolumen oso txikiarekin irakurketa zehatzak lortzeko. Bestalde, mota honetako zuntzek, argia gidatzeko duten ahalmenagatik, argi erasotzailea zein argi dispertsatua gidatuko dute espektroskopioaren norabidean, irakurketa maximoa izanik.

1. **irudia. a)HC-mPOF-aren zeharkako irudia (argi gabe eta argiarekin). b**)HC-mPOF-aren transmisio-**leihoak nukleo hutsean eta likidoz beteriko nukleoan.**



(a)




(b)

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

SERS efektua eta nukleo hutsezko zuntz mikroegituratuak batzearen ideiak azken urteetan indarra hartu du. Yan et al.-ek (2006) beirazko zuntz mikroegituratua erabili zuten. Lehen saiakera honetan, zuntzaren nukleoko paretak urre NPez estali ondoren, Rhodamina disoluzioz zuntza bete eta lehortzen utzi zuten. Ondoren Raman espektroa neurtu eta amplifikazio nabaria ikusi zuten.

Ikerketa aitzindari honen ondoren, nukleoa hutsa izan beharrean likidoz betetzen aritu ziren zenbait ikerketa-talde (Yang et al., 2011) eta guztietan emaitza itxaropentsuak lortu zituzten. Ikerketa horietan, beirazko zuntz mikroegituratuak erabili ziren bai nukleo solidozko bai nukleo hutsezko diseinuekin, baina guztietan printzipio bera erabiliz. NPen tamaina egokia, zuntzaren diseinua zein SERSa lortzeko metodologia dira lan hauek jorratzen dutena.

Beirazko zuntzen mugak gainditzeko asmoz Cox et al.-ek (2007), piridinaren SERS seinalea neurtu zuten HC-mPOF erabiliz. Egileek polimerozko zuntz optikoen erabileraren bideragarritasuna frogatu zuten. Beirarekin alderatuz, polimeroa merkeagoa, mardulagoa eta funtzionalagarriagoa da, sustantzia dopagarriak nahastea ahalbidetzen baitu.

Teknika horri esker, likido-bolumen baxua behar duten eta sentsibilitate altua lortzen duten sentsoreen garapena posible litzateke medikuntzan, gaixotasunak eragiten dituzten sustantzien kontzentrazio-mailak neurtzeko; biologia zelular ikerkuntzan ere oso preziatuak lirateke horrelako sentsoreak, gaur egun sektore hauek dituzten zenbait arazo eta mugei aurre egingo bailieke.

Honenbestez, ikerketaren helburua SERS efektuan oinarritutako sentsore baten diseinuaren lehen pausua finkatzea da. Horretarako aski ezaguna den TM bat aukeratu eta zuntzak dakartzan

aukera berriak aztertu nahi dira, dispositibo sentikor merke eta fidagarri bat lortzeko asmoarekin.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Neurketen prestaketa

Lan honetan aurkezten diren emaitzak, ondorengo ekipo eta baliabideekin neurtuak izan dira:

- *Zuntza*: Esperimentu honetan, *Kagome* saretako HC-mPOF erabili da. 1a. irudian ikus daitekeen bezala, nukleoak 35µm-tako diametroa du eta estaldura 3 eraztunez osatua dago. Gainera, PMMAz (Polimetil metakrilatoa) egina dago. Material eta sareta egitura honek, 1b. irudiko transmisio-leihoak ahalbidetzen ditu nukleo hutsean eta likidoz beteriko nukleoaren kasuan. Bertan ikus daiteken bezala, transmisio-leiho horien kokapena uhin-luzera laburragoetara aldatzen da nukleoa likidoz betetzen denean, banda debekatuen desplazamendu bat gertatzen baita.

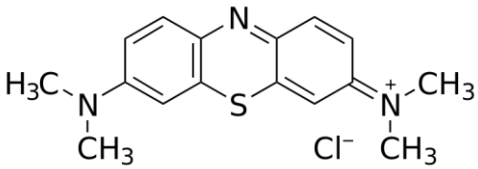
**2. irudia. Laborategiko Raman ekipoaren muntaia.**

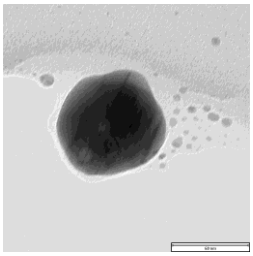



- *Neurketa-ekipoa*: Ikerketa honetako neurketa guztiak, *Renishaw inVia Raman Microscope* ekipoarekin egin dira, 2. irudian ikus daitekeen bezala. Raman ekipo horretara 785 nm-ko eta 300 mW-ko laserra konektatu da. Uhin-luzera hori egokia da, izan ere, likidoz beteriko nukleoari dagokion transmisio-leihoan aurkitzen da eta fluoreszentzia baxua sortzen du. Beraz, argi transmisioa ziurtatuta daukagu.

- *Disoluzioa*: Kasu honetan, zilarrezko NPk eta metileno urdina erabili dira disoluzioa osatzeko. Ikerketaren asmoa zuntzaren eragina neurtzea denez, bibliografian ondo dokumentaturiko SERS-aktiboa den TMa aukeratu da, metileno urdina (Xiao eta Man, 2007). NPei dagokienez, batez besteko diametroa 80 nm-koa da eta azido-erredukzio prozeduraz lortu dira.

**3. irudia. a) Metileno urdinaren osaketa kimikoa. b) zilarrezko NParen TEM irudia.**



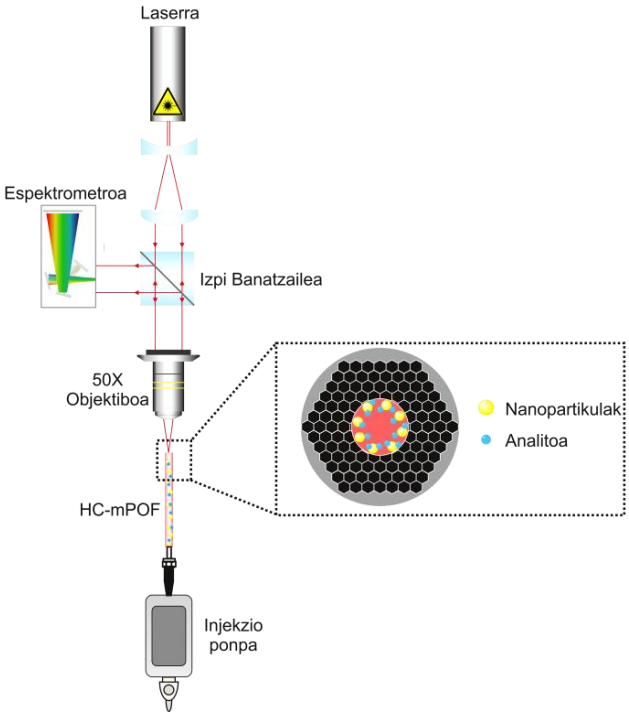



(a) (b)

- *Muntaia esperimentala: 4.* irudian eskematikoki ikus daitekeen moduan, aurreko azpi-ataletan azaldu diren osagaiak honako konfigurazioan ipini dira neurketak egiteko asmotan (zuntza erabili ordez, disoluzioz betea dagoen kubeta erabili nahiko bagenu, 4. irudian egin beharko litzateken aldaketa bakarra zuntza eta injekzio-ponpa kendu eta bertan kubeta ipintzea litzateke). Alde batetik, lehen gakoa laserraren argia HC-mPOFan egokiro akoplatzea da nukleoko moduak soilik kitzikatzeko. Bestetik, HC-mPOFaren bi muturren artean zulo guztiak likidoz beteak egon behar dutenez, bigarren gakoa injekzio-ponpan dago. Izan ere, dispositibo honek presioa konstante mantendu behar du aske dagoen muturraren gainazalean likidoa egonkor mantentzeko.

- *Neurketa-metodologia*: Aurrez azaldu den muntaia erabiliz, neurketak honako baldintzetan egin dira. Lehenik eta behin, ura oinarri duen disoluzioa osatu da. Ondoren Raman seinalea neurtu da bi konfiguraziotan, kubetan eta HC-mPOFan. Neurketak gela ilun batean egin dira, kanpoko argi zaratarik egon ez dadin. Kubeta-neurketarako 20x-ko objektiboa erabili da eta HC-mPOF erabili den kasuan, argia nukleora bideratzea oso garrantzitsua denez, 50x-ko objektiboa. Bi kasuetan 785 nm-ko laserra erabili da potentzia maximoaren % 0.5ean. Denboran erreproduzigarritasuna bermatzeko, neurketak bi minutuko tartearekin errepikatu dira 5. irudian agertzen diren irakurketak lortuz. Espektroak ez dira prozesatu manipulazio minimoa mantentzeko asmotan.

**4. irudia.SERS neurketak egin diren muntaia esperimentala**



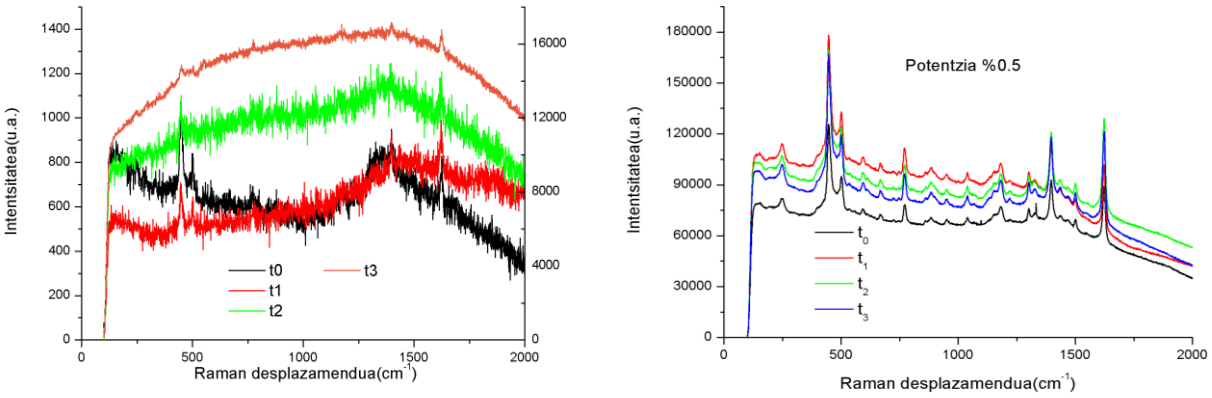
### 3.2 Emaitzak

Disoluzioa kubetan dagoenean, 5a. irudiko grafikoak erakusten duen bezala, seinalea ia sumaezina da eta identifika daitekeen gailur bakarrenetarikoa 445 $cm^{-1}$-ekoa da, C-N-C bibrazioari dagokiona, hain zuzen ere.

Zuntza erabili den kasuan ordea, 5b. irudian, TMaren espektro egokia ikus daiteke, gailur guztiak identifikagarriak izanik eta kubetaren kasuan baino magnitude orden batzuk handiagoa izanik. Kasu honetan, gailur esanguratsuenak, 445 $cm^{-1}$-ean, C-N-C bibrazioari dagokiona, eta 1618 $cm^{-1}$-ean, ν(C-C) eraztunari dagokiona, aurkitzen dira. Y ardatzeko balioak unitate arbitrarioak dira, intentsitate-kontaketak alegia, eta Raman sakabanaketaren ondorioz jasotako fotoiekin lotuta daude. Jasotako Raman seinalearen anplifikazioa bi efektutan oinarritzen da: lehena argia eta disoluzioaren interakzio luzean datza eta bigarrena dispertsaturiko argiaren gidapenean.

Emaitzen erreproduzigarritasunari dagokionez, kubetaren kasuan, denbora ezberdinetan errepikatutako neurketek aldakortasun handia erakusten dute seinalearen itxuran. Zuntzean neurturikoek, aitzitik, itxura eta anplifikazio-maila oso antzekoak dituzte, sentsore batek eskaini beharko lukeen fidagarritasuna bermatuz.

**5. irudia. a) Metileno urdinaren Raman espektroa kubetan eginiko neurketan. b) Metileno urdinaren Raman espektroa HC-mPOF-en eginiko neurketan.**




(a) (b)

## 4. Ondorioak

Emaitzak erreparatuz, argi ikus daiteke HC-mPOFaren erabilerak abantaila aunitz eskaintzen duela kontzentrazio baxuko disoluzioen SERS-neurketak burutzeko orduan. HC-mPOFan oinarritutako neurketa-plataformak anplifikazio itzela eta erreproduzigarritasuna eskaintzen ditu, zeinak funtsezko ezaugarriak diren sentsoreentzat.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Hurrengo pausua sentsore sentikorragoak eta sendoagoak diseinatzea litzake, kontzentrazio baxuagoko disoluzioak neurtu ahal izateko, bizitza errealeko aplikazioetan erabilgarriak izan daitezen. Horretarako, beste modu berriak probatu behar dira, HC-mPOFaren barne-paretak NPez estali eta TMa bakarrik duen disoluzioa injektatuz, adibidez.

Etorkizun urrunago batean, medikuntzan edo biologia-ikerkuntzan inplantatuko diren sentsoreen fabrikazioa legoke. Horretarako, HC-mPOFen beste geometria batzuk erabil daitezke edo PMMA materiala dopatu, sentsore sentikorragoak garatzeko.

## 6. Erreferentziak

Chang, R.(1982): Surface enhanced Raman scattering, Springer, AEB.

Cox, F.M.; Argyros, A.; Large, M. C. J. eta Kalluri, S. (2007): Surface enhanced Raman scattering in a hollow core microstructured optical fiber, *Opt. Express, OSA*, vol 15, 13675-13681.

Fleischmann, M.; Hendra, P. J. & McQuillan, A. (1974): Raman spectra of pyridine adsorbed at a silver electrode, *Chemical Physics Letters, Elsevier*, vol. 26, 163-166.

Raman, C. V. eta Krishnan, K. S. (1928): A new type of secondary radiation, *Nature, Nature Publishing Group*, vol. 121, 501-502.

Russell, P. (2003): Photonic crystal fibers, *Science, American Association for the Advancement of Science*, vol. 299, 358-362.

Xiao, G. N. eta Man, S.-Q. (2007): Surface-enhanced Raman scattering of methylene blue adsorbed on cap-shaped silver nanoparticles, *Chemical Physics Letters*, vol. 447, 305 – 309.

Yan, H.; Gu, C.; Yang, C.; Liu, J.; Jin, G.; Zhang, J.; Hou, L. eta Yao, Y. (2006): Hollow core photonic crystal fiber surface-enhanced Raman probe, *Applied Physics Letters*, vol. 2006, 89.

Yang, X.; Shi, C.; Newhouse, R.; Zhang, J. eta Gu,C. (2011): Hollow-Core Photonic Crystal Fibers for Surface-Enhanced Raman Scattering Probes, *International Journal of Optics*, vol. 2011.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Euskal Herriko Unibertsitateko UFI11/16 eta US13/09 programei eta baita Eusko Jaurlaritzako IT664-13 eta ETORTEK 14/13 talde-proiektuari esker burutu da lan hau.

# Hasi, *BertsoBot*

**A. Astigarraga** eta **I. Rodriguez**

Konputazio Zientziak eta Adimen Artifiziala departamendua, Informatika fakultatea (UPV/EHU)

**Laburpena**

Bertsotan aritzeko gaitasuna erakutsiko duen robot autonomoa garatzea da gure ikerketa-lanaren helburu behinena. Bere egitekoa, bertsoa osatzeko instrukzioak ahoz jaso, hauek prozesatu eta ahalik eta bertsorik egokiena osatu eta kantatzea litzateke, bertsolarien oholtza gaineko adierazkortasun maila erakutsiz gorputzarekin. Robot-bertsolariak, gizaki eta roboten arteko elkarrekintza eta komunikazioan aurrera egiteko modua jarri nahi luke, lengoaia naturala erabiliz robot-gizaki arteko bi noranzkoko komunikazioan.

**Hitz gakoak:** Gizaki-Robot Elkarrekintza, Lengoaia Naturalaren Sorkuntza

**Abstract**

*The mail goal of our research project is to develop an autonomous robot capable of improvising verses in Basque. The robot should be able to receive the commands verbally, process them, generate the most appropriate verse and sing it with the proper melody. The robot should also show the expressiveness that bertsolari-s show in their performance. Our minstrel robot aims to contribute research on human-robot interaction and communication, using natural language as a two-way communication between humans and robots.*

**Keywords:** Human-Robot Interaction, Natural Lenguage Generation

## 1 Sarrera eta arloko egoera

1769. urtean Von Kempelen baroiak, makinen historiako inbentziorik handiena bezala aurkeztu zuen Xake Jokalari Automata, gerora itxuragatik Turkiarra ezizenaren jabe egingo zena. 80 urtetan zehar, Europan eta Estatu Batuetan barrena xakean bere abilezia erakutsi zuen Turkiarrak, jokatutako partida gehientsuenak irabaziz. Aurkarien artean, garaiko xake jokalari onenez gain, Napoleon Bonaparte bera ere topa dezakegu.

Kontuan izan behar dugu automaten urrezko garaian gaudela, giza izatea imitatzeko ahaleginetan sortutako makinen garaian alegia. Ez da harritzekoa Turkiarraren aurkezpenak ikaragarrizko zalaparta eragin izana. Bere existentziak makinen ahalmenen inguruan aukera berriak zabaltzen zituen, adimena bera ere bai agian. Baina artefaktua zen, duda gabe: piezak modu mekanikoan mugitzen zituen, eta arreta jarriz gero, mahai azpiko engranajeen soinua adi zitekeen. Momentua iristean, *xake* hitza ahoskatzeko gai ere bazen!

Egungo talaiatik begiratuz gero, nabaria da bazela zerbait arraroa Turkiarrarekin. Xake jokoaren konplexutasunari, mugimenduak atzeman eta piezak mugitzeko gaitasuna gehitu behar zaizkio, abilezia gehiegi garai hartarako, gailu teknologiko aurreratuenak erloju mekanikoa eta automatismo txikiak zirela kontuan hartuz gero. Noski, ez zen inoiz jokalari mekanikorik existitu. Oso ondo prestatutako antzerkia izan zen. Tramankuluaren barruan, garaiko xake-jokalari onenetakoa zegoen ezkutatua, makinari bere talentu eta adimena jarriz (Standage, 2002).

Berrehun urte pasa behar izan dira halakorik benetan gerta dadin, Industri Iraultza, konputagailuen hedapena eta Adimen Artifizialaren garapena tarteko. 1997. urtean gertatu zen, Deep Blue makinak Gary Kasparov garaitu zuen urtean . Hala ere, Turkiarraren istorioak lezio garrantzitsua ekarri zigun: gure asmakuntzen abilezia eta irismena exajeratzeko joera daukagun neurri berean gutxiesten dugula zenbait ahalegin zientifikoren konplexutasuna. Robotikaren historia eta mugarriez gehiago jakin nahi duenak, (Astigarraga eta Lazkano, 2011) lanean topatuko du laburpen osoagoa.

Gure txikian, ahalegin berean murgilduta gabiltza proiektu honekin: gailu bakarrean integratu nahian

goi-mailako arrazonamendua, munduaren pertzepzioa eta bertan eragiteko gaitasuna. Xakea albo batera utzi dugu bestelako erronka jarriz mahai gainean, jolastiagoa, arrazonamendu hutsaz gaindiko gaitasunak eskatzen dituena, hizkuntzaren erabilera kasu. Gure asmoa, bertsotan aritzeko gaitasuna erakutsiko duen robot autonomoa garatzea da, *BertsoBot*-a alegia. Bere egitekoa, bertsoa osatzeko instrukzioak ahoz jaso, hauek prozesatu eta ahalik eta bertsorik egokiena osatu eta kantatzea litzateke, gorputzarekin bertsolarien oholtza gaineko adierazkortasun maila erakutsiz.

*BertsoBot* proiektuak bi alor hartzen ditu bere baitan. Alde batetik, bertsoaren, testuaren sorkuntza; eta bestetik, ingurunearen pertzepzioa eta jendearekiko elkarrekintza. Bi eremu horietako egungo ikerketaren berri ematen ahaleginduko gara labur ondoko lerroetan.

Azken hamarkadan gizaki-robot elkarrekintza eremuan, *Human Robot Interaction* (aurrerantzean HRI) gaitasunak erakusten dituzten zenbait sistema robotiko azaldu diren arren, (Belpaeme *et al.*, 2012) eta (Fasola eta Mataric, 2012), oraindik autonomia maila txikia dute robotek. Autonomia hitz potoloa da robotikan eta teleoperazioaz haragoko portaerak barneratzen ditu (ikasteko ahalmena, autoelikadura, etab.). Teleoperazio terminoak robotaren urruneko kontrola adierazten du. Sistema telerobotiko batean, operadorek (gizakia), robotarengandik distantzia jakin batera, robotaren mugimenduak kontrolatzen ditu; alde batetik kontrol-seinaleak (aginduak) bidaliz, eta, bestetik, agindu horiek ondo bete diren edo ez seinaleak jasoz (*feedback* seinaleak). Urrunetik kontrolatu daitezkeen robotak gure gizarteko sektore askotan erabiltzen dira. Adibidez, medikuntzako ebakuntzetan (Doarn *et al.*, 2007) (Ceccarelli *et al.*, 2013), espazioaren esplorazioan (Badger *et al.*, 2012) edo zentral nuklearrak arakatzeko (Nagatani *et al.*, 2013). Gurean, Microsoft XBOX-eko Kinect sentsorea erabiliz mugimenduak jaso eta robotean denbora errealean errepikatzeko gai den sistema bat aurkezten da (Rodriguez *et al.*, 2014) lanean. Autonomia-maila areagotzeko ezinbestekotzat daukagu roboten eta gizakien arteko elkarrekintza lantzea, batez ere ahots bidezko komunikazio eta gorputz-adierazpide eremuak. Bertsolaritzak paregabeko agertokia eskaintzen du horretarako, eta robot-bertsolariak HRI arloan egindako aurrerapenak gizarteratzeko aukera ematen digu.

Bestalde, konputagailu bidezko poesia sorkuntzak ikerketa komunitatearen atentzioa lortu du azken urteetan, eta sistema aski interesgarriak garatu dira. Gaiari buruzko ikuspegi orokor baterako, (Gervás, 2013) eta (Oliveira, 2009) gomendatzen dira. Nabarmenenak aipatzearren: (Wong *et al.*, 2008) lanean, blogetatik erauzitako testuekin Haikuak eraikitzen dituen sistema azaltzen da. (Colton *et al.*, 2012) lanean berriz, testu-corpusak oinarri hartu eta simil bidezko poesia eraikuntza proposatzen du egileak. Azkenik, (Gervás, 2013) lanean, egileak Adimen Artifizialeko teknika ezberdinak konbinatzen dituen WASP sistema ezaguna azaltzen du.

Aipatu berri ditugun lanek erakusten duten gisan, ertz ezberdinetatik heldu zaio poesi sorkuntza automatikoaren gaiari. Halabaina, guk dakigula behintzat, oraindik ez du beste inork poema sortzailerik robotean inplementatu. Baina, dakigun bezala, bertsolaritza ahozko generoan kokatzen da, eta jendeaurreko aurkezpenak berebiziko garrantzia dauka. Hori dela eta, bertsoak sortzeko sistema automatikoa ez da nahikoa, pertsonekin elkarreraginez, jende aurrean bertsoa sortu eta kantatuko duen gorpuzkera beharrezkoa da, robota alegia.

Artikuluan bertso-saio batean parte hartuko duen robota aurkeztuko dugu beraz, atazak eskatzen dituen portaera guztiak barne hartzen dituena: gai-jartzailearen aginduak jaso eta prozesatu, mikrofonoa detektatu eta hara hurbildu, bat-batean bertsoa sortu eta kantatu, eta gorputz adierazpidez mezua indartu publikoarekin elkarreraginez.

Esperimentuetarako, Aldebaran Robotics etxeak garatutako $NAO$[1] giza itxurako robota erabili dugu. 58 cm-ko altuera eta 4.8 kg pisatzen dituen robot humanoide programagarria. Robotaren giltzadurak kontrolatzeko 25 serbomotore ditu eta hauen kontrol estuari esker, oreka mantendu eta bi hanken gainean ibiltzeko gai da.

[1] https://www.aldebaran.com/en/humanoid-robot/nao-robot

# 2 Motibazioa eta ikerketaren helburuak

## 2.1 Motibazioa

RSAIT[2] ikerketa taldeak, robotikaren baitako beste alor batzuk landu ditu orain artean, batez ere: kontrol-arkitekturak, nabigazioa, ikasketa automatikoa eta ikusmen artifiziala. Laborategi inguruetan modu seguruan nabigatzea izan da gure helburu nagusietakoa, oztopoak ekidin, helburuak identifikatu, leku berriak esploratu, etab. Lan honekin, aurretik egindakoari geruza berri bat erantsi nahi genioke, gizaki-robot arteko elkarrekintzarena. Izan ere, laborategietatik atera eta ingurunea gurekin konpartituko badute, gure agindu eta mugimenduak interpretatu eta modu egokian erantzuteko gaitasuna behar dute robotek.

Elkarrekintza eta komunikazio horretan robotak portaera edo gaitasun ugari agertu behar ditu denbora errealean: hizketaren ezagutza, aginduen identifikazioa, aurpegien detekzio eta jarraipena, oztopoen detekzioa, gorputz espresioa, etab. Aldi berean eta modu koordinatuan exekutatu beharreko gaitasun ugari inondik ere.

Robotak laborategietatik atera eta jendearen zerbitzura jartzea dugu motibazio nagusi. Dela museoetan gida lanak egiteko, adineko edo ezinduei erreabilitazio lanetan laguntzeko edo, zergatik ez, astialdian lagungarri izan daitezen. Motibazio honek, bidenabar, bat egiten du Europako Batzordeak robotika mugikorraren eremuan zehaztutako 2020 estrategiarekin[3] .

## 2.2 Ikerketaren helburuak

Helburu orokorra ez da bertsotan aritzeko gaitasuna erakutsiko duen robot-autonomoa garatzea soilik. Bertsolaritzaz gaindi, gizaki-robot arteko komunikazioan pauso bat egin nahi genuke aurrera, mezuak sortu eta plazaratzeko orduan testuinguruko ezaugarriak kontuan hartuko dituen sistema eraikiz. Proiektu handinahia da, nabarmen, baina bere baitan helburu xumeago eta konkretuagoak biltzen dituena:

**Bertso-sorkuntzari dagokionez**:

- Bertso-sorkuntza automatikoa, testu-corpus batetik abiatuta
- Bertsoaren semantika eta egitura narratiboa aztertu eta eredu konputazionalak eraiki

**Robotikari dagokionez**:

- Gizaki-robot arteko komunikazioa lengoaia naturala erabiliz
  - Testuinguru mugatu batean gai-jartzaileak/bertsolagunak esandakoa ulertu
  - Ahotsaren bitartez mezuaren erritmoa, entonazioa, bizitasuna jaso
- Kinect tresna erabiliz, bertsolariaren keinuak identifikatu eta bere mugimenduak jarraitu
- Robotaren portaera gidatzeko elkarrizketa-erregelen erabilera.
- Ikusmen Artifizialeko estrategiak erabiliz:
  - Kantulagunaren aurpegia identifikatu eta espresioa ezagutu
  - Publikoaren erreakzioak identifikatu
- Humanoide gisako roboten portaerak lantzea

# 3 Ikerketaren muina

Bertsolariek, plazan zein txapelketan, ariketa ezberdin ugari burutu behar izaten dituzte. *BertsoBot*-ak, momentuz, haietako bi baino ez ditu egiten: 4 oinak emanda bertsoa osatu eta puntuari erantzuna eman. Bakoitzak bere berezitasunak dauzkan arren, erabilitako tresna eta estrategiak oso antzekoak dira bi kasuetan. Beraz, oinak emandako ariketa hartuko dugu erreferentzia gisa ondoko azalpenetarako.

[2] http://www.sc.ehu.es/ccwrobot
[3] http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/robotics

Ariketa honetan, gai-jartzaileak 4 oinak eman banan banan eta robotak oin horiekin bertsoa osatu eta kantatu behar du zortziko txikiko moldean (13 silabako puntuak, 7-6 egitura).

Atazaren ebazpena bitan banatu dugu: lehenbizikoan bertsoaren testua sortzeko tresna eta estrategiak izango ditugu aztergai, eta bigarrenenean, ariketak eskatzen duen gizaki-robot arteko elkarrekintza.

### 3.1 Bertsoaren sorkuntza

Bertsolarien lan-tresna garrantzitsua da memoria, han gorde eta sailkatzen dituzte entzundako bertso, irakurritako testu eta ikusitako irudiak, abagune egokia iristean bertso-moldera ekarri ahal izateko. Bertsolarien bat-bateko jarduna ez baita momentuan sortzea bakarrik, etxean landutakoa egoki txertatzea ere bada (Gartzia *et al.*, 2001).

*BertsoBot*-arentzat ere funtsezkoa da memoria. Bi testu-corpusek osatzen dute berea: Egunkariako 2000-2001 urteetako testuekin osatutakoa batetik (%85eko pisua); eta, bestetik, 1986-2009 arteko Bertsolari Txapelketa Nagusiko bertsoez osatutakoak (%15eko pisua). Corpusak esalditan (bertsoak puntutan) gorde dira. Zergatik esalditan? Bada barne koherentzia bermatzen duen egitura minimoa delako. Horrela, miloi bat esalditik gorako corpusa baliatzen du *BertsoBot*-ak, testu masa horrek osatzen du bere memoria.

Bertsoa osatzeko estrategiari dagokionez, bertso-sorkuntza moduluak sarrera gisa bertsoa osatzeko oinak jaso eta ondoko lanak burutzen ditu segidan:

1. Oin horiekin amaitzen diren esaldiak corpusetik erauzi
2. Baldintza metrikoak betetzen dituztenak (7+6 silaba) aukeratu
3. Ausaz oin-multzo bakoitzetik puntu bat aukeratu bertsoa osatzeko

Horra 4 oinak emanda teknikoki zuzena den bertsoa osatzeko estrategia. Bi tresna garatu ditugu zeregin horretarako: silaba-kontatzailea eta errima-bilatzailea (Astigarraga *et al.*, 2013). Baina tamalez, gehien-gehienetan, osatutako bertsoak ez du ez hanka eta ez buru. Puntuen arteko lotura, kohesioa, falta izaten du bertsoak. Zenbaki bidez azaltzeko, oin oso bereziak ez badira behintzat, sistemak gutxienez 10 puntu itzultzen ditu sarrera gisa emandako oin bakoitzeko. Beraz, guztira, *10 x 10 x 10 x 10 = 10000* bertso-konbinazio ezberdin! Guzti horietatik ausaz bat aukeratzen du sistemak, eta espero litekeen bezala, emaitza elkarrekin loturarik ez daukaten puntuez osatutako bertsoa izan ohi da.

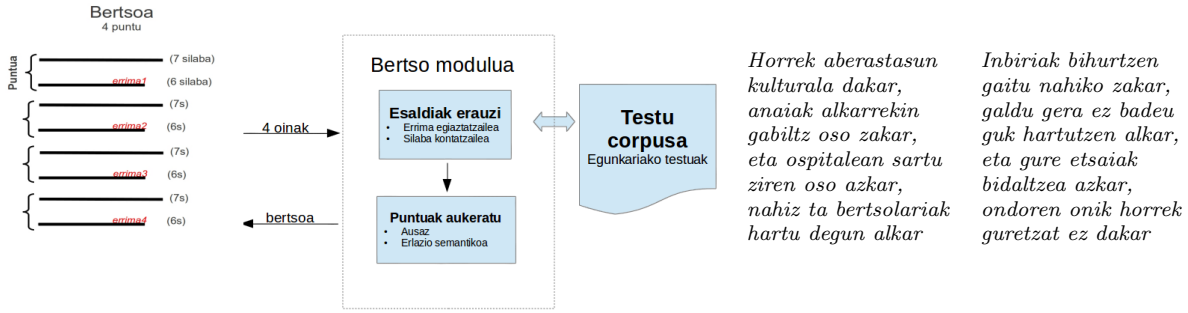
Horixe gure hurrengo urratsa, 10000 bertso-konbinazio ezberdin horietatik puntuen arteko kohesiorik handienekoa hautatzea. Nola egin? Bi metodo inplementatu ditugu horretarako:

**Vector Space Model (VSM)** (Lee *et al.*, 1997): Puntuak bektore gisa adierazi, hitz bakoitza bektoreko elementu delarik, eta bektoreen, puntuen, arteko kosinu bidezko distantzia kalkulatzen du metodo honek. Interpretatzen oso erraza da: Bektoreen artean zenbat eta hitz kointzidente gehiago izan, orduan eta elkarrengandik semantikoki hurbilago puntuak. Hitz edo termino guztiek, noski, ez dute pisu bera testuan. Pisuak erabakitzeko, *tf-idf* (Ramos, 2003) pisaketa-sistema erabili dugu. VSM metodoaren eragozpenik handiena, antzekotasuna terminoen kointzidentzian soilik oinarritzen duela da. Izan ere, gai beraren bueltan aritu arren termino ezberdinak erabiltzen dituzten bi testu ez lituzke antzekotzat joko. Hau da, polisemia eta sinonimia ez ditu tratatzen.

**Latent Semantic Analysis (LSA)** (Landauer *et al.*, 2013): VSMren hurbilketa berezia, aipatutako arazoak ekiditeko sortua. Funtsean, testu idatzien semantika adierazteko gaitasuna duen tresna da LSA, terminoen arteko erlazio semantikoen neurria itzultzen duena. Horretarako matrizeen algebra erabiltzen da, SVD izeneko matrize-banaketa, eta emaitza gisa LSA-ak terminoen kointzidentziaz gaindi, esaldien arteko lotura semantikoaren neurria itzultzen du.

Azaldu berri ditugun bi metodoekin bertsoaren barne kohesioa nabarmen hobetzen da, Gipuzkoako Bertsozale Elkarteko epaileekin egindako ebaluazioan agertu zen bezala (Astigarraga *et al.*, 2014). Bertsoaren sortze-prozesua ulertzen lagungarri izango delakoan, 1a irudian sorkuntza moduluaren adierazpen grafikoa topatuko dugu. Horrekin batera, adibide gisa (ikus 1b), *dakar, zakar, azkar* eta *alkar* oinekin osatutako bi bertso ageri dira. Ezkerraldekoan, puntuen arteko lotura ausazkoa da, eta eskuineko bertsoan aldiz, LSA metodoa erabili da puntuen arteko lotura semantikoa neurtzeko.

Egun, LSA metodoaren doitze-lanetan gabiltza. Praktikak erakutsi digu zenbat eta corpus konkretuagoak erabili (gaiari dagokionez), erlazio semantikoaren neurriak orduan eta zehatzagoak direla. Hortik abiatuta, corpus zehatzagoekin gai jakinei buruzko bertsoak sortzeko ildoa landu nahi dugu.




(a) Sorkuntza modulua (b) Adibidea: 4 oinak emanda

1 Irudia: Bertsoaren sorkuntza

## 3.2 Bertsoaren antzezpena

Bertsoa automatikoki sortzen duen sistemak ez du robotaren beharrik, edozein ordenagailutan exekutatu daiteke. Baina bertsolaritzan jendaurreko aurkezpenak berebiziko garrantzia dauka, bertsolari eta ingurunearen –gai-jartzailea, mikrofonoa, publikoa, gainontzeko bertsolariak, etab.– arteko elkarrekintza testua bezain garrantzitsua da. Horretarako ezinbestekoa da gorpuzkera fisikoa, robota gure kasuan. Bertso-saioen dinamika orokorra jarraitu behar du *BertsoBot*-ak. Bertsolariek egiten duten legez, lehenik, aulkian eserita bere txanda itxaron behar du. Txanda iristean aurrean kokaturik duen mikrofonora gerturatu behar da eta gai-jartzaileari begira jarri, bera izango baita ariketa jarriko diona. Ondoren, denbora tarte arrazoizko batean (1min. gehienez) bertsoa sortu eta kantatuko du. Publikoaren erreakzioaz busti eta, azkenik, bere aulkira bueltatuko da. Gutxi-asko horixe da jendaurreko antzezpena. Itxuraz sinplea dirudien zeregina burutzeko, kontrol-sistemak hainbat ataza exekutatu behar ditu, aldiberean batzuetan (paraleloan), modu sekuentzialean bestetan, robotaren portaera global koherentea gertatzeko. Modulu edo ataza horiek ondo koordinatu eta komunikatu behar dira, eta hori da azken batean kontrol-arkitekturen zeregina.

*BertsoBot*-aren kontrol-arkitekturak Portarean Oinarritutako Sistemen ereduari jarraitzen dio (Brooks, 1999). Finean, elkarren artean komunikatu eta eragileak atzitzeko koordinatu behar diren moduluek portaera-sare bat osatzen dute (ikus 2. irudia) eta etengabe paraleloan exekutatzen ari dira. Modulu edo portarera horiek honakoak dira:

- Ulermen modulua (Automatic Speech Recognizer, ASR)
- Ahots modulua (Text-To-Speech, TTS)
- Identifikazio modulua
- Sorkuntza modulua
- Kantu modulua
- Mugimendu modulua

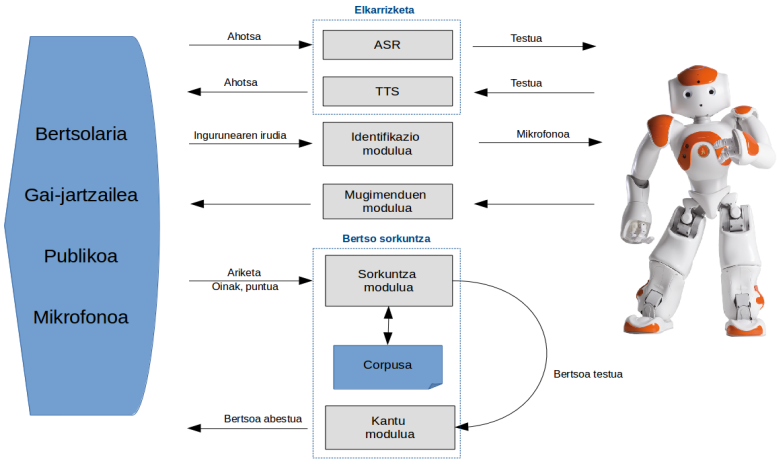
Inplementazioari dagokionean, ROS (Robot Operating System) *framework*-a (Quigley *et al.*, 2009) erabili da, moduluen arteko komunikazioa eta kudeaketa erabilterrazagoa bihurtzen duena. Egun, robotak programatzeko zabalduen dagoen iturburu irekiko software-tresna da ROS.

### 3.2.1 Ahots (TTS) eta Ulermen (ASR) moduluak

Gizaki eta roboten arteko harremana nabarmen hobetuko litzateke robotekin lengoaia naturala erabiliz, ahots bidez, komunikatu ahal bagina. Horretarako, robotek, entzuteko zein hitzegiteko gaitasuna erakutsi behar dute. Zer esanik ez entzuten dutena ulertu eta erantzuna arrazoitzeko, baina azken hau zaila da oraindik.

ASR eta TTS robotarekin hizketa bidez komunikatu ahal izateko moduluak dira. ASRak ahotsa testu

2 Irudia: Sistemaren arkitektura




bihurtzen du eta TTSak testua ahots. ASR sistema gisa *Google Speech API*-a[4] erabiltzen dugu SOX[5] tresnarekin batera. Sistemak sarrera gisa audio fitxategi bat espero du, irteera bezala audioari dagokion hipotesia testu formatuan eta dagokion konfidentzia mailarekin itzuliz. Bestetik, robotari ahotsa jartzeko Aholab-eko *AhoTTS* ahots sintetizadorea erabili da (Hernaez *et al.*, 2001). Ahots sintetizadore honek euskaraz, gazteleraz zein ingeleraz ahotsa sortzeko aukera eskaintzen du.

### 3.2.2 Bertso sorkuntza eta kantu moduluak

Gai-jartzaile eta *BertsoBot*-aren arteko elkarrekintza, ahots bidezko elkarrizketa-erregela bidez gidaturikoa da: Gai-jartzaileak ariketa-mota (4 oinak emanda) zehaztu ostean, banan banan bertsoa osatzeko oinak ematez dizkio. Robotak hitzen bat ondo ulertu ez badu errepikatzeko eskatuko dio. Bestela, Sorkuntza moduluari 4 oinak bidali eta honek bertsoaren testua itzuliko du, 3.1 atalean azaldu bezala. Bertsoa **Kantu moduluari** pasako zaio segidan (Agirrezabal *et al.*, 2012), zeinak dagokion moldeko bertso-doinua aukeratu eta kantatzen duen.

### 3.2.3 Identifikazio modulua

Bertsolariek oholtza gaineko elementu desberdinetan zentratzen dute atentzioa, uneko helburuak eskatzen duenaren arabera: gai-jartzailea, beste bertsolariak, esertzeko lekua, mikroa, etab. Mikroaren kokapena errererentziazko lekua da, bertara gerturatu behar baitira beraien lana egitera. Robotak berdin egin beharko du. Ikusmen artifizialeko teknikak erabili ditugu mikroa non dagoen finkatu eta bere jarraipena egiteko robota mugimenduan dagoenean. Mikroa, noski, robotaren morfologiara egokituta daukagu (ikus 3 irudia).

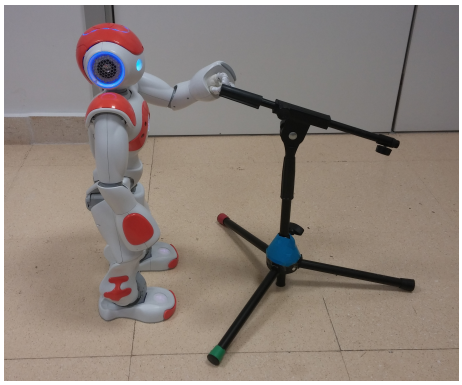
### 3.2.4 Mugimenduen modulua

Bertso saio batean bertsolariek erakusten duten keinu bidezko lengoaia erreproduzitzea da modulu honen ataza nagusia. Horretarako, bertsolari batek oholtza gainean egin ohi dituen mugimenduak aztertu (publikoari begiratu, bertsoa pentsatzerakoan eskuak atzean jarri, gora ta behera begiratu, kantatzerakoan gorputzarekin egiten dituzten mugimenduak, etab) eta modulu honetan inplementatu dira. Gainontzeko moduluekin komunikatzen da, mugimendu bakoitza dagokionean exekutatuz.

Azaldutako moduluen exekuzio koordinatuak, robotaren portaera orokorra sortzen du: txanda itxoin, gaia jaso, bertsoa sortu eta publikoari begira jarriz kantatzeko gai den robota. Aipatu beharra dago, 2012an proiektuari ekin genionetik jendaurreko 5 saio egin ditugula, bertsolariekin bi aldiz eta gainontzekoetan zientzia eta teknologiaren dibulgaziorako prestatutako ekitaldi gisa. RSAITen webgunean[6] topa ditzakezue saioei buruzko aipamen eta bideoak.

[4]https://www.google.com/speech-api/v2/recognize
[5]https://sox.sourceforge.net
[6]RSAIT webgunea. http://www.sc.ehu.es/ccwrobot/seccion/sarrera

3 Irudia: NAO mikrofonoaren aurrean



## 4 Ondorioak eta etorkizunerako norabidea

Artikulu honetan *BertsoBot* sistema aurkeztu dugu, jendaurrean bertsoak sortu eta kantatzeko gai dena. Ikerketa-lanaren ekarpenei dagokionez, testu-sorkuntzaren arloan barne kohesiorako VSM eta LSA metodoen erabilera azpimarratuko genuke. Gizaki-robot arteko elkarrekintzan aldiz, euskaraz hutsez gidatutako elkarrizketa-sistema eta ROS-en oinarritutako kontrol-arkitektura orokorra lirateke gure ekarpenak. Etorkizunerako lanei dagokienez, dagoeneko lanean gabiltza ondoko hobekuntzak inplementatzeko:

1. Internet erabili bertsoak osatzeko testu-corpus gisa
2. Esaldien arteko erlazio semantikoa neurtzeko eredu berriak aztertu
3. Publikoaren erreakzioaren arabera (txalo/txistu), bertsoaren mezua aldatu
4. Ahotsaren iturburua identifikatuz, gai-jartzailearen kokapena zehaztu
5. Kinect bidezko teleoperazioa erabilita, robotari portaera berriak irakatsi

Noski, hobekuntza bakoitza ROS-eko kontrol-arkitektura orokorrean integratu behar da, gainerako moduluekiko koordinazioa eta erantzun-denbora egokia bermatuz. Moduluz modulu, puntuz puntu osatu beharreko ariketa alegia.

Hasi, *BertsoBot*.

## Erreferentziak

Agirrezabal, Manex, Inaki Alegria, Bertol Arrieta, eta Mans Hulden. 2012. Bad: An assistant tool for making verses in basque. In *Proceedings of the 6th Workshop on Language Technology for Cultural Heritage, Social Sciences, and Humanities*, 13–17. Association for Computational Linguistics.

Astigarraga, Aitzol, Manex Agirrezabal, Elena Lazkano, Ekaitz Jauregi, eta Basilio Sierra. 2013. Bertsobot: the first minstrel robot. In *Human System Interaction (HSI), 2013 The 6th International Conference on*, 129–136. IEEE.

Astigarraga, Aitzol, Ekaitz Jauregi, Elena Lazkano, eta Manex Agirrezabal. 2014. Textual coherence in a verse-maker robot. In *Human-Computer Systems Interaction: Backgrounds and Applications 3*, 275–287. Springer.

Astigarraga, Aitzol, eta Elena Lazkano. 2011. *Robot mugikorrak: oinarriak*. Udako Euskal Unibertsitatea.

Badger, Julia, Myron Diftler, Stephen Hart, eta Charles Joyce. 2012. Advancing robotic control for space exploration using robonaut 2.

Belpaeme, Tony, Paul E Baxter, Robin Read, Rachel Wood, Heriberto Cuayáhuitl, Bernd Kiefer, Stefania Racioppa, Ivana Kruijff-Korbayová, Georgios Athanasopoulos, Valentin Enescu, eta others. 2012. Multimodal child-robot interaction: Building social bonds. *Journal of Human-Robot Interaction* 1.33–53.

Brooks, Rodney Allen. 1999. *Cambrian intelligence: the early history of the new AI*. MIT press.

Ceccarelli, Graziano, Alberto Patriti, Alberto Bartoli, Alessandro Spaziani, eta Luciano Casciola. 2013. Technology in the operating room: the robot. In *Minimally Invasive Surgery of the Liver*, 43–48. Springer.

Colton, Simon, Jacob Goodwin, eta Tony Veale. 2012. Full face poetry generation. In *Proceedings of the Third International Conference on Computational Creativity*, 95–102.

Doarn, Charles, Kevin Hufford, Thomas Low, Jacob Rosen, eta Blake Hannaford. 2007. Telesurgery and robotics. *Telemedicine and e-Health* 13.369–380.

Fasola, Juan, eta Maja J Mataric. 2012. Using socially assistive human–robot interaction to motivate physical exercise for older adults. *Proceedings of the IEEE* 100.2512–2526.

Gartzia, Joxerra, Andoni Egaña, eta Jon Sarasua. 2001. *Bat bateko bertsolaritza: Gakoak eta azterbideak*. Bertsozale Elkartea.

Gervás, Pablo. 2013. Computational modelling of poetry generation. In *Artificial Intelligence and Poetry Symposium, AISB Convention*.

Hernaez, Inma, Eva Navas, Juan Luis Murugarren, eta Borja Etxebarria. 2001. Description of the ahotts system for the basque language. In *4th ISCA Tutorial and Research Workshop (ITRW) on Speech Synthesis*.

Landauer, Thomas K, Danielle S McNamara, Simon Dennis, eta Walter Kintsch. 2013. *Handbook of latent semantic analysis*. Psychology Press.

Lee, Dik L, Huei Chuang, eta Kent Seamons. 1997. Document ranking and the vector-space model. *Software, IEEE* 14.67–75.

Nagatani, Keiji, Seiga Kiribayashi, Yoshito Okada, Kazuki Otake, Kazuya Yoshida, Satoshi Tadokoro, Takeshi Nishimura, Tomoaki Yoshida, Eiji Koyanagi, Mineo Fukushima, eta Shinji Kawatsuma. 2013. Emergency response to the nuclear accident at the fukushima daiichi nuclear power plants using mobile rescue robots. *Journal of Field Robotics* 30.44–63.

Oliveira, H. 2009. Automatic generation of poetry: an overview. *Universidade de Coimbra* .

Quigley, Morgan, Ken Conley, Brian Gerkey, Josh Faust, Tully Foote, Jeremy Leibs, Rob Wheeler, eta Andrew Y Ng. 2009. Ros: an open-source robot operating system. In *ICRA workshop on open source software*, volume 3, p. 5.

Ramos, Juan. 2003. Using tf-idf to determine word relevance in document queries. In *Proceedings of the first instructional conference on machine learning*.

Rodriguez, Igor, A Astigarraga, E Jauregi, T Ruiz, eta E Lazkano. 2014. Humanizing nao robot teleoperation using ros.

Standage, Tom. 2002. *The Turk: The life and times of the famous eighteenth-century chess-playing machine*. Walker & Company.

Wong, Martin Tsan, Andy Hon Wai Chun, Qing Li, SY Chen, eta Anping Xu. 2008. Automatic haiku generation using vsm. In *WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering*, number 7. World Scientific and Engineering Academy and Society.

## 5 Eskerrak eta oharrak

Gure eskerrik beroenak UPV/EHU-ri, ikerketa lan hau burutzeko jasotako laguntzagatik. Baita IXA[7], Aholab[8] eta Bertsozale Elkarteari[9] ere, lankidetza sustatu eta proiektua bultzatzeko egindako ahaleginagatik. Eta, batez ere, eskerrak Manex Agirrezabali, egindako ekarpen guztiengatik.

[7] http://ixa.si.ehu.eus
[8] http://aholab.ehu.es/aholab/
[9] http://www.bertsozale.eus

# Izen-aipamenak desanbiguatu eta Wikipediara lotzen

**Ander Barrena** eta **Eneko Agirre** eta **Jokin Perez de Viñaspre** eta **Aitor Soroa**

IXA Taldea - Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU

**Laburpena**

Izen-aipamenen desanbiguazio atazaren helburu nagusia testu batean agertu diren izen-aipamenak identifikatu eta Wikipediako entitateekin lotzea da. Lotura hau egitean, dokumentuaren ulermena errazteaz gain, irakurleak behar duen informazio guztia eskura jartzen zaio. Kontuan izan behar da, izen bat entitate ezberdin asko izendatzeko erabili daitekeela, hau da, anbiguoa dela. Artikulu honetan Wikipediatik ikasten duen ezagutzaz baliatuz, eredu Bayesiar bat azalduko da izen-aipamenak automatikoki desanbiguatu eta dagokion entitateari lotuko dituena.

**Hitz gakoak:** Izen-aipamenen Desanbiguazioa, Hizkuntzaren Prozesamendua, Wikipedia

**Abstract**

*Linking entities with a knowledge base is a key issue in named entity disambiguation. This task enriches documents and makes them more understandable for readers. Due to name variation and ambiguity, name mentions should be linked to the correct Wikipedia entity. In this paper, we propose a Bayesian model which uses the knowledge extracted from Wikipedia to automatically disambiguate mentions.*

**Keywords:** Named Entity Disambiguation, Natural Language Processing, Wikipedia

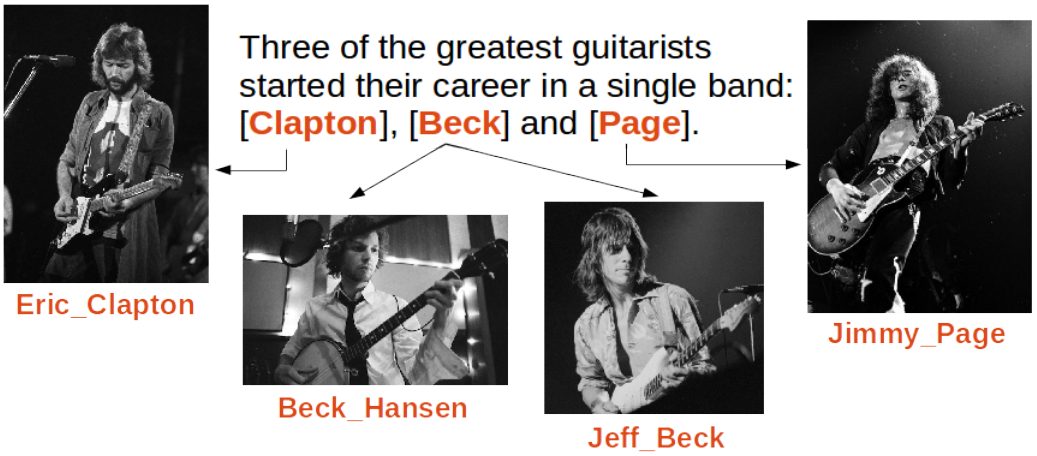
## 1 Sarrera eta motibazioa

Azken urteetan Wikipedia[1] bezalako ezagutza-trukerako web orriei esker, entitate-izenen ezagutza base erraldoiak edozeinen eskura daude. Interneten gaur egun ohikoak diren berrien orrialdeetan edo foro askotako elkar-ekintzetan, erabiltzailearentzat ezezagunak diren izen asko agertzen dira. Erabiltzailearen joera arruntena, pertsona, erakunde edo munduko toki horren informazioaren bila Wikipediara jotzea da. Ekintza honek, irakurgai den testuaren haria galtzea ekartzen du. Gainera, klik bakarrean informazioa eskura jar daiteke testua informazio askorekin aberastuz. Lan honen motibazio nagusia hori da: erabiltzaileari testua ulergarriagoa egiteko eta bere jakin-mina asetzeko, beharrezkoak diren artikuluak automatikoki eskura jartzea.

Motibazio hau borobiltzen duen adibide bat 1. irudian ikus daiteke. Clapton, Beck eta Page musikarien web orriak zuzenean atzigarri jarrita, erabiltzaileak Wikipediako informazio guztia eskura dauka, testua ulergarriagoa bihurtuz. Ataza honetan bi arazo nagusi aurki daitezke. Gerta liteke izen batek Wikipediako entitate bati baino gehiagori erreferentzia egitea. 1. irudian ikus daiteke *Beck* izenak *Jeff_Beck* edo *Beck_Hanson* erreferentziatu ditzakeela era berean. Gainera entitate bera izen ezberdinekin azaldu daiteke dokumentuetan, *Jeff_Beck* entitatea, *Jeff*, *Beck* edo *Geoffrey Arnold Beck* bezala azaldu daiteke. Beraz sistemak erabaki bat hartu beharko du horrelako kasuen aurrean, izen-aipamena desanbiguatuz.

[1] `http://www.wikipedia.org`

1 Irudia: Edozein egunkari edo interneteko Web orri batean aurki daitekeen testua. Bertan, izen-aipamenak Wikipedia orrietara lotuta azaltzen dira, baina *Beck*-en kasuan ez da argitzen zein den. Hots, *Beck* izen anbiguoa azaltzen dela, testua *Beck_Hansen* edo *Jeff Beck*-i buruz mintzo da?




## 2 Arloaren egoera eta ikerketaren helburuak

Izenen desanbiguazioaren arloan, ikerketaren zati handiena ingelesez egiten da. Gainera ikerketarako baliabideak, eta gainontzeko artearen egoera ere hizkuntza honetan daude. Horregatik artikulu honetako adibideak eta esperimentuak ingelesezko dokumentuetan egin dira, batez ere, beste ikerketekin alderatu ahal izateko.

Izenen desanbiguazioari dagokionez, arloaren egoeran oso ohikoak dira ikasketa automatikoan oinarritutako algoritmoak (ikus Bunescu eta Pasca (2006); Cucerzan eta Sil (2013); Mihalcea eta Csomai (2007); Milne eta Witten (2008); Hoffart *et al.* (2011)). Sistema hauek ehunka ezaugarri konbinatzen dituzte Bektore Euskarridun Makina edota Ausazko Basoak bezalako algoritmoekin. Ikasketa automatikoan oinarritutako sistemak izatean, dokumentuen eskuzko etiketatua beharrezkoa da algoritmo hauek bertatik ikas dezaten.

Ikerketa honen helburua, izen-aipamenak desanbiguatzeko, zuzenean Wikipediatik ikasiko duen sistema bat garatzea izango da. Horretarako, Wikipedian entitateen portaera aztertuko da eta honekin testu berri baten aurrean eredu Bayesiar baten bitartez izen-aipamenak desanbiguatuko dira.

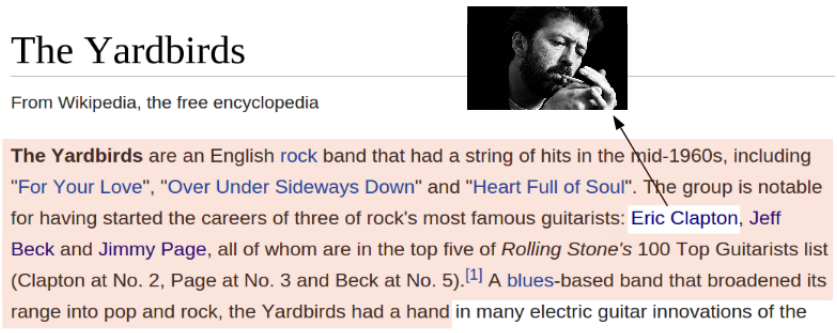
## 3 Wikipediatik ikasten

Wikipedia entziklopedia eleanitza artikulu sorta erraldoia bezala deskriba daiteke. Bere egituran, artikuluen barnean beste artikuluetara doazen estekak aingura bitartez egiten dira, eta artikuluan izen batez identifikatzen dira. Aingura izenak, sarrerak ez bezala, errepikatuak egon daitezke artikulu ezberdinetan. Ezaugarri hauek, informazio-iturri gisa oso interesgarriak dira, entitate-izenen desanbiguaziorako baliabide ezin hobea bihurtuz. Wikipedian entitateen aipamenak aztertuko dira, horretarako hasieratik bukaerara prozesatuko da artikuluz artikulu.

2. irudian Wikipedia artikulu baten lagina azaltzen da. Ikasketa prozesuan, aingura bat azaltzen den aldi bakoitza entitate baten aipamen bat bezala ikus daiteke. Gertaera bakoitzeko jarraian datozen ezaugarriak erauziko dira (adibidean irudiko *Eric Clapton* aingura erabiliko da):

- Lehenik "Hiztegia" deituko den fitxategi batean, *Eric Clapton* aingura, *Eric_Clapton* artikulu edo entitatera lotu dela zerrendaratuko da. Aingura eta artikuluen arteko erlazioa, aingura hori, artikulu batera erreferentzia moduan agertu den kopuruaren kontaketaz osatzen da. Hiztegia sortzeko oinarriak Chang *et al.* (2010) artikulutik hartu dira.
- Bigarrenik, aingura horren testuingurua gordeko da. Hau, 2. irudian azpimarratua dagoen tes-

2 Irudia: Wikipediako *The_Yardbirds* artikuluaren lagina.




tua litzateke. 50 hitzetako leihoa baino urrunago dauden terminoak izen-aipamenarekin loturarik ez dutela suposatzen da. Entitate bakoitzeko fitxategi bat sortuko da Wikipedian aingura bezala azaldu den testuinguru guztiekin. Hemendik aurrera Wikipediatik erauzi den testuingurua, entitate-testuingurua deituko da.

- Azkenik, aingura horrekin azaldu diren beste aingurak kontuan hartuta, entitateen arteko loturak egiten dira. Horrela, *Eric_Clapton*, *Jeff_Beck* eta *Jimmy_Page* entitateak elkarren artean erlazionatuko dituen grafoa sortuko da. Grafoko adabegiak entitateak izango dira eta ertzak hauen arteko erlazioak (artikulutik artikulura dauden ainguren arabera).

Laginaren adibidea ikusi ondoren, Wikipedia osoan pausu berdinak aplikatuz, ezagutza osoa kodetuko da hainbat baliabide ezberdinetan:

1. Hiztegi bat, aingura eta entitateak erlazionatzen dituena.
2. Entitate bakoitzeko, hau azaldu den testuinguruen bilduma.
3. Entitateen arteko erlazioak kodetzen dituen grafoa.

## 4 Entitate izenak Wikipediara lotzen

Hasieran aipatu den bezala, artikulu honek aurkezten duen metodoaren helburua betetzeko bi pausu eman beharko dira. Lehenik, testu batean azaldu den izen-aipamen bakoitzeko, izen honi lotuta dauden entitate hautagaiak zerrendaratuko dira. Bigarrenik, hautagaien artean bat aukeratuko da, hau da, izen-aipamena desanbiguatuko da Wikipediako entitate bakar bati lotuz. Jarraian datozen ataletan pausu bakoitza banan-banan azalduko da.

### 4.1 Izen-aipamenen entitate hautagaiak zerrendaratzen

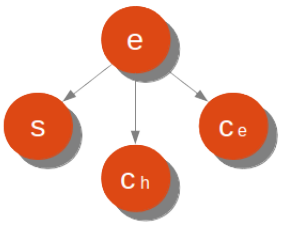
Testu batean identifikatu diren aipamenentzat hautagaiak izango diren entitateak sortzeko, 3. atalean aipatu den hiztegia erabiliko da. Testuan azaldu den izen-aipamena hiztegiko aingura balitz bezala tratatuz, aingurari lotuak azaldu diren entitateak, hautagaiak izatera pasako dira. Adibidez, 1. irudian, *Beck* hiztegian bilatu eta entitate hautagaiak hartuko lirateke: *Beck_Hanson* eta *Jeff_Beck*.

### 4.2 Entitate hautagaiak sailkatzen: Eredu Bayesiarra

Pauso honetan, eredu Bayesiarrar baten bitartez hautagaien artean bat aukeratuko da. Han eta Sun (2011) artikuluak finkatzen dituen oinarriak erabilita, $c$ aipamen-testuinguru batean agertzen den $s$ izen-aipamenetik, hautagai izan daitekeen $e1, e2, e3...$ entitateak sortzen ditu. Entitate bakoitzeko, lau probabilitate biderkatzen dira. Probabilitate hauek, 3. irudian ikus daitekeen diagraman, Bayesen Teoremaren oinarriak[2] aplikatuz lortzen dira.

[2] `http://en.wikipedia.org/wiki/Naive_Bayes_classifier`

3 Irudia: Izen-aipamen anbiguoak sailkatzeko eredua. $e$ entitate bat emanda, $s$ izen batekin gauzatuko da $c$ testuinguru batean. Bayesen teorema aplikatuz azpian dagoen formula ebazten da.




$$P(s, c_h, c_e, e) = P(e)P(s|e)P(c_h|e)P(c_e|e)$$

Demagun *"Three of the greatest guitarrists started their career in a single band: Clapton, Beck and Page"* adibidean *Beck* desanbiguatu nahi dela. 3 irudian dagoen ereduko elementu bakoitza horrela gauzatuko zen:

- $s$ edo aipamena, dokumentuan azaldu den *Beck* hitz katea izango da. Desanbiguatu nahi den izena hain zuzen.
- $e$ edo entitateak, *Beck* aipamenaren hautagaiak diren *Beck_Hansen* eta *Jeff_Beck* izango dira. Kontuan hartu hiztegiak 83 artikulu zerrendatzen dituela, baina adibidea azaltzeko 2 erabiliko dira. Errealitatean desanbiguazioa 83 horien artean egiten da.
- $c$ aipamen-testuingurutik bi probabilitate ezberdin zenbatetsiko direnez, 2 informazio iturri ezberdin erauziko dira:
  - $c_h$ edo aipamen-testuinguruko hitzak. Kasu honetan *Three*, *of*, *the*, *greatest*, *guitarrists*, *started*, *their*, *career*, *in*, *a*, *single*, *band*, *Clapton*, *and* eta *Page* hitzek osatuko dute. Algoritmoak ikasteko erabili duen patroiari jarraituz, $s$-ren inguruan 50 hitz ezkerrera eta beste hainbeste eskuinera.
  - $c_e$ edo aipamen-testuinguruko gainontzeko entitateen aipamenak, adibidean *Clapton* eta *Page*-k osatuko dute. Hauek 3 atalean azaldu den grafoarekin zerikusia izango dute.

Lehen esan bezala lau probabilitateen biderketa bidez $P(s, c_h, c_e, e) = P(e)P(s|e)P(c_h|e)P(c_e|e)$ hautagaiak diren entitateak sailkatuko dira. Probabilitate altuena lortzen duena izango da $s$ izenarekin $c$ testuan agertu den aipamenari dagokion $e$ entitatea. Beraz entitate irabazlea aurreko formularen maximoa lortzen duena izango da.

$$e = \arg\max_e P(s, c_h, c_e, e) = \arg\max_e P(e)P(s|e)P(c_h|e)P(c_e|e)$$

Jarraian formula hau ebazteko, probabilitate bakoitzak zein ezagutza deskribatzen duen eta nola zenbatetsi den azalduko da.

### 4.2.1 Entitatearen probabilitatea

$P(e)$ izendatu den banaketak, $e$ entitatea Wikipedian zein ospetsua den adieraziko du egiantza handieneko zenbatezketaz. Horretarako jarraian dagoen formula erabiliko da probabilitate hau kalkulatzeko.

$$P(e) = \frac{Count(e) + 1}{|M| + N}$$

$M$ Wikipediako entitate agerpen guztien kontaketa da eta $N$ entitate ezberdin kopurua. $Count(e)$-k $e$ entitate horri dagokion agerpen kopurua izango da. $Count(e)$ balioari +1 leunketa aplikatzen zaio 0 probabilitatearen arazoa saihesteko[3]. Kontaketa guzti hauek hiztegitik ateratzen dira.

[3]Arazo honekin biderkagaietako bat 0 izanda probabilitate osoa 0 litzateke eta hau saihestu nahi da.

#### 4.2.2 Entitatearen izenaren probabilitatea

$P(s|e)$ banaketak, $e$ entitatea $s$ izenaz agertzeko duen probabilitatea erakusten du. Horretarako egiantza handieneko zenbatezketaz baliatuz formula hau erabili da.

$$P(s|e) = \frac{Count(e,s)+1}{Count(e)+S}$$

$Count(e,s)$-k $e$ entitatea $s$ izenarekin agertu den kontaketa balioa erakusten du. $Count(e)$-k aldiz, $e$ entitatea $s$ izen ezberdin guztiekin zenbat aldiz agertu den kalkulatzen du, edo lehen esan bezala agerpen kopuru totala. Banaketa honetako kontaketak ere 3 atalean azaldu den hiztegitik ateratzen dira. Aurreko biderkagaiari aplikatu zaion leunketa berdina aplikatuz, $S$-k $e$ entitatea zenbat aingura ezberdinekin azaldu den adierazten du.

#### 4.2.3 Entitatearen testuinguruaren probabilitatea

$P(c_h|e)$ banaketak $e$-ren entitate-testuinguruan, $c$ aipamen-testuinguruko $t$ termino edo hitz bakoitzaren probabilitatea $P'_e(t)$ banaketa zenbatetsiko du. Horretarako termino horren agerpen kopurua zati termino guztien kontaketa kalkulatzen da (kontaketak entitate-testuingurukoak dira, Wikipediatik ikasi direnak). Formula jarraian datorrena da.

$$P'_e(t) = \frac{Count_e(t)}{\sum_t Count_e(t)}$$

$P'_e(t)$ banaketari leunketa metodo bat aplikatu zaio 0 probabilitate arazoari aurre egiteko. Horretarako, probabilitateari termino horrek Wikipedian orokorrean agertzeko duen probabilitatea $P_g(t)$ gehitu zaio Jelinek eta Mercer (1980) artikuluak aipatzen dituen pausoak jarraituz. Jarraian $P_e(t)$-ren zenbatespena kalkulatuko duen azken formula $P_g(t)$ leunketa probabilitatea barne duela.

$$P_e(t) = \lambda P'_e(t) + (1-\lambda)P_g(t)$$

$\lambda$ parametroari 0.95 balioa ezarri zaio garapen esperimentuetan oinarrituz. Beraz, $s$ izen-aipamenaren $c$ aipamen-testuinguruak $n$ termino baditu, $e$ entitate batentzat $P(c|e)$-ren zenbatespena hau litzateke:

$$P(c_h|e) = P_e(t_1)P_e(t_2)...P_e(t_n)$$

Terminoen artean dependentziak daudela badakigu, izan ere termino askok probabilitate handia dute bata bestearen ondoren agertzeko. Baina banaketa honetan terminoen arteko independentzia asumitzen da, zenbatespena errazten baitu.

#### 4.2.4 Entitatearen testuinguruaren probabilitatea grafoaren arabera

Laugarren biderkagaiak $e$ entitateak $c$ aipamen-testuinguruan azaldu diren beste entitateekin azaltzeko duen probabilitatea neurtzen du. Kasu honetan, labur esanda, Wikipediako entitateekin osatu den grafoan duten garrantziaren arabera egiten da. Probabilitate hau zenbatesteko Agirre eta Soroa (2009) eta Agirre *et al.* (2014) artikuluetan azaltzen diren algoritmoak erabili dira, *Personalized Page Rank* algoritmoa hain zuzen. Ezaugarri hau $P(c_e|e)$ probabilitate banaketa bezala izendatuko da. Hau kalkulatzeko UKB[4] softwarea erabilida.

## 5 Esperimentuak

Sistemaren oinarriak azaldu ondoren, bere eraginkortasuna ebaluatuko da. Ingelesezko entitate izenen desanbiguazioa ebaluatzeko, hainbat datu-multzo eskuragarri daude. Horien artean 2009. urtetik hona, urtero ospatzen den TAC-KBP[5] txapelketako Entity-Linking atazakoak. Helburua ingelesezko testu

[4] http://ixa2.si.ehu.es/ukb/
[5] http://www.nist.gov/tac/2014/KBP/

ezberdinetako izen-aipamenak Wikipediako azpimultzo batetik sortutako ezagutza-baseko entitateekin lotzea da. Horretarako dokumentu berrietatik, foroetatik edo interneteko web orrietatik biltzen dituzte. Ondoren bertan azaltzen diren aipamenak dagokion entitatearekin eskuz etiketatzen dituzte. Urtero ospatzen den konferentzia honetako 6 datu-multzoak erabiliko dira ebaluazioan ( TAC09, TAC10, TAC11, TAC12, TAC13 eta TAC14). Esan beharra dago txapelketako antolatzaileek, izen-aipamen anbiguoak dituzten dokumentuak hautatzen dituztela. Bestalde, AIDA eta KORE[6] deituriko beste bi datu-multzoetan ere ebaluatuko da. Lehenak berrietatik eskuratu diren dokumentuak biltzen ditu, bigarrenak, aldiz, testu oso motzak eta izen oso anbiguoz osaturiko dokumentuak. Eredu Bayesiarraren parametro eta ezaugarriak finkatzeko, garapen esperimentuak AIDA datu-multzoren beste atal batean egin dira.

AIDA, KORE, TAC09 eta TAC10-en ebaluaziorako erabiltzen den metrika zehaztasuna da. Zehaztasunak entitate egokira zenbat aipamen lotu diren, zati datu-multzoko aipamen kopuru totala kalkulatzen du. TAC11-tik TAC14 bitartean metrika aldatu eta bCubed+ (ikus Amigó *et al.* (2009)) metrika erabiltzera pasa ziren. Datu multzo bakoitzarentzat, sistemaren emaitza eta orain arte argitaratu den emaitzarik onena alderatuko dira.

1 Taula: Datu-mutzo ezberdinetan, eredu Bayesiarraren emaitza eta arloaren egoeran argitaratu den emaitza onena konparatzen dira. Beltzez nabarmenduta artearen egoera gainditzen duten emaitzak ageri dira.

| | AIDA | KORE | TAC09 | TAC10 | TAC11 | TAC12 | TAC13 | TAC14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P(e)P(s\|e)$ | 67.51 | 36.11 | 67.46 | 76.76 | 68.27 | 46.60 | 68.29 | 62.55 |
| $P(e)P(s\|e)P(c_h\|e)$ | 76.01 | 61.11 | 78.45 | **85.29** | 76.42 | 57.74 | **76.47** | 71.92 |
| $P(e)P(s\|e)P(c_h\|e)P(c_e\|e)$ | 82.59 | 70.14 | **82.15** | **85.39** | **81.64** | **72.20** | **74.56** | 75.31 |
| **arloaren egoera** | 84.89 | 71.50 | 79.00 | 80.60 | 80.10 | 68.50 | 71.80 | 79.60 |

1. taulan sistemaren emaitzak ikus daitezke. Biderkagai ezberdinak konbinatuz, eredu Bayesiarraren konbinazio posibleak azaltzen dira. Lehen lerroan, testuinguruaren informazioa alde batera utzita, bi ezaugarrien konbinazioak ematen dituen emaitzak ikus daitezke. Ondoren, bigarren lerroan, testuinguruko hitzen probabilitatea biderkatuz emaitzak gora egiten dutela ikus daiteke, arloaren egoerako emaitzetara gerturatuz. Azkenik, testuinguruko entitateek grafoan lortzen duten probabilitateari esker, algoritmoak arloaren egoerako emaitza parekoak lortzen dituela ikus daiteke.

Aipatzekoa da TAC10, TAC12 eta TAC13 datu multzoetan, arloaren egoerarekiko dagoen aldea. Gainera AIDA eta KORE datu-multzoetan emaitza onena hobetzea lortu ez den arren, onenarekiko distantzia ez da inoiz 2,5 puntu baino handiagoa. TAC14-en ordea, emaitzak hobetzeko aldea badago.

Kontuan hartu behar da arloaren egoerako emaitzak sistema eta sortzaile ezberdinen eskuetatik datozela, hau da, ez dela sistema berdina datu-multzo guztietan exekutatu. Beraz datu multzoaren arabera sistema optimizatu daiteke egoera horretara egokituz. Aurkeztu den eredu Bayesiarrak aldiz, portaera egonkorra azaldu du datu-multzo guztietan emaitza onak lortuz.

## 6 Euskarazko testuak Wikipediara lotzen

Ingelesezko testuetan ereduak duen eraginkortasuna ikusi ondoren, euskarazko testuetako izen-aipamenak Wikipediara lotzeko saiakera bat egin da. Honetarako Fernandez (2012) tesian erabili ziren CorpusB bildumako euskarazko testuak erabili dira. Hala ere, baliabide faltagatik, eredu Bayesiarra ez da bere osotasunean probatu. Testuinguruko hitzen probabilitatea alde batera utziz, jarraian dagoen formula erabili da: $P(s, c_e, e) = P(e)P(s|e)P(c_e|e)$. Fernandez (2012) tesian izen-aipamenak Wikipediara lotzean %76.20 zehaztasuna lortzen da. Eredu Bayesiarrak, dokumentu berdinen gainean %87.84-ko zehaztasuna lortzen du.

[6] `http://www.mpi-inf.mpg.de/departments/databases-and-information-systems/research/yago-naga/aida/downloads/`

## 7 Ondorioak

Artikulu honetan, testuak ulergarriagoak egiteko dokumentu bateko izen aipamenak automatikoki Wikipediara lotzen dituen eredu Bayesiar bat aurkeztu da. Sistemak behar duen ezagutza guztia Wikipediatik ikasten du. Hori gutxi balitz, izen anbiguoei aurre egiteko gai dela frogatu da. Gainera, arloaren egoerarekin konparatuz eta datu-multzoaren arabera, emaitzak oso gertu edo hauen gainetik aurkitzen direla ikusi da. Sistema berdinak datu-multzo ezberdinetan lortu dituen emaitza egonkorrek aipamena merezi dute.

## 8 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunean, eredu Bayesiarretatik haratago beste eredu probabilistiko batzuk erabiltzea pentsatzen da. Horretarako Markov-en kateetan oinarritutako algoritmoak erabiliz iadanik zenbatetsi diren probabilitateak barneratuko dira. Modu honetan ereduari ahalik eta etekin gehien ateratzea espero da.

## Erreferentziak

Agirre, E., eta A. Soroa. 2009. Personalizing PageRank for Word Sense Disambiguation. In *Proceedings of 14th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, Athens, Greece.

Agirre, Eneko, Oier Lopez de Lacalle, eta Aitor Soroa. 2014. Random walks for knowledge-based word sense disambiguation. *Computational Linguistics* 40.57–88.

Amigó, Enrique, Julio Gonzalo, Javier Artiles, eta Felisa Verdejo. 2009. A comparison of extrinsic clustering evaluation metrics based on formal constraints. *Inf. Retr.* 12.461–486.

Bunescu, Razvan C., eta Marius Pasca. 2006. Using encyclopedic knowledge for named entity disambiguation. In *EACL*. The Association for Computer Linguistics.

Chang, A.X., V.I. Spitkovsky, E. Yeh, E. Agirre, eta C. D. Manning. 2010. Stanford-UBC Entity Linking at TAC-KBP. In *Proceedings of TAC 2010*, volume 758, Gaithersburg, Maryland, USA.

Cucerzan, Silviu, eta Avirup Sil. 2013. The msr systems for entity linking and temporal slot filling at tac 2013. In *Proceedings of the Sixth Text Analysis Conference (TAC 2013)*, p. 10. National Institute of Standards and Technology (NIST).

Fernandez, Izaskun. 2012. Entitate-izenak euskaraz: Identifikazioa, sailkapena, itzulpena eta desanbiguazioa.

Han, X., eta L. Sun. 2011. A Generative Entity-mention Model for Linking Entities with Knowledge Base. In *Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, volume 1, 945–954.

Hoffart, J., M.A. Yosef, I. Bordino, H. Fürstenau, M. Pinkal, M. Spaniol, B. Taneva, S. Thater, eta G. Weikum. 2011. Robust Disambiguation of Named Entities in Text. In *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Edinburgh, Scotland, United Kingdom 2011*, 782–792.

Jelinek, F., eta R.L. Mercer. 1980. Interpolated Estimation of Markov Source Parameters from Sparse Data. In *Pattern recognition in practice*, 381–397.

Mihalcea, Rada, eta Andras Csomai. 2007. Wikify!: linking documents to encyclopedic knowledge. In *Proceedings of the sixteenth ACM conference on Conference on information and knowledge management*, 233–242. ACM.

Milne, D., eta I.H. Witten. 2008. Learning to Link with Wikipedia. In *Proceeding of the 17th ACM conference on Information and knowledge mining - CIKM '08*, p. 509, New York, New York, USA. ACM Press.

# Korreferentzia-ebazpena euskaraz idatzitako testuetan

**Ander Soraluze** eta **Olatz Arregi** eta **Xabier Arregi** eta **Arantza Díaz de Ilarraza**

IXA taldea. Euskal Herriko Unibertsitatea.

**Laburpena**

Artikulu honetan euskarazko korreferentziak ebazteko sistema baten garapena azaltzen da. Lehenik eta behin, azterketa linguistiko batean oinarritutako aipamen-detektatzaile automatikoa aurkezten dugu. Sistema hori erregelatan oinarritutakoa da, eta egoera finituko teknologia erabiliz inplementatu da. Behin testuko aipamenak detektatuta, beraien artean gertatzen diren korreferentzia-erlazioak ebazten dituen sistema ere garatu dugu. Horretarako, ingeleserako diseinatu den sistema eraginkor bat oinarritzat hartu, eta euskararen ezaugarrietara egokitu da. Egokitze-lan hori deskribatzen da artikuluaren bigarren partean.

**Hitz gakoak:** aipamen-detekzioa, korreferentzia-ebazpena, hizkuntzaren prozesamendua

**Abstract**

*This paper presents the first steps in the development of a Basque coreference resolution system. Firstly, we describe a mention detector system based on a linguistic study of the nature of mentions. The mention detector is rule-based and has been implemented using finite state technology. The system identifies mentions that are potential candidates to be part of coreference chains in Basque written texts. Finally, we describe the process of adapting a state-of-the-art English coreference resolution system to Basque.*

**Keywords:** mention detection, coreference resolution, natural language processing

## 1 Sarrera eta motibazioa

Testu bateko bi espresio testualek objektu berbera adierazi edo erreferentziatzen dutenean, bi espresio horien artean korreferentzia-erlazio bat dagoela esan ohi da. Testu batean ager daitezkeen espresio testual horien arteko korreferentzia-erlazioak ebaztea helburu duen atazari korreferentzia-ebazpena deritzo.

Ataza honetan sarritan erabiltzen diren bi termino *entitatea* eta *aipamena* dira. Entitate bat mundu errealeko objektua edo objektu multzoa dela esaten da; aipamena, aldiz, entitate bati erreferentzia egiten dion espresio testuala da (Doddington *et al.*, 2004).

Ohikoa da korreferentzia-ebazpena bi azpi-ataza nagusitan banatzea: aipamenen detekzioa, batetik, eta erreferentzien ebazpena, bestetik (Pradhan *et al.*, 2011). Lehenbizi testuko aipamenak detektatzen dira, eta, ondoren erabakitzen da zein aipamenek egiten dioten erreferentzia entitate berari.

Azaldutako terminoak modu argiagoan ulertzeko ikus dezagun adibide bat.

(1) [Miguel Indurain] erretiratu zenean, [[hura] ordezkatuko zuen pertsona bat] bilatu nahian zebiltzan.

Goiko adibidean, kortxete artean hiru aipamen ikus ditzakegu, [Miguel Indurain], [hura] eta [hura ordezkatuko duen pertsona bat]. Garbi ikusten da [Miguel Indurain] eta [hura] aipamenek mundu errealeko objektu berbera erreferentziatzen dutela, beraz, korreferenteak direla esan dezakegu. Aipamen-detekzioan egin beharrekoa, hiru aipamenak zuzen identifikatzea da. Korreferenzia-ebazpenean berriz, [Miguel Indurain] eta [hura] lotu egin behar dira, mundu errealeko pertsona bera adierazten dute eta.

Gaur egun, korreferentzia-ebazpen automatikoa gakotzat har dezakegu testuak ulertu ahal izateko (Recasens, 2010); ondorioz, behar-beharrezkoa da diskurtsoaren ulerkuntza sakona eskatzen duten Lengoaia Naturalaren Prozesamenduko (NLP) hainbat atazatan; adibidez, informazioaren erauzketan, testuen laburpenean, galderak erantzuteko sistemetan, itzulpen automatikoan, sentimenduen analisian edota irakurketa automatikoan.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Azken bi hamarkadetan garrantzi handia eman zaio korreferentzia-ebazpenari eta gai honen inguruan zentratutako kongresu ugari antolatu dira. *Message Understanding Conference* (MUC-6, 1995; MUC-7, 1998) kongresuetan korreferentziaren inguruko ataza espezifikoak antolatu ziren. *The Automatic Content Extraction (ACE)* kongresuan aurredefinitutako entitate multzo baten arteko erlazioak identifikatzen saiatu ziren (Doddington *et al.*, 2004).

Azken urteetako kongresuei dagokienez, *SemEval-2010 Task 1* atazan korreferentzia-ebazpena gauzatu behar zen hizkuntza desberdinetan (Recasens *et al.*, 2010). Hurrengo urtean, *CoNLL-2011 Shared Task* atazan (Pradhan *et al.*, 2011), parte-hartzaileek Ontonotes corpusean (Pradhan *et al.*, 2007) ebatzi behar izan zuten korreferentzia ingeleserako, eta *CoNLL 2012 Shared Task 2* atazak (Pradhan *et al.*, 2012) ingelesaren, txineraren eta arabieraren gaineko korreferentzia-ebazpena egitea eskatzen zuen.

Aipamen-detekzioak berebiziko garrantzia du korreferentzia-ebazpenerako sistemetan. Hala adierazi da hainbat lanetan: Uryupina autoreak (2008) dio bere korreferentzia-ebazpenerako sistemaren estaldura-erroreen % 35 aipamen-detekzioan identifikatu gabeko aipamenen ondorioz dela, eta, horretaz gain, Uryupina berak (2010) gehitzen du doitasun erroreen % 20 gaizki identifikatutako aipamenengatik dela. Stoyanov *et al.* autoreek (2009), berriz, korreferentzia-ebazpenerako sistemetan erabiltzen diren aipamen-detektatzaileen hobekuntzak artearen egoera nabarmen hobetuko lukeela ondorioztatzen dute.

Aipamen-detektatzaileak garatzeko orduan erabilitako teknologiari dagokionez, bi joera nagusi nabarmendu daitezke: batetik, erregelatan oinarritutako sistemak ditugu, bestetik, ikasketa automatikoan oinarritutakoak. Ikasketa automatikoan oinarritutako sistemek doitasun eta estaldura balio orekatuak lortu ohi dituzte; erregelatan oinarritutakoek, aldiz, estaldura balio hobeak lortzen dituzte. Aipamenen detekzioan oso garrantzitsua da estaldura balio onak lortzea, bestela, detektatu gabe utzitako aipamenak ezin dira-eta aurreragoko pausoetan berreskuratu.

Ikasketa automatikoko sistemak errazago moldatzen dira beste hizkuntzetarako, baita garatuak izan ez direnetarako ere. Hala nabarmendu zen *CoNLL 2011 Shared Task* eta *CoNLL 2012 Shared task* atazetan, non, Uryupina eta Moschitti autoreek (2013) dioten moduan, erregelatan oinarritutako sistemek portaera okerragoa izan zuten ingelesetik arabierara edo txinerara egokitzean.

Ezaguna da euskara bezalako hizkuntza batek urri dituela baliabide linguistikoak, hizkuntza handi eta ahaltsuen aldean. Hori dela eta, korreferentzia-ebazpena bezalako atazetarako tresna eraginkorrak garatzea erronka handia da. Korreferentzia-ebazpenerako lehen sistemak ingeleserako sortuak izan ziren. Hala ere, azken urteetan ingelesaz gain beste hizkuntza batzuetarako sortuak izan diren sistemak ere baditugu. Adibidez, *SemEval-2010 Task 1* atazan katalana, nederlandera, alemana eta italiera bezalako hizkuntzetarako sistemak aurkeztu ziren (Recasens *et al.*, 2010). Lehen esan bezala, *CoNLL 2012 Shared Task* atazan txinera eta arabiera gehitu ziren. Hizkuntza gutxituei dagokienez, hasi dira korreferentzia-ebazpenerako sistemak agertzen. Azken urteotako lanetan ikus dezakegu, hungariera (Miháltz, 2008), poloniera (Ogrodniczuk eta Kopeć, 2011), txekiera (Nguỵ *et al.*, 2009) edo hindi hizkuntzetarako (Sobha *et al.*, 2011) sistemak garatu direla.

Lan honen helburua euskaraz idatzita dauden testuetan korreferentzia ebatziko duen sistema bat garatzea da. Hau lortzeko, lehenik aipamen-detektatzaile eraginkor bat garatuko da, eta ondoren detektatzaile hori korreferentzia-ebazpenerako sisteman integratuko da.

## 3 Ikerketaren muina

Euskarazko korreferentziak ebazteko tresna automatikoa sortzeko bidean, izenen (edo, zabalago adierazita, izenen funtzioa betetzen duten egituren) korreferentziak landuko ditugu lehenbizi. Gerorako utziko dugu gertaeren edota diskurtso mailako korreferentzien ebazpena.

Atal honetan, lehenik euskarazko testuetan ager daitezkeen aipamen motak azalduko ditugu. Ondoren, mota horietan oinarrituta, aipamenak automatikoki identifikatzeko garatu dugun tresnaren oinarriak eta ebaluazioa azalduko dira. Azkenik, aipamen-detektatzailearen irteera erabiltzen duen korreferentzia-ebazpenerako sistemaren nondik norakoak aurkeztuko ditugu.

### 3.1 Aipamenen azterketa

Aipamen-detektatzailea garatzen hasi aurretik, ezinbestekoa da jakitea zein espresio testual kontsideratu behar diren aipamentzat eta zein ez. Horiek osatzen dute, azken batean, korreferentetzat har daitezkeen elementuen

unibertsoa. Esana dugu izenen funtzioa betetzen duten egiturei erreparatuko diegula, baina horien guztien artean izaera erreferentziala duten espresioak hartuko ditugu aipamentzat. Ondorengo zerrendan adierazten dugu zein egitura linguistikok betetzen duten izen-aipamena izateko erreferentzialtasunaren baldintza.

- **Izen-kate arruntak:** Burutzat izen arrunta duten egiturak .

  (1) [Langileak] haserre daude hartutako erabakiarekin.

- **Izen bereziak:** Burutzat izen berezia duten egiturak.

  (2) [Clinton] itxaropentsu agertu zen kazetarien aurrean.

- **Izenordainak:** Izenordain pertsonal guztiak aipamentzat hartzen ditugu. Hala ere, euskaraz, determinatza-ile erakusleek hirugarren pertsonako izenordain gisa jokatzen dute (Laka, 1996). Anbiguotasun honi aurre egiteko, izenordain moduan erabiltzen diren erakusleak aipamen moduan markatzen ditugu (3. adibidea).

  (3) LDPko buruek Mori hautatu zuten apirilean Keizo Obuchi orduko lehen ministroa ordezkatzeko, [hark] tronbosia izan ostean.

- **Posesiboak:** Izenordain posesiboak aipamentzat hartzen dira, (4. adibidea).

  (4) Ekisoainek Granollersera joatea nahiago du, [bere] emazteak lagunak baititu bertan.

- **Aditz-izenak:** Aditzetatik eratorritako zenbait formak izenaren funtzioa betetzen dute, eta horrelakoak aditz-izenak direla esan ohi da. Aditz-izen horiek osatzen dituzten izen-kateak aipamen gisa etiketatuko ditugu.

  (5) [Europar Batasunaren zabaltze honek] arazo asko konpontzera behartuko ditu.

- **Postposizio lokuzioetako aipamenak:** Postposizio-lokuzioen kasuan, postposizio beregainaren aurreko izena hartuko dugu kontuan aipamentzat, izenaren lemari erantsirik ageri zaizkion atzizkiak barne. 6. adibidean *Athleticen* izango litzateke aipamena, *-ren aurka* postposizioari lotuta doana.

  (6) Moreno eta Vlatko Djolonga [Athleticen] aurka jokatzeko moduan daude.

- **Mendeko perpausa duten izen-kateak:** Izen-kate hauetan burua izen arrunta izango da eta izen horrek modifikatzaile gisa jokatuko duen mendeko perpaus bat izango du. 7. adibidean ikusten dugun bezala, mendeko perpausak (*Oslon hasitako*) izena (*prozesua*) osatu edo zehaztu egiten du, eta horregatik, mendeko perpausa ere aipamenaren barnean sartu dugu. Mendeko perpausen artean erlatibozkoak oso ohikoak dira, 8. adibidekoa bezala.

  (7) [Oslon hasitako prozesua] gaur bukatuko da.

  (8) [Antimisilen inguruan Pentagonoa atontzen ari den sistema] aurkeztu dute.

- **Elipsia:** Euskaraz, bada maila morfosintaktikoan ematen den elipsia. Elipsi mota hauek ere aipamentzat hartuko ditugu.

  (9) [Bigarren sailkatu zenak], segundo bakarra kendu zion.

- **Koordinazioa:** Izen-kate koordinatuak juntagailu (*eta, edo, edota, nahiz...*) baten bitartez lotzen diren izen-kateak dira. Koordinazio kasu hauetan, juntagailuaren ezker (*Xabier Mikel Errekondo*) eta eskuin (*Alvaro Jauregi*) aldeko osagaiak aipamentzat hartuko ditugu, bai eta egitura osoa (*Xabier Mikel Errekondo eta Alvaro Jauregi*) ere.

  (10) [[Xabier Mikel Errekondo] eta [Alvaro Jauregi]] kontratuak berritzear daude.

- **Lekuzko adberbioak:** Orokorrean adberbioek izaera erreferentzialik ez duten arren, lekuzko adberbioek badute izaera hori, aurretik aipatutako lekuren bat erreferentziatzen baitute. Ondorioz, lekuzko adberbioak aipamentzat hartu ditugu. 11. adibidean ikus dezakegu *han* lekuzko adberbioak, esaldian lehenago agertzen den *Biarritzera* aipamenari egiten diola erreferentzia.

  (11) Futbol jokalariak Biarritzera joatekoak ziren, [han] festa antolatuta baitzuten.

### 3.2 Aipamen-detektatzailea

Aipamenen detekzioa egiteko, komenigarria da tratatu nahi diren testuen aurreprozesaketa bat egitea. Aurreprozesaketa egiteko, IXA taldean sortutako analisi-katea erabiltzen dugu. Kate honetan, hainbat tresna erabiltzen dira, bakoitzak bere zeregin zehatza duelarik. Tresna horiek, testuen analisi sakona egiten dute urrats desberdinetan banatuta (tokenizazioa, analisi morfologikoa...). Kate horretako tresnetatik honako hauek erabiltzen dira aipamen-detekzioan: analizatzaile morfologikoa, lematizatzailea, hitz-anitzeko unitateen detektatzailea, entitate izendunen ezagutzaile eta sailkatzailea, izen- eta aditz-kateen detektatzailea, eta perpaus-detektatzailea. Aurreprozesaketan erabilitako tresna hauek guztiak Lengoaia Naturalaren Prozesamendurako tresna orokorrak dira eta beraz zehazki ez dira aipamenen detekzioa egiteko sortuak izan. Ondorioz, tresna hauen emaitzetatik lortzen diren aipamenen mugak ez dira erabat zuzenak, eta doitze-lana eskatzen dute. Horretarako 34 erregela definitu dira eskuz eta erregela horiek konpilatuz 12 Egoera Finituko Transduktoreak (*Finite State Transducers, FST*) lortu dira. Egoera Finituko Teknologia erabiliz datu multzo handiak azkar eta memoria gutxi kontsumituz prozesa daitezke. *Foma* (Hulden, 2009), automata eta transduktoreekin lan egiteko aukera eskaintzen duen kode irekiko tresna, erabili dugu erregelak definitu eta transduktoreak lortzeko.

Gure FSTek analisi-katetik jasotako informazio linguistikoa erabiltzen dute aipamenak eta beraien mugak identifikatzeko. Garatutako FSTak 3.1. azpiatalean deskribatutako aipamen motak identifikatzeaz arduratzen dira. FST hauen inguruko informazio gehiago (Soraluze *et al.*, 2012) artikuluan aurki daiteke.

Sistema garatu eta ebaluatzeko erabili den corpusa, testu-bilduma, EPEC (Euskararen Prozesamendurako Erreferentzia Corpusa) izan da (Aduriz *et al.*, 2006). Corpus honen helburua, euskararako Lengoaia Naturalaren Prozesamendurako tresnak garatzeko orduan erreferentzia-corpusa izatea da. *Euskaldunon Egunkarian* argitaratutako berrien bilduma bat da, 300.000 hitzez osatua dagoena. Corpusa eskuz etiketatua izan da analisi maila ezberdinetan (morfologia, sintaxia, izen- eta aditz-kateak...). Berriki, aipamenak eta korreferentzia-kateak ere etiketatuak izan dira. Aipamen-detektatzailea garatzeko EPEC corpusaren zati bat erabili da, 46.383 hitzez osatua eta 12.792 aipamen dituena.

Sistema automatiko bat garatzen denean, komenigarria izaten da ebaluazio bat egitea, sistemaren portaera aztertu eta dituen gabeziez jabetzeko. Aipamenen detekzioa ebaluatzeko, nazioartean ezagunak diren bi parekatze-metodo erabili ditugu: *Lenient Matching* eta *Strict Matching*. *Lenient Matching* parekatzean aipamen bat zuzena dela kontsideratzen da, automatikoki detektatu den aipamenaren mugak urre-patroiaren (eskuz etiketatu den aipamenaren) mugen barnean badaude eta burua (*head word*) ere aipamenaren barnean kokatzen bada (Kummerfeld *et al.*, 2011). Hala ere, parekatze-metodo zorrotzagoak aplikatu izan dira. Adibidez, *CoNLL-2011 Shared Task*-en (Pradhan *et al.*, 2011), *Strict Matching* metodoa erabili zen. Metodo honen arabera, aipamen bat zuzena dela kontsideratzen da baldin eta soilik baldin urrezko aipamenaren berdina bada. Parekatze-metodo bakoitza hobeto ulertzeko hona hemen adibide bat.

- Esaldia: Argentinan DINAK egindako krimenak ikertuko dituzte.
- Eskuz etiketatutako aipamena: [Argentinan DINAK egindako krimenak]
- Aipamen-detektatzaileak proposatutako aipamena: [DINAK egindako krimenak]

Sistemaren erantzuna eskuz etiketatutako zatiarekin konparatzen da bi parekatze-metodoak erabiliz, eta *Lenient Matching* protokoloak dio aipamena zuzena dela, eskuz etiketatutako aipamenaren mugak ez dituelako gainditzen eta gainera aipamenaren burua (*krimenak*) mugen barruan dagoelako. *Strict Matching* protokoloa erabiliz, aldiz, proposatutako aipamena ez litzateke zuzentzat hartuko, eskuz etiketatutakoaren berdin-berdina izateko *Argentinan* hitza falta baitzaio.

1 Table: Aipamen-detektatzaileak lortutako emaitzak.

| | P | R | $F_1$ |
|---|---|---|---|
| SM | 76.85 | 78.59 | **77.58** |
| LM | 81.96 | 83.97 | **82.81** |

1. taulan ikus daitekeenez, *Strict Matching (SM)* neurriaren arabera, aipamen-detektzaileak 78.59eko estaldura (R) lortzen du, hau da identifikatu beharreko aipamen guztien artean % 78.59 identifikatu ditu ondo, eta 76.85eko doitasuna (P), identifikatu dituen aipamen horien artean % 76.85 zuzenak dira. $F_1$ neurriak doitasuna eta estalduraren arteko batazbeztekoa adierazten du. 77.58koa da *Strict Matching (SM)* neurria erabiltzean. *Lenient Matching (LM)* parekatze-metodoarekin, emaitzak hobexeagoak dira, 83.97ko estaldura, 81.96ko doitasuna eta 82.51eko $F_1$ balioa.

### 3.3 Korreferentzia-ebazpenerako sistema

Euskararako korreferentzia-sistema garatzeko, ingeleserako garatu zen eta *CoNLL-2011 shared task* atazan (Pradhan *et al.*, 2011) emaitzarik onenak lortu zituen Stanfordeko unibertsitatean garatutako korreferentzia-ebazpenerako sistema (Lee *et al.*, 2013) egokitu dugu. Sistema egokitzen hasi aurretik, gure corpusean ebaluatu da eta lortu den CoNLL $F_1$ balioa (Pradhan *et al.*, 2014) 48.67koa izan da.

Sistema hau erregelatan oinarritutakoa da, eta oinarrian 10 *bahe* (korreferentzia-ebazpenerako modulu espezifiko) erabiltzen ditu. 10 bahe horiek banan-banan aplikatzen dira, doitasun handiena lortzen dutenak aurrenik eta doitasun baxuagokoak ondoren. Planteamendu honi esker, lehenengo baheetan erabaki ziurrak hartzen dira (doitasun handia) eta ondorengoetan ez hain ziurrak, estaldura hobetuz baina batzuetan doitasuna kaltetuz. Sistema Honakoak dira ingeleserako sistemak dituen baheak:

1. ***Speaker identification*** bahea: Estilo zuzenean agertzen diren esaldietan hizlariak identifikatu eta dagozkien izenordainekin lotzen ditu.

   (12) "[Niretzat] [oso urte txarra] izan zen [jaitsi ginenekoa], [[nire] karrerako tristeena]".
   Korreferentzia-katea: [Niretzat] -> [nire].

2. ***Exact String Match*** bahea: Bi aipamen guztiz berdinak badira, korreferentzia-kate berean elkartzen ditu.

   (13) [Milosevic presidentea] [Argentinara] joan da. [Milosevic presidentea] atzerrian dabil.
   Korreferentzia-katea: [Milosevic presidentea] -> [Milosevic presidentea]

3. ***Relaxed String Match*** bahea: Bi aipamen korreferentzia-kate berean biltzen ditu, aipamenetatik mendeko perpausak ezabatu ostean gelditzen diren aipamenen buruak berdinak badira. 14. adibidean, [Estatu Batuetako presidentea den Bill Clinton] aipamenari mendeko perpausa kenduko bagenio [Bill Clinton] aipamena lortuko genuke, eta aipamen hori ondoren agertzen den [Bill Clinton] aipamenaren berdina da, beraz, baheak korreferentzia-kate berean biltzen ditu.

   (14) [Estatu Batuetako presidentea den Bill Clinton] itxaropentsu agertu zen [kazetarien] aurrean. [Bill Clinton] Irakeko gerraz mintzatu zen.
   Korreferentzia-katea: [Estatu Batuetako presidentea den Bill Clinton] -> [Bill Clinton]

4. ***Precise Constructs*** bahea: Bi aipamen korreferenteak direla ebazten du baldin eta aposizio-egituran daude (15. adibidea), predikazio-egituran daude (16) edo akronimoak dira (17).

   (15) [Ibarretxe], [EAEko lehendakaria], etorri da.
   Korreferentzia-katea: [Ibarretxe] -> [EAEko lehendakaria]

   (16) [Ibarretxe] [lehendakaria] da.
   Korreferentzia-katea: [Ibarretxe] -> [lehendakaria]

   (17) [Euskal Autonomi Erkidegoa] [hiru probintziaz] osatua dago. [Aurten] [bisitari ugari] izan dira [[EAE] ikustera etorri direnak].
   Korreferentzia-katea: [Euskal Autonomi Erkidegoa] -> [EAE]

5. ***Strict Head Match A*** bahea: Ondorengo hiru murriztapen hauek aldi berean betetzen badira, bi aipamenak korreferentetzat hartzen ditu:
   - *Entity Head Match*: Aipamenaren buruak, aurrekari hautagaiaren (testuan lehenago agertu den aipamena) entitateko aipamenen bururen batekin parekatu behar du.
   - *Word Inclusion*: Entitate bateko *stopword*[1] ez diren hitz guztiak, aurrekariaren entitatean ere egon behar dute.
   - *Compatible Modifiers Only*: Aipamen baten modifikatzaile guztiak aurrekari hautagaiak ere izan behar ditu. Modifikatzaile gisa, izen arruntak eta adjektiboak kontsideratzen dira.

   18. adibideko aipamenei begiratzen badiegu, [Madrileko Auzitegi Gorenera] eta [Auzitegi Gorenera] aipamenek korreferenteak izateko hiru baldintzak betetzen dituzte. Bi aipamenen buruak *Auzitegi* dira, beraz lehen baldintza betetzen da. Stopwordak ez diren hitz guztiak, *Auzitegi* eta *Gorenera* badaude aurrekariaren entitatean, hortaz, bigarren baldintza ere betetzen da. Azkenik, bi aipamenek ez dute elkarrekin bateraezinak diren modifikatzailerik, *Madrileko* izen berezia baita eta ez izen arrunta. Ondorioz, bi aipamenak korrefentzia-kate berean biltzen dira. Aldiz, [kotxe gorrian] eta [kotxe berdean] aipamenak

[1] Esanahirik gabeko hitzak, hala nola, puntuazio-ikurrak, artikuluak...

ez dira korreferentetzat kontsideratuko. Ez baitira bigarren baldintza (berdean hitza ez dago aurrekariaren entitatean) eta hirugarrena (berdean eta gorrian hitzak modifikatzaile bateraezinak dira) betetzen.

(18) [Garzon epailea] [kotxe gorrian] iritsi zen [Madrileko Auzitegi Gorenera]. [Auziperatua] berriz [kotxe berdean] heldu zen [Auzitegi Gorenera].
Korreferentzia-katea: [Madrileko Auzitegi Gorenera] -> [Auzitegi Gorenera].
Ez dira korreferenteak: [kotxe berdean] eta [kotxe gorrian].

6. ***Strict Head Match B*** bahea: *Strict Head Match A* bahearen aldaera bat da. Bi aipamen korreferentetzat kontsideratuko dira, *Entity Head Match* eta *Word Inclusion* murriztapenak betetzen badira. Bahe honetan *Compatible Modifiers Only* murriztapena ez da aplikatzen.
7. ***Strict Head Match C*** bahea: Bahe hau ere *Strict Head Match A* bahearen aldaera bat da. Kasu honetan, bi aipamen korreferentzia-kate berean bilduko dira baldin eta *Entity Head Match* eta *Compatible Modifiers Only* murriztapenak betetzen badira. *Word Inclusion* murriztapena ez da aplikatzen.
8. ***Proper Head Word Match*** bahea: Burutzat izen berezi berdina duten bi aipamen korreferentetzat hartzen ditu, baldin eta ez badute kokapen-bateraezintasunik, ezta bateraezintasun numerikorik ere. Bahe honek 19. adibideko [Taman Salam] eta [Salam] aipamenak korreferentzia-kate berean bilduko lituzke, bi aipamenen burua izen berezi berdina (*Salam*) delako eta bien artean ez dagoelako ez kokapen-bateraezintasunik ez eta numerikorik ere. Aldiz, ez lituzke bilduko [Libano] eta [Libano hegoaldean], nahiz eta bien buruak izen berezi berdinak izan (*Libano*), kokapen bateraezintasun bat dute, bigarren aipamenak *hegoaldea* adierazten du eta lehenengoak ez.

(19) [Tamam Salam] arduratuta dago [[Libano] [azken egunetan] jasaten ari den atentatuak] dela eta. [Salam] [[[Libano hegoaldean] izandako atentatuak] sortutako kalteak] ikusten izan da.
Korreferentzia-katea: [Taman Salam] -> [Salam].
Ez dira korreferenteak: [Libano] eta [Libano hegoaldean].

9. ***Relaxed Head Match*** bahea: Lehen aipatutako *Entity Head Match* murriztapena erlaxatzen du, eta aipamen baten burua aurrekari hautagaiaren entitateko hitz baten berdina izatea eskatzen du soilik. Erlaxazio horri esker, adibidez, [Baltasar] aipamena hiru aipamen hauez [Garzon], [epailea], [Audientzia Nazionaleko epaile Baltasar Garzon] osatutako entitatearekin biltzen du. Bahearen doitasuna mantentzeko, *Entity Head Match* murriztapen erlaxatuaz gain *Word Inclusion* murriztapena ere bete behar da.
Korreferentzia-katea: [Garzon] -> [epailea] -> [Audientzia Nazionaleko epaile Baltasar Garzon] -> [Baltasar]
10. ***Pronoun Resolution*** bahea: Izenordainei dagokien korreferentzia-katea identifikatzeaz arduratzen da. Izenordainak eta aurrekariak honako murriztapenak bete behar dituzte korreferentetzat kontsideratzeko: numero-, genero- eta pertsona-ezaugarri berdinak izan behar dituzte, biek bizidun edo biek bizigabe izan behar dute, aurrekaria entitate izenduna bada, entitatearen motak bat etorri behar du izenordainaren motarekin, eta izenordainaren eta aurrekarien arteko distantziak 3 esaldikoa baino txikiagoa izan behar du.

(20) [Palaciosentzat], [ordura arteko [[bere] idoloak]] [malkoei] ezin eutsiz ikustea izan zen [gogorrena].
Korreferentzia-katea: [Palaciosentzat] -> [bere].

Sistemaren arkitektura guztiz modularra izanik, erraz integra daitezke korreferentzia-ebazpenerako bahe berriak; hori dela eta, ingelesa ez beste hizkuntzetarako ere nahiko erraz egokitzen ahal da. Dakigunez, ingelesa eta euskara ezaugarri desberdineko hizkuntzak dira. Euskara hizkuntza eranskaria eta ordena librekoa da, ingelesa aldiz ez. Ondorioz, sistemaren egokitzapenean euskararen ezaugarriak kontuan hartu behar izan dira, eta bahe batzuk egokitu eta bahe berriak sortu.

Sistemak IXA taldeko analisi-katearekin prozesatutako testuak eta garatutako aipamen-detektatzailearen irteera jasotzen ditu sarrera moduan. Horiek erabiliz, gai da euskarazko testuetako korreferentzia-erlazioak identifikatzeko.

Egokitzapen-prozesuan morfologiaren erabilera sakonagoa egiten dugu, hizkuntza eranskariaren ezaugarriak hobeto lantzeko. Adibidez,*Exact Match* baheak [Milosevicek], [Milosevic], [Milosevici]... bezalako aipamenak ez lituzke korreferentzia-kate berean lotuko. Nahiz eta beraien lemak (*Milosevic*) berdinak izan, *Exact Match* baheak guztiz berdinak diren aipamenak lotzen ditu, hau da, forma berdina duten aipamenak. Ingelesez kasu horiek aipamenaren mugetatik kanpo dauden preposizio bidez adieraziko lirateke, adibidez, “to [Milosevic]”, “with [Milosevic]”... beraz, formak begiratzea nahikoa da, baina euskara bezalako hizkuntza eranskari batean ez.

Arazo hau dela eta, *Exact Match* egokitu dugu eta *Exact Morphology Match* izena eman diogu.

11. ***Exact Morphology Match*** bahea: Bi aipamen korreferentzia-katea berean elkartzen ditu beraien lemak, numeroa eta mugatasuna berdinak badira.

    (21) [Txori polita] ikusi du [gizonak]. [Txori politak] txio egin dio.
    Korreferentzia-katea: [Txori polita] -> [Txori politak]

    (22) [Txori politak] ikusi ditu [gizonak]. [Txori politak] txio egin dio.
    Ez dira korreferenteak: [Txori politak] -> [Txori politak].

Inplementatu dugun bahe honek, 21. adibideko [Txori polita] eta [Txori politak] aipamenak korreferentzia-kate berean lotuko lituzke. Deklinabidea kenduta *txori polit* berdina da bi aipamenetan, eta biak singular mugatuak dira. Aldiz, ez lituzke 22. adibideko [Txori politak] eta [Txori politak] lotuko, nahiz eta bi aipamenak berdinak izan, bai formaz bai lemaz, lehenengoa plural mugatua da eta bigarrena berriz singular mugatua, alegia, beraien numeroak ez datoz bat.

Ondoren, bahe bakoitza euskarara egokitzeko egin ditugun moldaketak azalduko dira.

*Relaxed String Match* baheari dagokionez, bahea egokitu dugu euskarazko mendeko perpausak identifikatu eta bi aipamenen konparaketa egiteko, bati mendeko perpausa kendu ostean. Kasu honetan ere, bi aipamenak konparatzerako orduan, lemaren erabilera egiten da formaren ordez, eta numeroa eta mugatasunaren murriztapenak betetzea eskatzen da bi aipamenak korreferentetzat hartzeko.

*Precise Constructs* bahean ere egin ditugu aldaketak. Euskaraz aposizio eta predikazio egiturak detektatzeko tresnak integratu ditugu bahe honetan.

*Strict Head Match A, B eta C* baheak egokitzeko *Entity Head Match* murriztapena aldatu dugu, aipamenen buruen formak begiratu ordez, aipamenen buruen lemak, numeroa eta mugatasuna konparatzen dira.

*Proper Head Word Match* bahean aipamen-buruen lemak konparatzen dira egokitu dugun bahe berrian, ingelesekoan aldiz formak.

*Relaxed Head Match* bahean ere, aipamen-buruen formak begiratu ordez, buruen lemak eta aipamenen numeroa eta mugatasuna konparatzen dira, bi aipamen korreferenteak diren edo ez erabakitzeko.

*Pronoun Resolution* bahean ere egin ditugu aldaketak. Bahe honetan, zehazki, izenordainak identifikatzeko sistemak erabiltzen duen zerrenda euskaratu dugu. Horretaz gain, izen bizidunen eta bizigabeen zerrenda egokitu da euskararako.

Egokitzapenarekin amaitzeko, sisteman integratu dugun *Ellipsis* bahe berria azalduko dugu. 3.1 azpiatalean aipatu dugun moduan, euskaraz bada maila morfosintaktikoan ematen den elipsia, eta horrelako egiturak aipamentzat hartzen ditugu. Ingeleserako sistemak ez dauka aipamen mota horiek tratatzeko inolako baherik, ingelesez ez baita fenomeno hori gertatzen. Euskaraz, ordea, aipamen eliptiko horiek bere aurrekariarekin lotzeko beharra ikusi dugu, eta hori dela-eta bahe berria sortu da. Bahe horri esker, 23. adibidean agertzen den [kalitate handikoak] bezalako aipamen eliptikoak bere aurrekariarekin, kasu honetan [Marcelo Nicola eta Walter Guiñazu], lotzeko gai gara.

(23) [[Marcelo Nicola] eta [Walter Guiñazu]] [oso gazteak] ziren arren, [kalitate handikoak] ziren, eta [etorkizun oparoa] zuten.
Korreferentzia-katea: [Marcelo Nicola eta Walter Guiñazu] -> [kalitate handikoak]

Behin korreferentzia-sisteman proposatutako aldaketak eginda, honen ebaluazio bat egin dugu. Lortutako emaitzak 2. taulan ikus daitezke. Erabilitako metrikak korreferentzia-ebazpena ebaluatzeko erabiltzen diren ohiko metrikak dira (Pradhan *et al.*, 2014).

| Metrika | R | P | $F_1$ |
|---|---|---|---|
| MUC | 36.63 | 44.34 | 40.11 |
| $B^3$ | 58.34 | 64.08 | 61.08 |
| $CEAF_m$ | 58.52 | 60.00 | 59.25 |
| $CEAF_e$ | 60.99 | 58.71 | 59.83 |
| BLANC | BS 39.13 | 47.64 | 42.44 |
| CONLL | | | 53.67 |

2 Table: Korreferentzia-sistemaren emaitzak.

Lortutako emaitzak ezin dira beste hizkuntzetan egin diren lanekin konparatu, baina sistemaren egokitzapena egin aurretik lortutako emaitzarekin (48.67) alderatuta, 5 puntuko hobekuntza lortu da.

## 4 Ondorioak

Euskarazko testuetan korreferentzia-ebazpena egiteko gai den sistema bat garatu dugu. Horretarako, lehenik aipamen-detektatzaile bat sortu dugu, aipamenen azterketa linguistiko batean oinarrituta eta FST teknologia erabiliz. Lortutako emaitzak onak izan dira.

Ondoren, korreferentzia-ebazpenerako sistema eraginkor bat euskararako egokitu dugu, hizkuntzaren ezaugarriak kontuan hartuta. Korreferentzia-sistema honek automatikoki detektatutako aipamenak erabiltzen ditu korreferentzia-erlazioak sortzeko. Horrela, testu soiletik hasita analisi-urrats guztiak automatikoki egiten dira korreferentzia-kateak lortu arte.

Sistemaren garapenean, EPEC corpusa ere aberastu dugu, aipamenak eta korreferentzia-erlazioak etiketatuz.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunean, aipamen-detektatzailearen ebaluazio kualitatibo bat egin nahi dugu, egiten dituen erroreak aztertu eta horiek konpontzeko irtenbideak topatzeko.

Korreferentzia-ebazpenerako sistemari dagokionez, egokitzapen prozesuarekin jarraitu nahi dugu, baheak hobetuz eta beharra balego berriak sortuz. Hobetze-bide horretan, beharrezkoa ikusten dugu korreferentzia-ebazpenerako sistemaren ebaluazio kuantitatibo nahiz kualitatibo bat egitea, erroreak aztertu eta beraien kausa jakiteak hobekuntzarako bide berriak eskainiko baitizkigu. Korreferentzia-erlazio zailenak ebazteko ikasketa automatikoko teknikak erabiltzeko aukera ere aztertzen ari gara.

Hizkuntza arteko korreferentzia-ebazpenaren bidea ere urratu nahi dugu, hau da, corpus paraleloak (testu berdinak hizkuntza desberdinetan eta parekatuta dituzten corpusak) erabiliz, hizkuntza batean ebazten diren korreferentzia-erlazioek beste hizkuntza batekoak ebazteko lagundu dezaketen aztertu nahi dugu.

## Erreferentziak


Aduriz, Itziar, Maxux Aranzabe, Jose Mari Arriola, Maite Atutxa, Arantza Díaz de Ilarraza, Nerea Ezeiza, Koldo Gojenola, Maite Oronoz, Aitor Soroa, eta Ruben Urizar. 2006. Methodology and Steps towards the Construction of EPEC, a Corpus of Written Basque Tagged at Morphological and Syntactic Levels for the Automatic Processing. 1–15. Rodopi. Book series: Language and Computers.

Doddington, George, Alexis Mitchell, Mark Przybocki, Lance Ramshaw, Stephanie Strassel, eta Ralph Weischedel. 2004. The Automatic Content Extraction (ACE) Program–Tasks, Data, and Evaluation. In *Proceedings of Language Resources and Evaluation Conference*, (LREC 2004), 837–840.

Hulden, Mans. 2009. Foma: a Finite-state Compiler and Library. In *Proceedings of the 12th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, (EACL 2009), 29–32, Stroudsburg, PA, USA.

Kummerfeld, Jonathan K., Mohit Bansal, David Burkett, eta Dan Klein. 2011. Mention Detection: Heuristics for the OntoNotes Annotations. In *Proceedings of the Fifteenth Conference on Computational Natural Language Learning: Shared Task*, (CoNLL 2011), 102–106, Stroudsburg, PA, USA.

Laka, Itziar, 1996. A Brief Grammar of Euskara, the Basque Language. http://www.ehu.es/grammar. University of the Basque Country.

Lee, Heeyoung, Angel Chang, Yves Peirsman, Nathanael Chambers, Mihai Surdeanu, eta Dan Jurafsky. 2013. Deterministic Coreference Resolution Based on Entity-centric, Precision-ranked Rules. *Computational Linguistics* 39.

Mihálz, Márton. 2008. Knowledge-based Coreference Resolution for Hungarian. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'08)*, Marrakech, Morocco. European Language Resources Association (ELRA).

MUC-6. 1995. Coreference Task Definition (v2.3, 8 Sep 95). In *Proceedings of the Sixth Message Understanding Conference (MUC-6)*, 335–344, Columbia, Maryland, USA.

MUC-7. 1998. Coreference Task Definition (v3.0, 13 Jul 97). In *Proceedings of the 7th Message Understanding Conference (MUC-7)*, Fairfax, Virginia, USA.

Nguy, Giang Linh, Václav Novák, eta Zdeněk Żabokrtský. 2009. Comparison of Classification and Ranking Approaches to Pronominal Anaphora Resolution in Czech. In *Proceedings of the SIGDIAL 2009 Conference*, p. 276–285, London, UK. Association for Computational Linguistics, Association for Computational Linguistics.

Ogrodniczuk, Maciej, eta Mateusz Kopeć. 2011. End-to-end Coreference Resolution Baseline System for Polish. In *Proceedings of the 5th Language & Technology Conference: Human Language Technologies as a Challenge for Computer Science and Linguistics*, ed. by Zygmunt Vetulani, 167–171, Oznań, Poland.

Pradhan, Sameer, Xiaoqiang Luo, Marta Recasens, Eduard Hovy, Vincent Ng, eta Michael Strube. 2014. Scoring Coreference Partitions of Predicted Mentions: A Reference Implementation. In *Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers)*, 30–35. Association for Computational Linguistics.

——, Alessandro Moschitti, Nianwen Xue, Olga Uryupina, eta Yuchen Zhang. 2012. CoNLL-2012 Shared Task: Modeling Multilingual Unrestricted Coreference in OntoNotes. In *Proceedings of the Sixteenth Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL 2012)*, Jeju, Korea.

——, Lance Ramshaw, Mitchell Marcus, Martha Palmer, Ralph Weischedel, eta Nianwen Xue. 2011. CoNLL-2011 Shared Task: Modeling Unrestricted Coreference in OntoNotes. In *Proceedings of the Fifteenth Conference on Computational Natural Language Learning: Shared Task*, (CoNLL 2011), 1–27, Stroudsburg, PA, USA.

Pradhan, Sameer S., Eduard Hovy, Mitch Marcus, Martha Palmer, Lance Ramshaw, eta Ralph Weischedel. 2007. OntoNotes: A Unified Relational Semantic Representation. In *Proceedings of the International Conference on Semantic Computing*, (ICSC 2007), 517–526, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.

Recasens, Marta, 2010. *Coreference: Theory, Annotation, Resolution and Evaluation*. University of Barcelona tesia.

——, Lluís Màrquez, Emili Sapena, M. Antònia Martí, Mariona Taulé, Véronique Hoste, Massimo Poesio, eta Yannick Versley. 2010. SemEval-2010 task 1: Coreference Resolution in Multiple Languages. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Semantic Evaluation*, (SemEval 2010), 1–8, Stroudsburg, PA, USA.

Sobha, Lalitha Devi, Rk Rao Pattabhi, R. Vijay Sundar Ram, Cs. Malarkodi, eta A. Akilandeswari. 2011. Hybrid Approach for Coreference Resolution. In *Proceedings of the Fifteenth Conference on Computational Natural Language Learning: Shared Task*, (CoNLL 2011), 93–96, Stroudsburg, PA, USA.

Soraluze, Ander, Olatz Arregi, Xabier Arregi, Klara Ceberio, eta Arantza Díaz de Ilarraza. 2012. Mention Detection: First Steps in the Development of a Basque Correference Resolution System. In *KONVENS 2012, The 11th Conference on Natural Language Processing*, Vienna, Austria.

Stoyanov, Veselin, Nathan Gilbert, Claire Cardie, eta Ellen Riloff. 2009. Conundrums in Noun Phrase Coreference Resolution: Making Sense of the State-of-the-Art. In *Proceedings of the Joint Conference of the 47th Annual Meeting of the ACL and the 4th International Joint Conference on Natural Language Processing of the AFNLP*, 656–664, Suntec, Singapore.

Uryupina, Olga. 2008. Error Analysis for Learning-based Coreference Resolution. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2008)*, Marrakech, Morocco. European Language Resources Association (ELRA).

——. 2010. Corry: A System for Coreference Resolution. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Semantic Evaluation*, 100–103, Uppsala, Sweden. Association for Computational Linguistics.

——, eta Alessandro Moschitti. 2013. Multilingual Mention Detection for Coreference Resolution. In *Proceedings of the Sixth International Joint Conference on Natural Language Processing*, 100–108, Nagoya, Japan.

## 6 Eskerrak eta oharrak

Lan hau Euskara Errektoreordetzaren (UPV/EHU) doktore-aurreko beka batek, Ber2Tek proiektuak (IE12-33) eta IXA taldea, A motako ikertalde finkatuari (IT344-10) EJk emandako diru laguntzak finantziatua izan da.

# Epai-prozesuetan peritatze arkitektonikoen kasuistika.

Leon I.
*1 Donostiako Arkitektura Goi Eskolaren Arkitektura Saila,*
*2 Donostiako Unibertsitate Eskola Politeknikoa, Eraikuntza Graduko Koordinatzailea.*
*inigo.leon@ehu.es*

***Laburpena***

Auzi prozesuarekin erlazionatutako peritatze arkitektonikoen kasu ezberdin eta ugarien azterketak balio digu, alde batetik, garatzeko adituen peritatzea eta prestatzeko ahozko bistaren defentsa; eta, bestetik, ulertzeko garrantzi handiko osagai batzuen ikasketarako interesa duten alderdiak.

Gatazka baten ondoren, prozesu osoen azterketatik abiatzen gara; hau da, gutxienez, existituko da izendapen judizialeko peritatze bat eta prozedura amaitzen duen sententzia bat. Orduan, epaitza aztertzen da, eta peritu judizialaren irizpenarekin duen lerrokatzea edo ez, peritu arkitektoaren ardura albo batera utzi gabe, noski.

Hitz gakoak: peritatze arkitektonikoak- peritu judiziala- peritu arkitektoa.

***Abstract***

*The analysis of a wide range of architectural expertise cases, related to the judicial process, helps us to understand those aspects of interest for the study of certain elements of great importance, both for the preparation of expert opinion and to his defense at the hearing.*

*After a dispute end in judgment, we'd start to analyze the complete processes, which may include, at least, the valuation of judicial appointment, and the expert opinion commissioned by the parties. In these processes, it is analyzed whether there is alignment between the verdict and the ruled by the court expert, without neglecting the responsibility of the expert architect.*

*Keywords: Architectural expertise/ court expert /expert architect*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Arkitekturako ikasketak burutu dituztenek (Goi Mailako Arkitektoek, Arkitekto Teknikoek), duela gutxi arte, haien ikas kredituen artean, ez zuten peritatze edota irizpen txostenekin erlazionaturiko gairik. Arkitektura, Hirigintza eta Eraikuntzarekin erlazioa duten alderdi legalak aztertzen baziren ere, ez zuten peritatzeei zuzenduriko berariazko edukirik.

Agerikoa da arkitekto oro ezin aritu daitekeela peritu on bat bezala; izan ere, peritu ona izateko behar diren jarrera konkretuak (irizpide bat egiteko teknika menperatu, ahozko bista batean parte hartzeko gaitasuna izan) ez dira arkitekto profesional guztiengan ematen eta, askotan, eskamendu luzearen ondorioz baino ez baitira lortzen .

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Ez dezagun ahantzi, askotan, arkitekto perituak ohituta daudela, bere arloko profesional onak diren heinean, lanbide horren "arauen" erabilpenera; baina, horrek ez dakar berekin, beti, epai-prozesuak ezartzen dituen arauak ezagutzea (edota haiekin ados izatea).

Arkitekto on oro ezin izan daiteke peritu ona; baina peritu on guztiek izan beharko lukete bere lan-arloko profesional onak. Epai-perituen zerrendek, haien kalitatea bermatzeko hainbat baldintza finkatzen zituzten, baina konpetentzia librera jotzen duten lege berriek berme hori murrizten dute; eta, beraz, edozein arkitektok (egoki prestaturikoak zein beste edozein) alderdi bateko peritu nahiz epai-peritu izateko aukera izango du..

Ikerketa honen helburua, peritu izango diren arkitektoei lagungarri izango zaizkien hainbat irizpide eskaintzea da, eta bereziki aztertutako kasu ezberdinetan agertzen diren okerrak eta gabeziak zeintzu diren erakustea, hauek berriro eman ez daitezen.

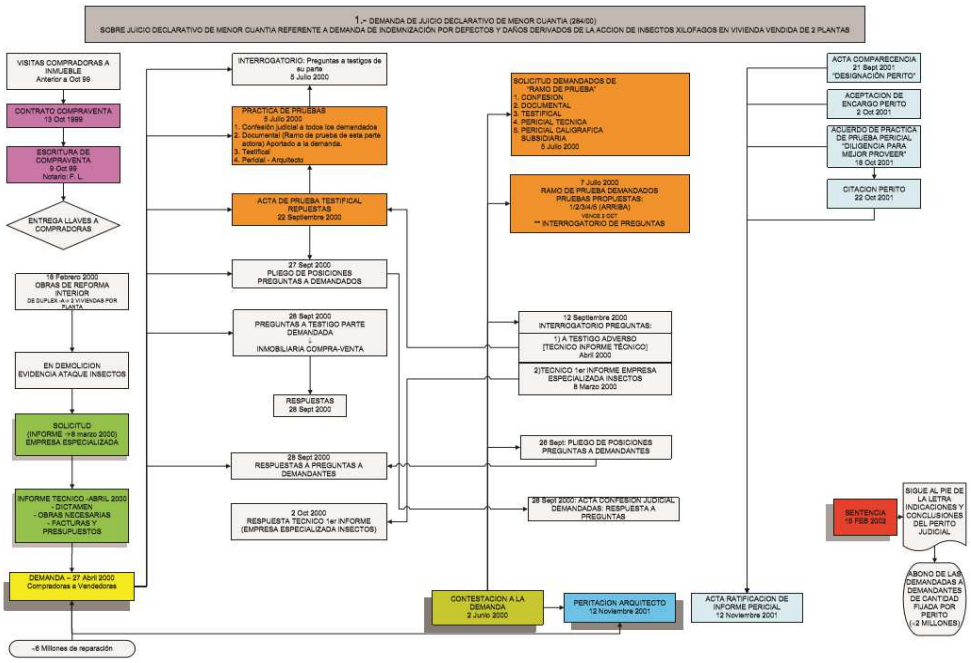
## 3. Ikerketaren muina

44 gatazka prozesu oso, eta adituen 81 txosten ezberdinen irakurketa eta antolakuntza egin ondoren, Perituen aktibitatea aztertuta, hainbat atal ezberdinek duten eragina antolatuz bideratu da ikerketa.

Ezinbestekoa izan da gatazka kasu bakoitzaren kronologia fluxu-grama patroi bat asmatu eta eredu hori jarraituta guztiak irizpide komun batekin egokitzea, bertan, peritazio, demanda-erantzun eta sententzia ezberdinen arteko erlazioa bide onetik ulertzeko. Fluxu-grama hauetan, kolore ezberdinak garrantzia hartzen dute, hara nola: gorriak sententzia azaleratzen du; urdin argiak peritatze judiziala; berdez adituen beste peritazio eta txostenak; horiak demandak eta kakiak demanda erantzunak, besteak beste.

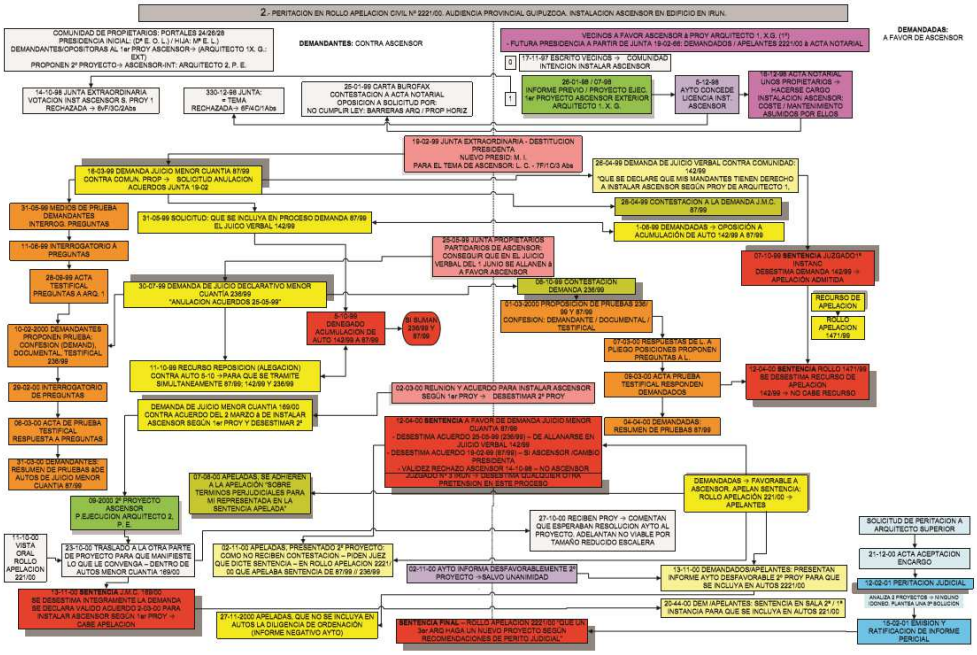
Honela kasu bakoitza tipifikatu eta sailka daiteke, sortzen diren "argazki koloretsu" ezberdinen arteko konparaketa eginaz.

**1. irudia. Peritazio eta Sententzia bakarreko, gatazkaren kronologia fluxu-grama**




Fluxu-grametan koloreak duten garrantzia azpimarratzeko, barneko testuen bereizmena nahita baztertu da, testuak ez dutelako arreta bideratu behar.

**2. irudia. Peritazio eta Sententzia anitzeko, gatazkaren kronologia fluxu-grama**



## 3.1 Perituaren aurre kondizionanteak

Peritu guztiak gaude baldintzatuak peritatze bat idazten hasten garenean. Kontrakoa uste duenak, horren kontziente ez delako baino ez da. Baldintzatua izatea, berez, negatiboa da, baina okerrena norberak dakarren baldintzapen hori hor dagoela ez jakitean edo onartzean datza.

Baldintzapenak osagai ugari ditu, etab bi azpitaldetan sailka daitezke:

- Baldintzapen kontzienteak
- Baldintzapen inkontzienteak

Gure aurretiko baldintzapenak onartzea zaila izaten da, perituak ez baitu onartzen bere burua “baldintzatua” egotea. Hala ere, baldintzapena beti existituko da, eta horren aurka borrokatzeak ez du zentzurik; izan ere, ditugun aurretiko baldintzapenak ezagutzen ditugun neurrian, haien eragina murriztuko da irizpide txostena egiterakoan.

## 3.2 Hizkera

Epai-prozesuan, eragile bakoitzak bere hizkuntza propioa erabiltzen du eta, oro har, besteekiko desberdina. Garrantzitsua izango da, beraz, perituak hizkuntza horien guztien ezaugarriak ezagutzea, eta haien eraginetik at mantentzea. .

Dena den, perituaren hizkerak soila, argia eta ulergarria beharko luke izan; azken finean, hartzaileak ez dira gaian adituak izaten, eta askotan, epai-gaia ere ez dute egoki ezagutzen .

Perituaren araua da ematen duen informazioa (idatzizkoa nahiz grafikoa) egiazkoa, objektiboa, arrazoitua izatea. Batzuetan, alderdi batek kontrataturiko perituek ikuspegi hori galtzen dute, eta elementu horietakoren bat galtzen dute beren bezeroen interesetara hurbiltzeko.

## 3.3 Egiatasuna

LEC-eko 335.2 artikuluaren arabera, perituak behartuta daude beti egia esatera eta beren berezko aktibitateen zina onartzera. Beraz, kontrako alderdiko irizpidek indargabetzeko darabiltzaten argudioak teknikoak eta zehatzak behar dute izan, inoiz egia estali gabe; nahiz eta, horren ondorioz, irizpidea egiteko agindua eman dien alderdia kaltetu.

Hori bai, egiaren kontzeptua, prozesu judizialean, ez dator bat kanon konkretu batekin. Prozesuaren jatorria gertakizun batetiko ados ez dauden bi alderdien arteko liskarra izaten da. Arazoa ez da izaten, bada, gertaera ezberdinak egotea, baizik eta gertakari horiek ikusteko ikuspegi desberdinak izatea (bai interes ekonomikoen ondorioz bai gure izaerak gertakizun horiek modu diferente batean ikustarazten dizkigulako).

Peritua egiatia izan behar da eta argi izan behar du bere aktibitatearekiko erantzukizuna duela. Bere irizpidea dela eta, alderdietako batek edo epaileak ulertuko balu perituaren parte-hartzea desegokia izan dela, perituak ondorioak jasan beharko lituzke.

## 4. Ondorioak

Ez da menperatzen berariazko legedia (Prozedura Zibilaren Legea <P.Z.L>, Prozedura Kriminalaren Legea <P.K.L>, eta erlazioa duten beste hainbat) .

Ez da ezagutzen prozesu judizialaren funtzionamendua.

Ez dago nahikoa eskarmentua epaiketei dagokionean: maneiatu beharreko denborak, parte hartzaileekiko tratua, joko arauak…etab. Eta, dudarik gabe, ez da menperatzen eztabaida-leku konkretu horri dagokion ahozkotasuna.

Arkitektoak “arauak dioena betetzera” ohituta daude, ez “iritzia ematera”. Agindutakoa betetzeko, arau zehatzak daude (Eraikuntzaren Kode Teknikoa…etab) eta arau horiei heldu behar zaie. Eginkizuna objektiboa da, eta nahikoa izaten da “betetzen da” moduko esaldiak erabiltzea. Iritzia ematea hareago doa: gehienetan ez dago bete beharreko arau argi bat, ez da nahikoa arauak betetzen diren ala ez esatea, eta datu objektibo eta neurgarriak aurkeztu behar dira.

Teknikoek, askotan bi kontzeptuak nahasten dituzte, eta bien arteko desberdintasuna argi izan behar da. Arkitektoak bezero batentzako lan egiten duenean, arauak “bete” behar ditu hura pozik izan dadin; iritzia ematen duenean, berriz, zuzen jokatu behar du, nahiz eta horren ondorioz bere bezeroa kaltetu. Ulertu behar dugu egiaren adiera berri baten aurrean gaudela. Hirigintzan, egiazkotasuna zehatza da, eta bere gabeziak ez du zentzurik. Oinarria araua betetzen dela arrazoitzea da. Epai-prozesuan, aldiz, gutxienez 3 egia topatuko ditugu: auzi-jartzailearena, demandatuarena, eta benetan gertatutakoa. Kasu horretan, egia bakartzat hartzen badugu, bezeroekiko eta letraduekiko erlazioa zaildu baino ez dugu egingo.

Ez dugu iritzi bat defendatzeko ohitura, eta are gutxiago besteen iritzien aurka joatekoa. Uste dugu gure iritzia bakarra izango dela, eta ez dugu bidezko ikusten haren aurkako iritziak agertzea. Abokatuak beste modu batera aritzen dira: besteen erabakiei aurka egitera, “legez kanpo” dauden eginkizunak defendatzera eta beste abokatuen alde nahiz aurka erraztasunez aritzera ohituta daude; baita, ondorioz, inongo buruhausterik ez izatera ere.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Arkitekturaren munduan, eta nola ez, peritu adituen ardura eta betebeharren esparruan sortzen ari diren lege berrien eta arauen aldaketa ezberdinek sortzen dituzten inpaktuak aztertzea.

Hauetatik abiatuz, orain arte garatutako azterketan lortutako ondorioak egokitzea edo eta osatzea litzateke.

## 6. Erreferentziak

Borrell, A. (2002): *Los arquitectos peritos en asuntos judiciales y el nuevo marco legal: la LOE y la LEC*. COAM, Madril.

Font, E. (2002): *El dictamen de peritos y el reconocimiento judicial en el proceso civil*. Ed. La Ley. Madril.

Huete, R. (2009): *Criterios y recomendaciones para la elaboración del dictamen técnico de un edificio*. Ed. COA Sevilla.

Leon, I. (2014): *Análisis de casuística de peritaciones arquitectónicas en procesos judiciales*. Tesia UPV-EHU. Donostia.

Sardiza, J. (2005): *Guía del arquitecto perito.* Ed. Fundación COAM, Madril.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau, 2014ko ekainak 6ean, Arkitektura Sailean, Ideia Forma eta Materia programaren barnean, Bikain Cum Laude kalifikazioa jasotako "Análisis de casuística de peritaciones arquitectónicas en procesos judiciales" tesitik eratorria da.

Egileak, esker ona adierazi nahi dio nire tesi zuzendari izandako Jose Antonio Pizarro Asenjo Doktore Arkitektoari, hain atsegina egin zaidan ikerlan honetan irakatsi didan guztiagatik eta nireganako izan duen adeitasunagatik.

# Kernel hautapen dinamikoa Optimizazio Bayesiarrean

**Ibai Roman, Roberto Santana, Alexander Mendiburu** eta **Jose A. Lozano**

Intelligent Systems Group
Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)
Manuel de Lardizabal 1. 20018. Donostia. Gipuzkoa.

**Laburpena**

Optimizazio Bayesiarra Prozesu Gaussiarren bitartez egiten denean, kernel batzuk beste batzuk baino hobeto egokitzen dira helburu-funtziora. Lan honetan, kernel hauek dinamikoki aldatzeko aukera aztertu dugu, hobekuntza-probabilitatean oinarriturik. Kernelen hautaketa aurrera eramateko bost irizpide aurkeztu eta helburu-funtzio ezagunen bidez ebaluatu ditugu. Lortutako emaitzen arabera, irizpide hauek algoritmoaren errendimendua hobetzen dute kernel egokiena aurretiaz ezezaguna denean.

**Hitz gakoak:** Optimizazio Bayesiarra, Prozesu Gaussiarrak, Optimizazio Orokorra

**Abstract**

*In Bayesian Optimization, when using a Gaussian Process prior, some kernels adapt better than others to the objective function. This research evaluates the possibility of dynamically changing the kernel function based on the probability of improvement. Five kernel selection strategies are proposed and tested in well known synthetic functions. According to our preliminary experiments, these methods can improve the efficiency of the search when the best kernel for the problem is unknown.*

**Keywords:** Bayesian Optimization, Gaussian Process, Global Optimization

## 1 Sarrera eta motibazioa

Optimizazio orokorraren xedea helburu-funtzio baten maximo edo minimo globala bilatzea da. Jorratu ditugun optimizazio problemetan helburu-funtzioaren adierazpen analitikoa ezezaguna da. Problema hauei kaxa-beltzeko funtzio deritze (Jones *et al.*, 1998). Demagun, adierazpen analitikoa ezezaguna izateaz gain, helburu-funtzioa ebaluatzearen kostua handia dela. Gure problemetan helburu-funtzioaren lagin bat hartzeko, denbora edo bestelako baliabide ugari kontsumitu beharko ditugu. Bestalde, funtzioaren aldagaiak jarraiak izango dira, eta bilaketa aldagai hauen mugen barruan gauzatuko da.

Gehienetan, ebaluatzeko garestiak diren kaxa-beltzeko funtzio hauek optimizatzeko, bilaketa prozesu iteratibo bat jarraitzen da. Ondorioz, bilaketan zehar eman beharreko pausuak kontu handiz hautatu behar dira. Optimizazio problema honi aurre egiteko bi estrategia posible proposatu dira literaturan:

**Esperimentuen diseinua** Helburu-funtzioaren ebaluazio kopurua gutxitzea, pausu bakoitzean beronen ezagutza-irabazia maximizatuz.

**"Multi-armed bandit"** Metatutako irabazia handitzea, esplorazio eta esplotazioaren arteko oreka bilatuz.

Bata edo bestea gauzatzeko Optimizazio Bayesiarra-k (OB) (Mockus, 1989) emaitza itxaropentsuak eman ditu dagoeneko (Jalali *et al.*, 2013; Garnett *et al.*, 2010). Kontrakoa dirudien arren, 2010-ean Srinivas *et al.*-ek bi estrategia hauek erlazionatuta daudela frogatu zuten. OB-ean helburu-funtzioa ausazko funtzio bezala hartzen da, "a priori" banaketa bat esleituz. Ondoren, funtzioa ebaluatzearekin batera, banaketa hau informazio berriarekin eguneratzen da, "a posteriori" banaketa bat kalkulatuz.

Helburu-funtzioaren ezaugarriren bat ezaguna baldin bada, leuntasuna adibidez, "a priori" gisa Prozesu Gaussiarrak (PG) erabili daitezke ezagutza honi etekina ateratzeko (Mahendran *et al.*, 2012; Wilson *et al.*, 2014). PG-ak dimentsio anitzeko banaketa gaussiar edo normalak dira, non bilaketa esparruko puntu bakoitzerako banaketa normal bat emango baituten.

Kernelaren arabera, PG-ak helburu-funtzioaren ezaugarri batzuk ala besteak aintzat hartzen ditu eta baita optimoa bilatzeko eman beharreko pausu kopurua nabarmenki jaitsi ere. Horregatik, teknika hauek erabiltzean kernelaren hautapena erabaki garrantzitsua da.

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

PG-en arloan kernelaren hautapena sakonki aztertu den arren (Rasmussen eta Williams, 2006), beti ikuspuntu estatiko batetik planteatu da. Funtzioaren ezaugarriak aztertu, kernela hautatu, eta ondoren hasten da optimizazio prozesua.

Kaxa-beltz funtzio garestien kasuan, optimizazioaren kostua arbuiagarria bihurtzen da ebaluazioaren kostuaren aurrean. Posible da hortaz, kernela hasieratik hautatu beharrean, prozesuan zehar PG anitz kalkulatzea, bakoitza kernel ezberdin batekin, kostu globala nabarmen aldatu gabe. Pausu bakoitzean kernel baten edo bestearen arteko hautua egingo litzateke, ordura arte irabazitako ezagutzaz baliatuz.

Lan honen helburua posibilitate hau ikertzea da. Horrez gain, kernela dinamikoki hautatzeko irizpideak proposatu eta aztertzea.

## 3 Ikerketaren muina

Atal honen xedea esperimentuak aurrera eramateko hartu ditugun erabakiak azaltzea da. Lehenik eta behin, kernel funtzioak deskribatu ditugu. Ondoren, eskuratze-funtzioa aurkezten da, hautapen irizpideekin batera. Azkenik, esperimentuen emaitzak argitaratu ditugu.

### 3.1 Kernel Funtzioak

Kernel funtzioak PG-aren funtsezko atala dira. Funtzio hauek PG-aren kobariantza matrizea sortu, eta prozesuaren erabilgarritasuna erabat baldintzatzen dute. Lan honetan, kernel finkoak bakarrik izan ditugu kontutan. Kernel hauen emaitza puntuen arteko distantziaren araberakoa da, beraien posizio absolutuak arbuiatuz ($r = ||x' - x||$).

1 Taulak erakusten duen moduan, sei kernel finko hautatu dira. $l$ eskala hyper-aldagaia da eta $\sigma_n$-k zarata adierazten du.

| Kernel Funtzioak | |
|---|---|
| $k_{SE}(r) = exp\left(-r^2/2l^2\right) + \sigma_n$ | $k_{M32}(r) = \left(1 + \sqrt{3}r/l\right) exp\left(-\sqrt{3}r/l\right) + \sigma_n$ |
| $k_{M52}(r) = \left(1 + \sqrt{5}r/l + 5r^2/3l^2\right) exp\left(-\sqrt{5}r/l\right) + \sigma_n$ | $k_E(r) = exp\left(-r/l\right) + \sigma_n$ |
| $k_{E15}(r) = exp\left(-\left(r/l\right)^{1.5}\right) + \sigma_n$ | $k_{RQ2}(r) = \left(1 + r^2/4l^2\right)^{-2} + \sigma_n$ |

1 Taula: Kernel Funtzioak. $k_{SE}$: *Squared Exponential*. $k_{M32}$: *Matern* 32. $k_{M52}$: *Matern* 52. $k_E$: *Exponential*. $k_{E15}$: $\gamma$-*exponential*. $k_{RQ2}$: *Rational Quadratic*.

### 3.2 Hobekuntza Probabilitatea eskuratze-funtzio bezala

Ebaluatuko den hurrengo puntua hautatzeko, OB-ak eskuratze-funtzio bat erabiltzen du ($u(\cdot)$). Funtzio honek, bilaketa espazioko puntu bakoitzak duen baliagarritasuna [1] adierazten du. Horretarako, orain arte ebaluatutako puntuek sortutako PG-ean oinarritzen da. Gainera, funtzio honek esplorazio eta esplotazioaren arteko oreka bilatzeko ere balio du.

Era berean, bilaketa gidatzeko eskuratze-funtzioa erabiliko da esperimentu honetan. Haatik, PG sorta bat izatean, bakoitzak eskuratze-funtzio ezberdin bat sortzen du. Ondorioz, ebaluatuko den hurrengo puntua hautatzeko, funtzio hauek bata bestearekin alderagarriak izatea beharrezkoa da. Horregatik,

[1] ingelesezko literaturan *utilty* deritzo

*Hobekuntza Probabilitatea*(Kushner eta Yin, 1997) deritzon eskuratze-funtzioa erabili dugu. Funtzio honek orain arteko emaitzarik onena hobetzeko probabilitatea neurtzen du.

Jarraian, eskuratze-funtzioaren adierazpen matematikoa deskribatzen dugu:

$$PI(x) = P(f(x) \geq f(x^+) + \xi) = \Phi\left(\frac{\mu(x) - f(x^+) - \xi}{\sigma(x)}\right)$$

$\mu$ eta $\sigma$ PG-ak ematen dituen media eta bariantza dira, $x^+$ orain arteko punturik onena, $\Phi$ banaketa normala jarraitzen duen zorizko aldagai baten banaketa-funtzioa, eta $\xi$ esplorazioa eta esplotazioaren arteko oreka bermatzen duen aldagaia. Aurreko ikerketek (Lizotte, 2008) horrela iradokita $\xi = 0.01$-n finkatu dugu.

### 3.3 Kernela dinamikoki hautatzeko irizpideak

Gure proposamenak, ohizko OB algoritmo bat darrai (Brochu *et al.*, 2009), aldaketa txiki batzuekin. Lehenik, PG-en berritze prozesuan, PG bakoitzak ebaluazioen datu sorta jasotzen du ($D_{1:t}$). Bigarren, puntu berria hautatzen denean, eskuratze-funtzio anitz optimizatzen dira. Azkenik, ondoren azalduko ditugun kernel hautapen irizpideak jarraiki, PG bakoitzak proposatutako puntu onenen artean onena hautatzen da.

1 Algoritmoa: **Proposaturiko optimizazio algoritmoa**

```
1  Puntu bat zoriz hautatu eta ebaluatu: y_1 = f(x_1)
2  Datu-sorta hasieratu D_1 = {(x_1, y_1)}
3  PG-ak hasieratu ← D_1
4  t = 2
5  do {
6      PG bakoitzak (k) eskuratze-funtzioa optimizatuz puntu bat proposatzen du :
       x_{t,k} = argmax_x u_k(x|D_{1:t-1})
7      Puntu onena hautatu x_t ← choose (x_{t,k})
8      Helburu-funtzioa ebaluatu: y_t = f(x_t)
9      Datu-sorta eguneratu D_{1:t} = {D_{1:t-1}, (x_t, y_t)}
10     PG-ak eguneratu ← D_{1:t}
11     t+ = 1
12 } until geldiera baldintzak bete
```

1 Algoritmoan oinarriturik, kernela dinamikoki hautatzeko ondorengo irizpideak jarraitu ditugu:

**DynamicRandom** PG-ek proposatutako puntuak ausaz hautatzen dira optimizazio prozesuan zehar.

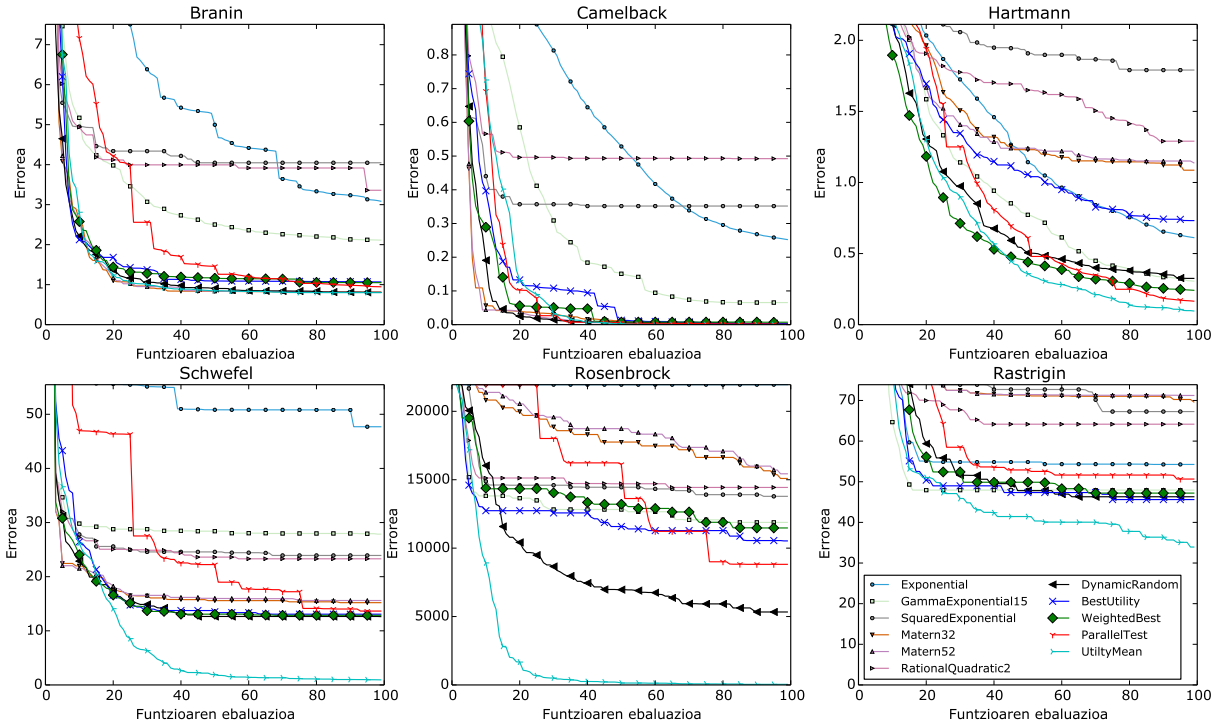
**BestUtility** PG-ek proposatutako puntuen artean, eskuratze-funtzioan duten baliagarritasunaren arabera onena hautatzen da hurrengo pausurako.

**WeightedBest** eskuratze-funtzio bakoitzari pisu bat esleitzen zaio ($u_k^*(x) = u_k(x)w_{k,t}$). Hasiera baten pisu guztiek 0.5 balio dute. Ebaluazioaren ostean, hobekuntza neurtzen da, eta horren arabera hautatua izan den eskuratze-funtzioaren pisua eguneratzen da ($w_{k,t+1} = w_{k,t}(\Phi(i_{t-1}) + 0.5)$), besteen pisuak bere horretan geratzen direlarik ($w_{k,t+1} = w_{k,t}$).

**ParallelTest** Hasierako pausuan, PG guztiek puntu bat proposatzen dute, eta puntu guzti hauek ebaluatzen dira. Eskuratze-funtzioaren arabera baliagarritasun handiena duen puntua eman duen PG-a hautatzen da. Hurrengo $N$ pausuetan PG hau bakarrik hautatzen da, eta ondoren prozesua errepikatzen da. Gure esperimentazioan $N = 20$ erabili dugu.

| | Exponential | GammaExponential15 | SquaredExponential | Matern32 | Matern52 | RationalQuadratic2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Branin | 653.83 | 382.67 | 508.29 | 207.35 | 209.06 | 492.32 |
| Camelback | 71.02 | 38.27 | 44.03 | 10.88 | 10.29 | 57.31 |
| Hartmann | 141.06 | 104.81 | 205.18 | 149.69 | 146.79 | 174.52 |
| Schwefel | 5934.99 | 3610.52 | 3267.92 | 2518.78 | 2560.76 | 3220.60 |
| Rosenbrock | 3266480.68 | 2385382.31 | 2559072.46 | 2892357.10 | 2941860.40 | 2582973.94 |
| Rastrigin | 6120.38 | 5443.13 | 7617.92 | 7830.09 | 7844.48 | 7047.10 |

| | DynamicRandom | BestUtility | WeightedBest | ParallelTest | UtiltyMean |
|---|---|---|---|---|---|
| Branin | 207.26 | 234.54 | 240.55 | 362.29 | 224.62 |
| Camelback | 12.52 | 17.11 | 14.09 | 23.14 | 20.94 |
| Hartmann | 90.22 | 125.37 | 77.02 | 99.44 | 78.82 |
| Schwefel | 2325.86 | 2427.06 | 2276.88 | 3865.39 | 1509.75 |
| Rosenbrock | 1949197.30 | 2295975.53 | 2430911.09 | 2572203.21 | 1304177.74 |
| Rastrigin | 5803.88 | 5499.70 | 5772.56 | 6419.66 | 4940.36 |




1 Irudia: Bataz-besteko errorea funtzio ebaluazio bakoitzean.

**UtilityMean** eskuratze-funtzio bakoitza optimizatu beharrean, eskuratze-funtzio orokor bat sortzen da beste hauen media eginez ($u(x) = \sum_{k=1}^{n} \frac{u_k(x)}{n}$). eskuratze-funtzio orokor honen optimoa izango da ebaluatuko den hurrengo puntua.

## 3.4 Esperimentuen emaitzak

Esperimentuen helburua kernela dinamikoki hautatzeko irizpideen errendimendua ebaluatzea da eta kernela estatiko mantentzen duten estrategiekin alderatzea. Horretarako, 3.3 Atalean azaldu ditugun irizpide dinamikoak eta 3.1 Ataleko kernelak estatikoki erabiliz, sei test funtzio ezagun optimizatu ditugu: Branin-Hoo, Camelback, Hartmann 6d, Schwefels, Rosenbrock and Rastrigin (Eggensperger *et al.*, 2013).

Branin eta Camelback funtzio sinpleak dira eta bi aldagai dituzte soilik. Schwefel, Rosenbrock eta Rastrigin funtzioak berriz, 4 aldagairekin ebaluatu ditugu. Azkenik, Hartmann funtzioa da optimizatuko dugun konplexuena, 6 aldagai baititu.

Estrategia dinamiko eta estatiko hauekin, sei funtzioetan, 100 ebaluazio egin ditugu. Ebaluazio bakoitzean, helburu-funtzioaren maximoaren ($f(x^*)$) eta orain arteko puntu onenaren ($f(x_t^+)$) arteko tartea kalkulatu dugu. Neurri honi, errorea($e_t$) deituko diogu eta honela definituko dugu: $e_t = f(x^*) - f(x_t^+)$. Metatutako errorea ($E_t$) erabiliko dugu funtzio bakoitzean estrategia onena erabakitzeko: $E_t = \sum_{t=1}^{T} e_t$. Prozesu estokastikoa denez, froga bakoitza 25 aldiz exekutatu dugu, errorearen media aritmetikoa kalkulatuz.

Esperimentuak gauzatzeko software berri bat garatu dugu, 1 Algoritmoa eta *choose* funtzioak inplementatuz. Kernel bakoitzaren hyper-aldagaiak doitzeko Rasmussen eta Williams-ek aurkeztutako teknika erabili dugu, egiantz handiena duen aldagai sorta bilatuz. Bestalde, eskuratze-funtzioa optimizatzeko, DIRECT algoritmoa erabili dugu (Jones *et al.*, 1993), Brochu *et al.*-k 2009-n erabili bezala.

1 Irudiak esperimentuaren emaitzak erakusten ditu. Bertan, kernel estatikoarekin eta hautapen irizpide dinamikoekin egindako frogak alderatzen dira. Lerroetako puntu bakoitzak 25 ebaluazioetan izandako bataz-besteko errorea azaltzen du. 2 Taulak berriz, irizpide bakoitzak prozesuan zehar metatutako errorea erakusten du.

Branin-Hoo, Camelback funtzioetan, $Matern$ kernelek dute errendimendurik onena estrategia estatikoen artean. Estrategia dinamikoek ez dute lortzen emaitzak hauek hobetzerik. Alabaina, beste estrategia estatikoen alderatuz errore txikiagoa metatzen dute. 4 aldagai dituzten Schwefel, Rosenbrock eta Rastrigin funtzioetan berriz, pareko emaitzak lortzen dituzte estrategia dinamiko eta estatikoek. Bertan, nabarmentzekoa da $UtilityMean$ irizpidearen errendimendua, hiru kasuetan emaitza onena lortzen duelarik. Azkenik, Hartmann funtzioan, estrategia dinamikoek estrategia estatikoen emaitzak hobetzen dituzte ia kasu guztietan. $GammaExponential15$ kernela estatikoki darabilen estrategia soilik da gai $BestUtility$-ren emaitzak gainditzeko.

## 4 Ondorioak

Prozesu Gaussiarren kernela dinamikoki aldatuz, Optimizazio Bayesiarraren emaitzak hobetzeko aukera aztertu dugu. Horretarako, Optimizazio Bayesiarraren algoritmoa egokitu eta bost irizpide dinamiko aurkeztu ditugu. Irizpide hauek eskuratze-funtzioak adierazten duen baliagarritasunean oinarritzen dira. Esperimentuetan, estrategia dinamiko hauen errendimendua, orain arteko estrategia estatikoekin alderatu dugu. Horrela, software berri bat garatu dugu, estrategia dinamiko eta estatiko hauek 6 helburu-funtzio ezagunetan frogatzeko. Emaitzen arabera, OB-ean kernel ezberdinak erabiltzeak prozesuaren errendimendua asko hobetu dezake. Hala ere, emaitza hauek helburu funtzioaren araberakoak dira eta aldagai kopuruaren menpekotasuna dute. Nabarmentzekoa da, $UtilityMean$ estrategiak erakutsi duen errendimendua frogatu dugun helburu-funtzio guztietan.

## 5 Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honen emaitzek ikerketa ildo honetan jarraitzera bultzatzen gaituzte. Alde batetik, kernelen hiperaldagaiak doitzeko teknika berriak frogatu daitezke. Oraingoan, 2014-an egin genuen esperimentazioa (Roman *et al.*, 2014) hobetu dugu, non aldagai hauek aurretiaz adierazten baikenituen. Ildo honetan Snoek *et al.* (2012)-ek, eta Wang eta de Freitas (2014)-ek planteatzen dituzten teknikak ere erabil daitezke emaitzak hobetzeko. Bestalde, kernela dinamikoki hautatzeko irizpide berriak bilatzea interesgarria litzateke, batez ere, eskuratze-funtzioak uztartzearen ideiari jarraiki.

## Erreferentziak


Brochu, Eric, Vlad M. Cora, eta Nando de Freitas. 2009. A Tutorial on Bayesian Optimization of Expensive Cost Functions, with Application to Active User Modeling and Hierarchical Reinforcement Learning. Technical Report TR-2009-23, Department of Computer Science, University of British Columbia.

Eggensperger, Katharina, Matthias Feurer, Frank Hutter, James Bergstra, Jasper Snoek, H Hoos, eta Kevin Leyton-Brown. 2013. Towards an empirical foundation for assessing Bayesian optimization of hyperparameters. In *Workshop on Bayesian Optimization in Theory and Practice*.

Garnett, Roman, Michael A Osborne, eta Stephen J Roberts. 2010. Bayesian optimization for sensor set selection. In *Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks*, 209–219. ACM.

Jalali, Ali, Javad Azimi, Xiaoli Fern, eta Ruofei Zhang. 2013. A Lipschitz Exploration-Exploitation Scheme for Bayesian Optimization. In *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases*, 210–224. Springer.

Jones, Donald, Matthias Schonlau, eta William J. Welch. 1998. Efficient Global Optimization of Expensive Black-Box Functions. *Journal of Global Optimization* 13.455–492.

Jones, Donald R., Cary D. Perttunen, eta Bruce E. Stuckman. 1993. Lipschitzian optimization without the Lipschitz constant. *Journal of Optimization Theory and Applications* 79.157–181.

Kushner, Harold J., eta G. George Yin. 1997. *Stochastic Approximation Algorithms and Applications*. New York, NY: Springer New York.

Lizotte, Daniel James, 2008. *Practical Bayesian Optimization*. Edmonton, Alta., Canada: University of Alberta tesia. AAINR46365.

Mahendran, Nimalan, Ziyu Wang, Firas Hamze, eta Nando D. Freitas. 2012. Adaptive MCMC with Bayesian optimization. In *International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, 751–760.

Mockus, Jonas. 1989. *Bayesian approach to global optimization*. Springer.

Rasmussen, C. E., eta C. K. Williams. 2006. *Gaussian processes for machine learning*. MIT Press.

Roman, Ibai, Roberto Santana, Alexander Mendiburu, eta Jose A. Lozano. 2014. Dynamic Kernel Selection Criteria for Bayesian Optimization. Montreal, Canada.

Snoek, Jasper, Hugo Larochelle, eta Ryan P Adams. 2012. Practical Bayesian Optimization of Machine Learning Algorithms. In *Advances in Neural Information Processing Systems 25*, ed. by F. Pereira, C. J. C. Burges, L. Bottou, eta K. Q. Weinberger, 2951–2959. Curran Associates, Inc.

Srinivas, Niranjan, Andreas Krause, Sham Kakade, eta Matthias Seeger. 2010. Gaussian Process Optimization in the Bandit Setting: No Regret and Experimental Design. In *Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML-10), June 21-24, 2010, Haifa, Israel*, 1015–1022.

Wang, Ziyu, eta Nando de Freitas. 2014. Theoretical Analysis of Bayesian Optimisation with Unknown Gaussian Process Hyper-Parameters. *arXiv:1406.7758 [cs, stat]* . arXiv: 1406.7758.

Wilson, Aaron, Alan Fern, eta Prasad Tadepalli. 2014. Using Trajectory Data to Improve Bayesian Optimization for Reinforcement Learning. *J. Mach. Learn. Res.* 15.253–282.

# Polimerozko Zuntz Optiko Mikroegituratuen Diseinua eta Fabrikazioa Sentsore Optikoen Garapenerako

Arrospide E.[(1)], Durana G.[(2)], Aldabaldetreku G.[(2)], Zubia J.[(2)]

*(1) Bilboko Industria Ingeniaritza Teknikoko Unibertsitate Eskola, Rafael Moreno "Pitxitxi" 3 Pasealekua, 48013 Bilbo*

*(2) Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa, Urkixo Zumarkalea z/g. 48013 Bilbo*

*eneko.arrospide@ehu.eus*

***Laburpena***

Polimerozko zuntz optiko mikroegituratuek (PZOm) aukera berriak gehitzen dizkiete ohiko polimerozko zuntz optikoei. PZOm-ak fabrikatzeko erabilitako aurreformaren zulozko egitura-diseinua aldatuz, ezaugarri ezberdinak dituzten zuntzak lortzen dira. POFm-ek argiaren gidapena material zurrun zein airean ahalbidetzen dute, polimerozko zuntz optikoz eginiko sentsoreen arloan abagune berriak zabalduz. UPV/EHUko Fotonika Aplikatua Taldeak ikerketa lerro berri bat ireki du, PZOm-en fabrikazioa. Lan honetan, polimeroz egindako zuntz berezi hauen fabrikazio-prozesua azaltzen da.

*Hitz gakoak: POZm, fabrikazioa, zuntz optikoa, sentsore optikoak*

***Abstract***

*Microstructured Polymer Optical Fibres (mPOFs) add a new range of opportunities to conventional optical fibres. Changing the geometry of the holey structure in the original preform, properties of the end fiber can be controlled. mPOFs give the possibility to guide light in air or solid materials, opening new possibilities in optical sensing applications. The Applied Photonics Group from the University of the Basque Country (UPV/EHU) launched a new research line devoted to mPOF fabrication. In this describe briefly the manufacturing process of these specialty fibres made of polymers.*

*Keywords: POFm, fabrication, optical fiber, optical sensing*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Historikoki zuntz optikoen erreferentzia-sektorea komunikazioak izan dira. Zuntz optikoek kobrezko kableek baino galera eta interferentzia gutxiago dituztenez, interneteko, telefoniako eta kable bidezko telebistako seinaleak bidaltzeko telekomunikazio konpainien transmisio euskarri gustukoena bihurtu da.

Zuntz optikoak haatik sentsore optiko gisa ere erabil daitezke, kanpo eragile baten eraginpean zuntzaren propietate optikoren batean (argi-intentsitatea, polarizazioa, fluoreszentzia, eta abar) gertatzen den modulazioa aprobetxatuz. Modulazio hori aztertuz, hain zuzen ere, kanpo-eragileari (presioa, korronte elektrikoa, eta abar) buruzko informazioa lor daiteke.

Urteetan zehar, polimerozko zuntz optikoa (PZO) beirazkoaren ahizpa txikia izan bada ere transmisio galerak direla eta, polimeroen teknologian ematen ari diren etengabeko aurrerapenek elkarren arteko distantzia izugarri asko murriztu dute. Horren seinale da gaur egun, PZO-ak merkatu-mota desberdinetan –adibidez, argiztapena, ibilgailu-industria eta distantzia laburreko datuen transmisioa– izan duen barneratzea.

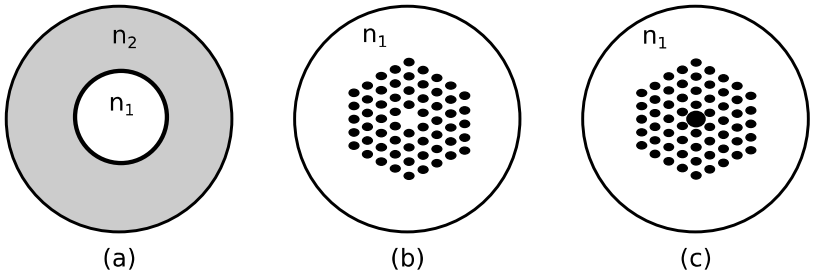
Azken urteetan PZO arruntaren eboluzio gisa PZO berri bat agertu da, polimerozko zuntz optiko mikroegituratua (PZOm) hain zuzen ere. Zuntz mota horretan zulo-banaketa jakin batek osatutako mikroegitura zuntzaren luzera guztian zehar hedatzen da. PZOm-ek PZO arruntek baino askoz ere aukera gehiago ematen dituzte, egituraren diseinua aldatze hutsarekin zuntzaren ezaugarri optikoak nahitara alda baitaitezke.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Zuntz optiko arruntetan (1(a) irudia) errefrakzio-indize txikiko ($n_2$) estaldurak errefrakzio-indize handiagoko nukleoa ($n_1$) inguratzen du. Nukleoan dagoen argi izpi batek Snellen legeak ezarritako angelu kritikoa baino angelu txikiago batekin erasotzen badu estaldura, guztiz islatuko da. Beraz, argiaren gidapena barne islapen osoan (BIO) oinarritzen da. Errefrakzio-indize desberdinak nukleoko edo estaldurako polimeroa dopatuz, edo bi material desberdin erabiliz lortzen dira. PZO arruntenetan polikarbonatoa da estaldurarako erabiltzen den materiala eta polimetilmetakrilatoa (PMMA) nukleorako.

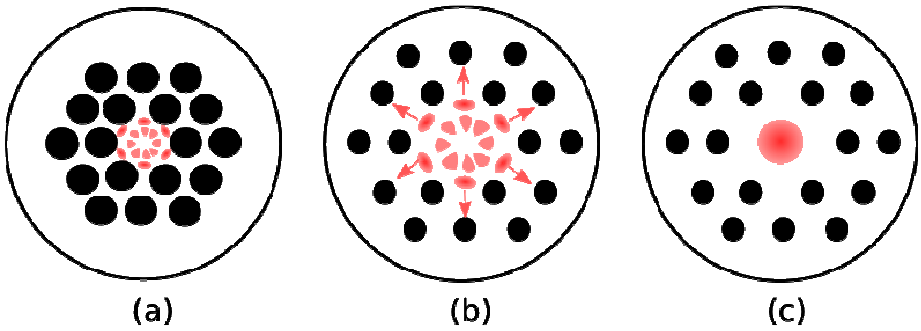
PZOm-ak fabrikatzeko normalean matrize polimeriko bakarra erabiltzen da, errefrakzio-indize txikiko estaldura zulozko mikroegiturarekin lortzen baita. PZOm-ak bi motatakoak daude, nukleo zurrunezkoak (NZ-PZOm-ak) eta nukleo hutsezkoak (NH-PZOm-ak).

**1. irudia. (a) Zuntz optiko arrunta. (b) NZ-PZOm baten adibidea. (c) NH-PZOm baten adibidea.**




NZ-PZOm-etan (1(b) irudia) PMMAz osatutako nukleo zurrunaren errefrakzio indizea zulozko egiturarena baino handiagoa denez argiaren gidapen-mekanismoa ere BIOan oinarritzen da. PZOm mota horiekin mikroegiturako zulo-banaketa aldatze hutsarekin, PZO arruntekin ezinezkoak diren ezaugarriak lor daitezke. Horrela, posible da birrefringentzia handiko edo modu bakarreko zuntzak lortzea. 2(a) irudian ikusten den legez, zuntzeko hedapen-moduek ihes egiteko daukaten bide bakarra zuloen arteko PMMAzko zubiak dira. Zuloek tamaina handikoak badira elkarren ondoko bi zuloren zentroen arteko distantziarekin konparatuta, goi-ordenako moduak ere ezin izango dute nukleotik ihes egin, eta bertan konfinatuta geratuko dira. Zuloen tamaina txikitzen den heinean, elkarren ondoko bi zuloren zentroen arteko distantzia konstante mantenduz, (2(b) irudia), goi-ordenako moduak ihes egiten hasiko dira, arik eta modu bakarra konfinatuta geratu arte (Russell, 2003). Kasu horretan zuntz modubakardun baten aurrean aurkituko gara (2(c) irudia).

**2. irudia. (a) goi-ordenako moduak nukleoan ihes egin ezinik. (b) Goi-ordenako moduak nukleotik ihes egiten. (c) Zuntz modubakarduna**




ZH-PZOm-etan (1(c) irudia) aldiz, BIO bidezko gidapena ezinezkoa da, Zuntzaren nukleoko errefrakzio-indizea estaldurarena baino txikiagoa delako. Kasu horretan argiaren gidapena banda fotoniko debekatuko efektuaren bidez gertatzen da. Era honetako zuntzetan argia gasetan eta likidoetan konfina daiteke, elkarrekintza bortitza bultzatuz. Konfigurazio hau oso egokia da sentsoreen diseinurako.

Honek, airean edo likidoetan (errefrakzio indize baxua dute) argia gidatzea posible egiten du, fluidoen sentsoreetan aukera berriak zabalduz.

## 3. Ikerketaren muina

Bilboko Fotonika Aplikatua Taldeak hamabost urte baino gehiago daramatza polimerozko zuntz optikoak aztertzen, bere ezaugarrien araberako aplikazio desberdinak sortuz, batik bat sentsore optikoen eremuan. Azken urteetan ikerkuntza lerro berri batean murgildu da, PZOm-en diseinuan eta fabrikazioan, hain zuzen ere, nagusiki sentsore optikoen diseinu eta fabrikazioan erabiltzeko asmoarekin.

PZOm-en fabrikazioan 2 fase nagusi bereizten dira. Lehenengoan, PMMAzko zilindro monolitiko batetik abiatuz, zuntzak izango duen mikroegitura-diseinu bereko aurreforma makrometrikoa fabrikatzen da. Bigarren fasean, tiraketa-dorre bat erabiliz aurreforma berotu eta ondoren tiratu egiten da, hasierako egitura bera duten zuntz mikrometrikoak lortu arte.

Aurreformaren fabrikazioa

Polimeroen kasuan aurreforma lortzeko fabrikazio-teknika desberdinak dauden arren (kapilare-metaketa, estrusioa, galdaketa, moldaketa, eta abar) (Large et al., 2007), txirbil-harroketa bidezko mekanizazio-prozesua da aurreforma lortzeko teknika erabiliena (ikus 3(a) irudia). Zenbakizko Kontrol Konputerizatua (ZKK) duten mekanizazio-zentroek doitasuneko akabera daukaten aurreforma konplexuak fabrikatzea ahalbidetzen dute, aurreforma zeharkatzen duten zuloen barne gainazaletako zimurtasuna murriztuz eta barautsa luzeen erabilerak sor ditzakeen zuloen okertze txikiagoa lortuz.

**3. irudia. (a) Aurreforma ZKK bidezko mekanizazio-zentroan. (b) mailaz mailako errefrakzio-indizeko PZOm baten aurreforma bukatua.**



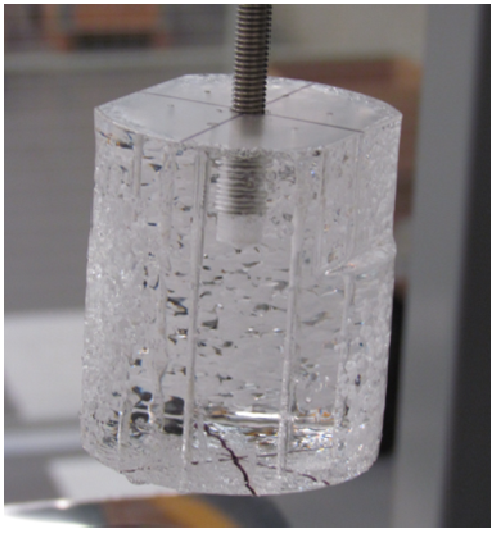
Teknika horretan ZKK duten mekanizazio-zentroek mikroegituraren diseinu berrien prototipoak lortzeko malgutasun handia ematen dute zuloen tamaina eta banaketa desberdinak txertatzeko aukera emanez (ikus 3(b) irudiko adibidea). Beiraren kasuan, haatik, teknika hau erabiltzerik ez dago beiraren hauskortasuna dela eta; arrazoi honengatik, hain zuzen ere, beiraz eginiko zuntz optiko mikroegituratuetan mikroegituraren diseinu posibleak mugatuagoak dira.

Lehenengo fase honetan azpimarratzekoa da, burdina eta altzairua ez bezala, polimeroa material biguna delako ZKK bidezko mekanizazio-prozesuan erabili beharreko parametroen (barauts-mota, ebaketa-abiadura, ebaketa-sakonera, eta abar) balioak erabat desberdinak direla, eta beraz, hauek doitzea ezinbestekoa dela; hori egin ezean, aurreformaren fabrikazioan sortzen diren problema larrienak polimeroaren urtzea, zuloen barne-gainazalaren zimurtasuna eta zuloen zuzentasun-eza dira.

Aurreformaren tiraketa

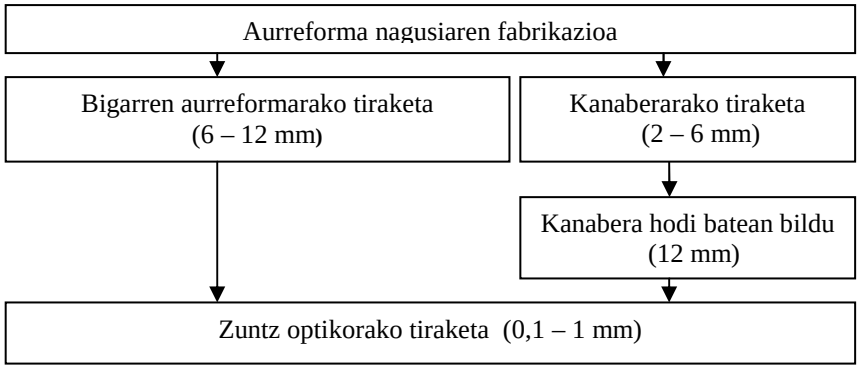
Fase honen arrakasta ziurtatzeko, ezinbestekoa da aurreforma fabrikatzeko erabilitako polimeroak (PMMA gure kasuan, eta orokorrean beste edozein polimero garden) gutxieneko baldintza batzuk betetzea bere pisu molekularrari, saretze-mailari, edo ezpurutasun- eta ur-edukiei dagokienez; bestela, tiraketa-prozesuan 4. irudiko bezalako arazoak sor daitezke, non bero-difusioz monomeroen eta uraren azaleratzeak egindako efektuak behatzen baitiren.

**4. irudia. (a) PMMAzko aurreforma desegoki baten itxura berotu eta gero. Gainazaleko burbuilek beroketa-prozesuaren ondorioz uraren eta monomeroen azaleratzea denotatzen dute.**



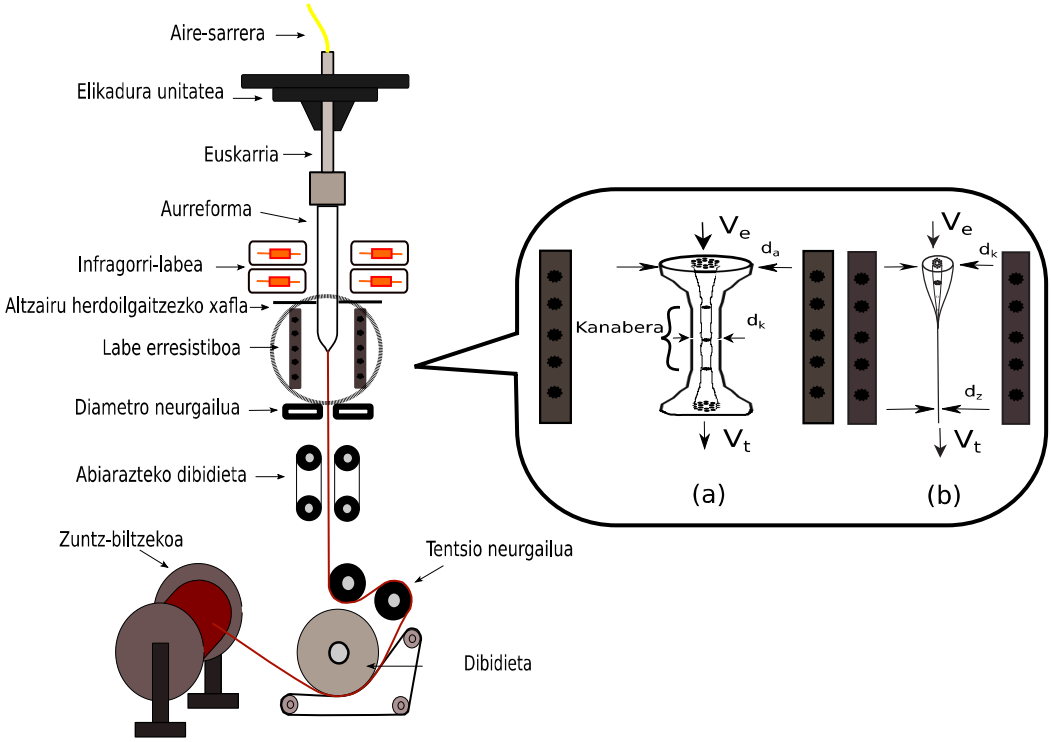
Behin aurreformaren egokitasuna ziurtatuta lehenik aurreforma egokiro berotuz eta ondoren era kontrolatuan tiratuz aurreformaren bertsio mikrometrikora pasatzen gara. Prozesu hori etapa bakar batean egin daitekeen arren, gertatzen den dimentsio-aldaketa bortitza dela eta (zenbait kasutan diametroa 1000 aldiz txikiagoa izatera pasatuz), prozesua bi etapa edo gehiagotan egitea komeni da, batik bat aurreformatik zuntz optikorako eskala-aldaketan gertatzen den egituraren deformazio-maila minimizatzeko.

**1. taula. Aurreforma nagusitik abiatuta PZOm-ak fabrikatzeko aukera desberdinak.**




1. taulako eskema jarraituz, lehen aurreformatik bigarren aurreformarako bide zuzenari jarraituz egin daiteke (1. taulan ezkerreko beheranzko bidea aukeratuz), edo lehenik tiraketa bidez bitarteko kanabera bat lortuz, eta ondoren polimerozko hodi huts batean estuki bilduz (1. taulan eskuineko beheranzko bidea). Deskribatutako kasu bietan zuntz optikoa bigarren aurreforma tiratuz lortzen da.

**5. irudia. Tiraketa-dorrearen eskema. a) Lehen aurreformatik kanaberarako trantsizioa. b) Bigarren aurreformatik zuntz optikorako trantsizioa**




Prozesu osoa aurreformaren beroketarekin hasten da. Infragorri-labean kokatutako aurreformaren tenperaturak polimeroaren beira-trantsizioko tenperatura gainditzen duenean aurreforma labe erresistibora jaisten da, tiraketa-prozesua hasi aurretiko aurreforma-beroketa ahalik eta doitasun handienarekin egiteko asmoz. Aurreformaren eremu beroena behar beste biguntzen denea, tiraketa-prozesuari egiten zaio aurreformari bi abiadura desberdin aplikatuz; bata $V_e$ elikadura-abiadura aurreformaren sarrera-abiadura labean da, eta bestea, $V_t$ tiraketa abiadura aurreformaren irteera-abiadura labetik.

Tiraketa prozesuan baldintza egokiak betetzen direnean masaren kontserbazio printzipioak $V_e$ elikadura abiaduraren, $d_k$ kanabera-diametroaren, $V_t$ tiraketa-abiadura eta $d_z$ zuntz-diametroaren arteko erlazioa definitzen du (Large et al., 2007). Hona hemen emaitza:

$$\frac{d_k^2}{d_z^2} = \frac{V_t}{V_e}. \qquad (1)$$

Adierazpen horren arabera, sarrera-abiaduraren eta tiraketa-abiaduraren arteko zatidurak definituko du diametroa.

## 4. Ondorioak

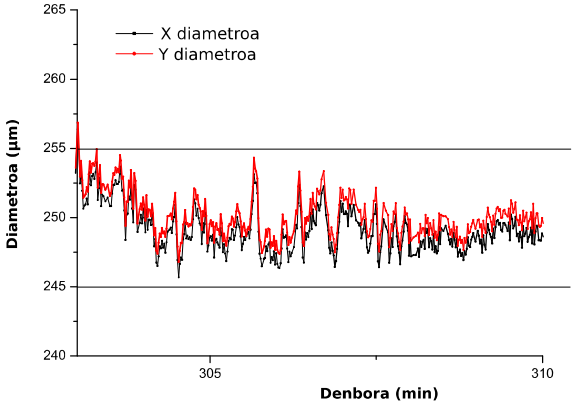
PZOm-en fabrikazio egokiaren arrakasta zenbait parametroren menpe dago:

Lehenik eta behin polimeroaren zenbait ezaugarri -pisu molekularra, saretze-maila, ezpurutasun edukia, eta abar- neurtu eta kontrolpean izan behar dira. Txirbil-harroketa bidezko egituraren mekanizazioan barautsaren, ebaketa-abiaduraren eta ebaketa-sakoneraren hautaketa egokiak ezinbestekoak dira polimerozko bloke zilindrikoan egitura-txertaketa egokia izatea nahi bada.

Azkenik, tiraketa-prozesuan lortutako zuntzaren diametroa ahalik eta egonkorren mantentzeko bi labeen arteko isolamendu termikoa erabakiorra da. Adibidez, 6. irudian,

tiraketa-prozesuan zehar neurtutako zuntz-diametroak elkarren perpendikularrak diren bi norabidetan zehar (x eta y norabideak) duen egonkortasuna beha daiteke; momentu oro diametroa balio izendatuaren (250 μm) % 2-a baino txikiagoa da.

**6. irudia. Tiraketa-prozesuan zehar *x* eta *y* norabideetan zehar neurtutako zuntzaren diametroa**




Kalitatezko PZOm-ak fabrikatzeko parametro bakoitzaren hautaketa egokiena egin beharko da.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Gure tiraketa-dorrean fabrikatutako PZOm-ak sentsoreen garapenerako erabili nahi dira, PZOm-ek eskaintzen dituzten abantailak aprobetxatuz:

- *Gas eta likido desberdinen detekziorako sentsoreak*: PZOm-aren mikroegiturak gas eta likidoak onartzen ditu, eremu berean argia eta materia estuki konfinatuz. Era horretan, argiaren eta materiaren arteko elkarrekintza bortitza bultzatzen da, sentsore optikoen diseinu eta garapenerako oso garrantzitsua dena.
- *Elongazio-sentsoreak:* batetik PZOm-etan hedapen modubakarduna, eta bestetik, polimeroen elastikotasun-maila altua aprobetxatuz (Large et al., 2010).

## 6. Erreferentziak

Large, M.C.J., Blacket, D., eta Bugne, C.A.,(2010): “Microstructured polymer optical fibres compared to conventional POF: Novel properties and applications”, *IEEE Sensors J*. 10(7), 1213-1217

Large, M.C.J., Poladian, L., Barton, G.W., eta van Eijkelenborg, M.A., (2007). *Microstructured polymer optical fibres*, Springer, New York.

Russell, P., (2003): “Photonic Crystal Fibers”, *Science*, 299, 358-363.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan honetan diruz lagundu duten erakundeak Europar Batasuna (Eskualdeen Garapenerako Europako Funtsa) Ministerio de Economía y Competitividad (TEC2012-37983-C03-01), Gobierno Vasco/Eusko Jaurlaritza (IT664-13 eta ETORTEK14/13), Fundación Iberdrola (FP14/25) eta UPV/EHU (UFI11/16 eta US13/09) izan dira.

# Osasuna

# Beta-endorfinaren eragina giza espermatozoideen erreakzio akrosomikoan

Urizar, I[1]; Muñoa, I[1]; Estonba, I[1]; Gianzo, M[1]; Irazusta, J[1] eta Subirán, N[1].
[1] *Universidad del Pais Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)*

*itziar.urizara@ehu.es*

***Laburpena***

Ejakulatu berri diren giza espermatozoideak ez dira obozito bat *in vivo* nahiz *in vitro* ernaltzeko gai. Hori dela eta, emakumearen ugaltze traktuan daudenean, modu sekuentzialean, mugitzeko ahalmena, kapazitazioa eta hiperaktibazioa eta erreakzio akrosomikoa garatu behar dituzte. Espermatozoidearen eta ingurumenaren artean gertatzen diren elkarrekintzen bitartekariak diren zenbait seinalizazio-bide deskribatu dira, eta horietako bat, sistema opioidea da. Beta-endorfina, gizonezkoen zein emakumezkoen ugaltzetraktuan dagoen peptido opioidea da eta dirudienez gizonezkoetan funtzio espermatikoa erregulatzen dihardu. Dena den, gaur egun arte, guztiz ezezaguna da sistema opioideak erreakzio akrosomikoan betetzen duen funtzioa eta horregatik lan honen helburua hori aztertzea izan da. Ikerketa hau, gizonezkoen antisorgailuen garapenean zein lagunduriko ugalketan tresna erabilgarria izan daiteke.

**Hitz gakoak**: Sistema opioidea, ugalkortasuna, erreakzio akrosomikoa, beta-endorfina.

***Abstract***

*Ejaculated sperm cells are immature and infertile and must undergo many modifications to become fertilization competent. These sperm modifications include different processes in the female reproductive tract, such as activation of sperm motility, capacitation and hiperactivation and acrosome reaction. Different intracelular pathways mediate the interactions between the sperm and its environment and the opioid system has an important role on it. Beta-endorphin is an endogenous opioid peptide, which is found in the male and female reproductive tracts and is seem to regulate the sperm pysiology. Until the day, is totally unknown the function that the opioid system plays in the acrosome reaction, so the principal objetive is to investigate it. This research can represent an opportunity for reproductive management, for either in the development of novel targeted contraceptives or in assisted reproduction.*

**Keywords:** Opioid system, fertility, acrosome reaction, beta-endorphin.

## 1. Sarrera eta motibazioa

Gaur egun, 80 milioi pertsona inguruk daukate ugalkortasunarekin erlazionatutako arazoren bat. Honen arrazoiak ugariak izan daitezke, baina hiru kasutatik batean arazoa gizonezkoetan gertatzen dela uste da[1]. Espermatogenesian gertatzen diren akatsak direla eta, espermatozoide ez funtzional edo kalitate baxukoak sortzen dira eta horrek ugalkortasunean arazoak dakartza, espezieen iraungipenean zuzenean eraginez. Espermatozoideak gizonezkoen zelula germinalak dira eta hauen funtzio nagusiena obozitoa ernaltzearena da, zigotoa deritzon zelula totipotentea sortzeko eta hortik aurrera gizabanako oso bat eratu ahal izateko. Espermatogenesian sortutako espermatozoideak ez dira gai *in vivo* nahiz *in vitro* ernaltzeko, eta horregatik ezin dute ernalketaren prestakuntza garatu. Isuriak izan diren espermatozoideak, eraldaketa morfologikoa jasan arren, emakumezkoen ugaltze traktuan gertatzen diren aldaketa fisiologiko eta biokimikoak ere jasan behar dituzte. Modu sekuentzialean, espermatozoideek mugitzeko ahalmena, kapazitazioa eta hiperaktibazioa garatu behar dituzte, eta behin obozitoarekin kontaktuan daudenean, erreakzio akrosomikoa jasan behar dute, honen barrura sartu ahal izateko eta zigotoa eratzeko (Flesh eta Gadella, 2000).

Lehenik eta behin espermatozoideek mugitzeko ahalmena garatu behar dute. Mugikortasuna nahitaezko ezaugarria da ernalkuntza gertatzeko. Izan ere, testikuluetatik eratorriak diren espermatozoideak zelula oso espezializatuak izan arren, oraindik ez dira obulua ernaltzeko gai. Honen arrazoia dakartzaten mugikortasun nulua edo oso ahula izan daiteke, mintz plasmatikoaren heltzea osatua ez dagoelako. Alde batetik, mugikortasun aktiboa daukaten espermatozoideak daude eta horiek

[1] (http://www.who.int/ reproductive-health/ infertility/report.pdf).

bide simetrikoak eta progresiboak egiten dituzte espermatozoidea zuzenki bideratuz oso biskosoak ez diren medioetan barrena (Turner, 2006). Beste aldetik, hiperaktibazioa pairatzen duten espermatozoideak daude. Horiek mugikortasun hiperaktiboa daukate. Prozesu hori kapazitazioarekin batera gertatzen da eta ernalketarako prozesu kritikoa dela onartzen da.

*Kapazitazioa*

Behin, espermatozoideak mugitzeko ahalmena garatu duela, kapazitazioa izeneko prozesua gertatzen da. Lehen aldiz, era independientean, Austinek (1952) eta Changek (1951) deskribatu zuten. Prozesu itzulgarria da, espermatozoideari lotuta dauden faktoreen desagerpenarekin hasten dena. Faktore hauek plasma seminaletik eratorriak dira eta kapazitazioa bukatutzat ematen da espermatozoidea, obuluaren *Zona Pelluzida*-ren estimuluei erantzuteko gai denean. Hori gertatu ondoren, espermatozoidea prest dago erreakzio akrosomikoa jasateko. Kapazitazioan zehar, espermatozoidearen mintz plasmatikoak aldaketa biokimikoak jasaten ditu (Yanagimachi, 1994). Hauen artean aipa daitezke, gainazal zelularrean dauden molekulen berrantolaketatu, mintz plasmatikoaren desantolaketa eta hiperaktibazio espermatikoa . Era horretan, espermatozoidea erreakzio akrosomikoa jasateko prestatzen da (Visconti et al, 2002).

*Erreakzio Akrosomikoa*

*In vivo*, kapazitazioa eta gero gertatzen den prozesu bat da eta espermatozoidearen mintz plasmatikoaren eta kanpo-mintz akrosomalaren arteko fusioaren ondoriozko exozitosian datza. Azkenik barne-mintz akrosomala agerian geratzen da (Patrat et al, 2000). Akrosoman dauden entzimak askatzen dira eta horiek ahalbidetzen dute espermatozoidea granulosaren zelulen artean zeharkatzea. Espermatozoideak obuluaren *Zona Pelluzida*ra elkartzen direnean (ZP3 proteinei esker), akrosomaren kanpo-mintza erabat disolbatu, akrosomaren barneko osagaiak askatu eta horrek espermatozoidea *Zona Pelluzida* zeharkatzea ahalbidetzen du.

Progesterona, ZP3, prostaglandinak, esterolaren sulfatoak, glukosaminglikanoak, besteak beste, erreakzio akrosomikoaren induktoreak dira eta folikuluaren fluidoetan zein *cumulus oophurus* zeluletan aurkitu daitezke. Aipatzekoa da, badaudela induktore sintetiko edo artifizialak: kaltzioaren ionoforoak, lektinak edota neoglikoproteinak (A. Abou-haila et al, 2009).

Erreakzio akrosomikoa zelulako seinalizazio bidekonplexuek bideratzen dute: proteina kinasen aktibazioa eta euren ondoriozko proteina intrazelularren fosforilazioa eta kanal ionikoen aktibazioa (Breitbart et al, 2002; Herrick et al, 2005). Izan ere zitosolean dagoen kaltzioaren kontzentrazioaren igoera nahitaezkoa eta beharrezkoa da akrosomaren exozitosia eta erreakzio akrosomikoa gertatzeko (Patrat et al, 2000). Kaltzioaren igoera hori zenbait eratara gerta daiteke: zelula kanpotik kanaleen bidez sartuta, organuluetan gordeta zegoen kaltzioaren mobilizazioa (akrosomatik edota mitokondriatik)... etab. Beraz, esan daiteke kaltzioa exozitosi akrosomalaren erregulatzaile nagusiena dela (Publicover eta Barrat,1999; Darszon et al, 2001; Lishko et al, 2011).

*Gametoen mintzen fusioa*

Behin espermatozoideak erreakzio akrosomikoa jasan eta *Zona Pelluzida* zeharkatu duela, bi mintz plasmatikoen arteko elkarrekintza gertatzen da. Erreakzio akrosomikoaren ostean, espermatozoidearen gainazala berriro ere berrantolatzen da, barne mintz akrosomala agerian geratuz. Ondoren, obuluaren eta espermatozoidearen mintz plasmatikoaren elkartze eta fusioa gertatzen da segmentu ekuatorialean eta horrela fusioa gameto bakoitzaren alde espezifiko batera mugatzen da (de Lamirande et al, 1997). Gametoen fusioa gertatu eta gero, espermatozoidearen material genetikoa obuluarenean barneratzen da zigoto totipotente bat sortzeko.

Sistema Opioidea

Aurretiaz esan bezala, espermatozoideek modu sekuentzialean, mugitzeko kapazitatea, kapazitazioa eta hiperaktibazioa garatu behar dituzte, eta behin obozitoarekin kontaktuan daudenean, erreakzio akrosomikoa jasaten dute horren barrura sartu ahal izateko eta zigotoa eratzeko. Komunikazio sistema askok erregulatzen dituzte prozesu hauek, sistema opioidea horietako bat da (Subiran et al 2012, Subiran et al 2011, Subiran et al, 2010, Subiran et al, 2008, Agirregoitia et al, 2006, Irazusta et al, 2004, Fernandez et al, 2002).

Sistema opioidea, fisiologian garrantzi handiko prozesu zelularrak erregulatzen dituen komunikazio zelularreko sistema bat da. Batez ere, minaren eta plazerraren erregulazioarekin erlazionatua izan da Nerbio Sistema Zentralean, eta pixkanaka-pixkanaka, ugalkortasuna eta garapena bezalako beste prozesu fisiologikoeekin zerikusia zuela frogatu da (Subiran et al, 2011). Hartzaile opioideak, $G_i/G_o$ proteinetara akoplaturiko hartzaile familiarkoak dira (GPCR) eta 7TM egitura daukate. Hau da, domeinu N- extrazelular bat daukate, 7 mintzarteko domeinu eta bukaerako buztan C-terminala. Hartzaile opioideek aurrera eramaten dituzten seinalizazio bideen artean adenilato ziklasaren inhibizioa, boltai menpeko kaltzio kanalen inaktibazioa, potasio kanalen aktibazioa, kaltzio erreserben mobilizazioa edota MAPK-en transdukzio bideen estimulazioa daude (Waldhoer et al, 2004).

Hartzaile horiek peptido opioide endogeno izeneko peptido bioaktiboen bidez egiten dute lan. Farmakologikoki, hartzaile opioideen hiru mota deskribatu izan dira: delta opioide-hartzailea (DOR), mu opioide-hartzailea (MOR), morfinarekiko duen loturarengatik aurkitua, eta kappa opioide-hartzailea (KOR).

**Sistema opioidea eta ugalkortasuna**

Sistema opioidea, ugalketa funtzioa erregulatzeko gai da maila askotan eta azken ikerketek erakutsi dute fisiologia espermatikoan ere garrantzia duela (Subiran et al, 2011). Giza espermatozoideetan ikusi da sistema opioidearen osagaiak daudela (Liu et al, 1997; Fernandez et al, 2002; Irazusta et al, 2004; Agirregoitia et al, 2006; Subiran et al, 2008; Albrizio et al, 2010). Sistema horrek espermatozoideetan eragin zuzena du eta horregatik ugalketa funtzioaren erregulazioan betekizun garrantzitsua jokatutzen duela proposatzen da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Sistema opioidea ugalkortasunarekin erlazionatzen duten lehen ikerketa funtzionalek mugikortasun espermatikoa aztertu dute. Hartzaile opioideen agonista/antagonista bidez egindako ikerketa farmakologikoek erakutsi dute sistema opioideak mugikortasun espermatikoarekiko efektu bibalentea duela. Izan ere, opioideen kontzentrazio aldagarriak erabiliz, hartzaile desberdinen aktibazioa gertatzen da (Agirregoitia et al, 2006; Albrizio et al, 2005).

Hala ere, sistema opioideak erreakzio akromosomikoan jokatzen duen funtzioa erabat ezezaguna da. Hori dela eta, gure lehen helburua sistema opioideak erreakzio akrosomikoan duen eragina zehaztea izango da, prozesu hau ezinbestekoa baita espermatozoideak obulua ernal dezan. Horretarako beta-endorfina peptido opioidea erabiliko da. Hau gizonaren ugal aparatuan aurkitzen den barne peptido opioidea da eta dirudienez funtzio espermatikoa erregulatzen dihardu. Hala ere, giza espermatozoideen erreakzio akrosomikoan daukan eragina gaur egun ezezaguna da. Hori dela eta, lan honen helburuak ondorengoak dira:

**1. Orokorrak:** Beta-endorfina peptido opioideak giza espermatozoidearen ahalmen ugalkorrean daukan funtzioa behatzea.

**2. Espezifikoak:**

**2.1** Beta-endorfina peptido opioideak giza espermatozoidearen erreakzio akrosomikoan duen funtzioa aztertzea eta zein hartzaile opioidearen bidez burutzen duen akzio hori zehaztea.

[1] (http://www.who.int/ reproductive-health/ infertility/report.pdf).

## 3.Ikerketaren muina

Ikerketarako IVI Bilbao Ugalketa-Klinikan eta Gurutzeta Unibertsitate Ospitaleko Giza-Ugalketa Unitatean lortutako giza-hazi normozoospermikoak erabili ziren, hau da, Osasun Mundu Erakundearen ren (2010) aholkuen arabera, parametro seminal guztiak betetzen zituzten haziak.. Denetara, 200 lagin aztertu dira ikerketa hau aurrera eraman ahal izateko. Giza laginak erabiltzeagatik, ikerketa hau, Euskal Herriko Unibertsitateko Etika Komiteak onartu du (CEISH/61/2011). Espermatozoide mugikorren berreskurapenerako, *swim up* teknika erabili zen hazi freskoan. Teknika hau espermatozoide mugikorren berreskurapenean datza. Izan ere, aberastutako medio batean igeri egiteko gai diren espermatozoideak berreskuratuko dira. Ondoren, 3 orduz kapazitatu ziren %1 behi albumina zuen G-IVF® medioan 37°C-tan eta $CO_2$ %5ean. Ondoren, zenbait inkubazio egin ziren beta-endorfina $10^{-9}$M, naloxona $10^{-5}$M eta $10^{-8}$M eta morfina $10^{-5}$M kontzentrazioetan. Horrez gain, progesterona $10^{-5}$M kontzentrazioarekin inkubazioak egin ziren. Izan ere, progesterona erreakzio akrosomikoaren kontrol positibotzat erabiltzen da. Bestetik beta-endorfina eta naloxonaren ($10^{-5}$M eta $10^{-8}$M) arteko koinkubazioak ere egin izan ziren. Populazio espermatikoak inkubazioaren 5, 30 eta 60 minutuetan aztertu ziren.

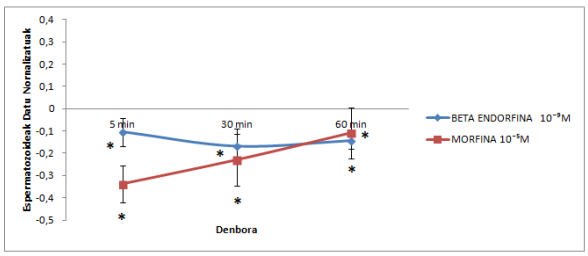
*Fluxuzko zitometria*

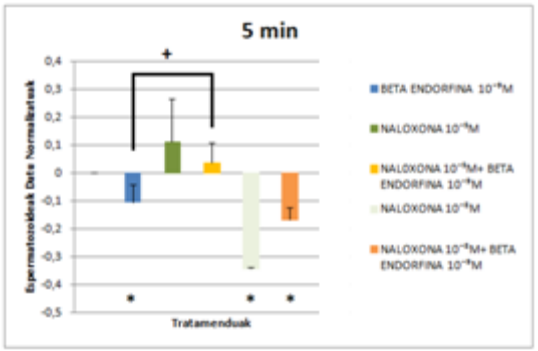
Sustantzia desberdinekin tratatutako laginetan zein lagin kontroletan, erreakzio akrosomikoaren neurketa fluxuzko zitometria bidez aztertu zen. Honen analisia egiteko anti-CD46-FITC (5µl/100µl) antigorputz konjugatua erabili zen. Erreakzio akrosomikoa pairatu duten espermatozoideetan barne-mintz akrosomalean CD46 proteina antigorputzarentzat eskuragarri dago. Horrez gain, bideragarritasun espermatikoaren test bat egin zen, soilik bizirik zeuden zelulekin lan egiteko. Beraz, hilda zeuden zelulak baztertzeko Hoescht 33258 (0,1µg/ml) markatzailea erabili zen. Izan ere, hilda dauden zelulen nukleoan barneratzeko eta DNArekin batzeko gai da. Ondoren, lagin guztiak fluxuzko zitometria bidez aztertuak izan ziren. Zelula kapazitatu, ez kapazitatu eta erreakzio akrosomikoa jasan zuten populazioen aldaketak behatu ziren irudian ikusten den moduan .

Goian deskribatzen den metodología jarraitu eta gero, eta SPSS programaren bidez analisi informatikoa egin eta gero, ondorengo emaitzak lortu ziren

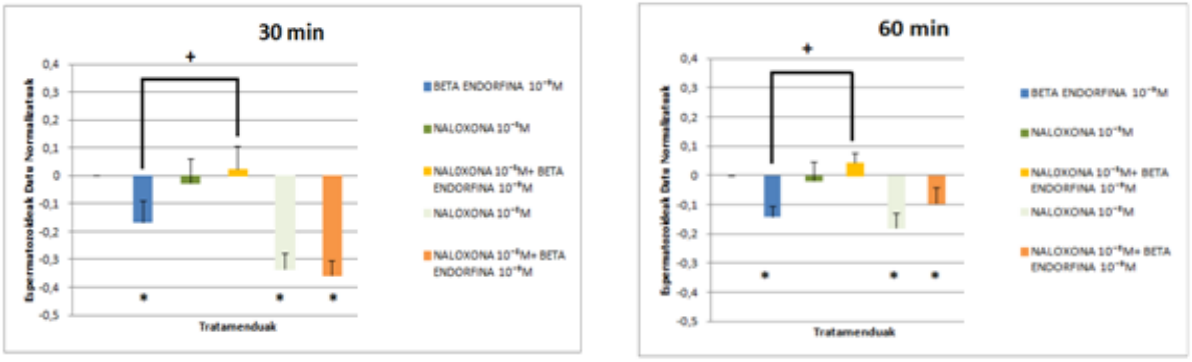
**1.Irudia. Beta-endorfina eta opioide hartzaileen agonista eta antagonisten eragina giza espermatozoideen erreakzio akrosomikoan denboran zehar. A) Beta-endorfina $10^{-9}$M eta morfina $10^{-5}$M espermatozoideen erreakzio akrosomikoan duten eragina denboran zehar. Beta-endorfina eta opioide hartzaileen agonista eta antagonistek B) 5 minututan C) 30 minututan eta D) 60 minututan giza espermatozoideen erreakzio akrosomikoan duten eragina. (* p<0.05, ** p<0,01 vs kontrola; +p<0,05, vs tratamendua. n=10)**

**A)** **B)**



**C)** **D)**




Beta-endorfinak erreakzio akrosomikoan zer nolako eragina ote duen aztertu zen. 1.irudiak erakusten duen bezala, beta-endorfinak erreakzio akrosomikoaren inhibizioa sortzen zuen, inhibizoaren magnitudea berdina zen aztertu ziren hiru denboretan ($p<0,05$). Morfinak, beta-endorfinaren agonistak, erreakzio akrosomikoan eragin berbera zuela ikusi zen. Izan ere, morfinak erreakzio akrosomikoa inhibitzen zuen ($p<0,05$). Hala ere, 1A grafikoan ikus daitekeenez, denbora pasa ahala morfinak eragiten duen inhibizioa gero eta txikiagoa zen. 5.minutuan inhibizioa handia izanik, 30.minutuan txikiagoa eta azkenik 60.minutuan ia nulua izanik ($p<0,05$).

Beta-endorfinak erreakzio akrosomikoan eragin inhibitzailea zuela ikusi zenean, ekintza hori hartzaile opioideen bidez burutzen ote zen aztertzera ekin zitzaion. Horretarako koinkubazioak egin ziren hartzaile opioide antagonista den naloxonarekin, aurretik deskribatutako bi kontzentrazioetan.

Beta-endorfina naloxona $10^{-5}$M-arekin koinkubatuz gero, hiru denboratan beta-endorfinaren eragina sahiesten da (1B,1D, 1E). Era berean, giza espermatozoideak naloxona $10^{-5}$M-eko kontzentrazioarekin inkubatzeak, ez dauka inolako efekturik erreakzio akrosomikoan. Hala ere, giza espermatozoideak naloxona $10^{-8}$M kontzentrazioarekin inkubatu zirenean aztertutako hiru denboratan erreakzio akrosomikoa inhibitzen zuen ($p<0,05$). Beta-endorfinarekin koinkubatuz gero, naloxona $10^{-8}$M-ak, inhibizioa handitzen zuen 30 minutuetan, estatistikoki adierazgarria izanik ($p<0,05$) (1D irudia). 5 eta 60 minutuetan, ordea, naloxona $10^{-8}$M eta beta-endorfinaren arteko koinkubazioa egiterako orduan erreakzio akrosomikoaren inhibizio partziala ikusi zen, baina ez totala ($p<0,05$) (1B eta 1E irudiak).

## 4.Ondorioak

Beta- endorfinak erreakzio akrosomikoa inhibitzen du hartzaile opioideen bitartez. Ikerketek erakusten dute, beraz, sistema opioideak zerikusi nabaria izan dezakeela espermatozoidearen ahalmen ugalkorra garatzeko. Ondorioz, sistema opioidea ugalketaren erregulazioarako ezinbestekoa izan daiteke. Izan ere, antzutasun kasuetan, gizonezkoen antisorgailuen garapenean zein lagunduriko ugalketan tresna erabilgarria izan daiteke.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Behin hartzaile opioideek beta-endorfinaren bidezko erreakzio akrosomikoaren inhibizioan betekizun argia daukatela ikusita, garrantzitsua litzateke inhibizio hori zein bide intrazelularraren bidez eragiten duen aztertzea. Horrez gain, garrantzitsua litzateke beta-endorfinak kapazitazioan daukan eragina aztertzea. Giza espermatozoideen hartzaile opioideen azpitik dauden bide intrazelular espezifikoak ulertzea oso interesgarria izan daiteke antzutasunaren aurkako tratamendua bilatzerako orduan edota gizonezkoen antisorgailuen garapenean, besteak beste.

[1] (http://www.who.int/ reproductive-health/ infertility/report.pdf).

## 6. Erreferentziak


Abou-haila A etaTulsiani DR (2009). Signal transduction pathways that regulate sperm capacitation and the acrosome reaction. *Arch. Biochem. Bioph*. 485:72–81.

Agirregoitia E, Valdivia A, Carracedo A. (2006). Expression and localization of d,k and m opioid receptors in human spermatozoa and implications for sperm motility. *J Clin Endocrinol Metab*;91:4969– 4975.

Albrizio M, Lacalandra GM, Micera E, Guaricci AC, Nicassio M, Zarrilli A. (2010). Delta opioid receptor on equine sperm cells: subcellular localization and involvement in sperm motility analyzed by computer assisted sperm analyzer (CASA). *Reprod. Biol. Endocrinol*. 8:78.

Austin CR.(1952). The 'capacitation' of the mammalian sperm. *Nature*, 170, 326.

Breitbart H, Rubinstein S and Lax Y (1997). Regulatory mechanisms in acrosomal exocytosis. *Rev Reprod 2* :65–174.

Chang MC. (1951). Fertilizing capacity of spermatozoa deposited in the fallopian tubes. *Nature*, 168,697-698.

Darszon A, Beltrán C, Félix R, Nishigaki T eta Treviño C (2001). Ion transport in sperm signaling. *Dev Biol* 340: 1–14.

De Lamirande E, Leclerc P, Gagnon C. (1997) .Capacitation as a regulatory event that primes a spermatozoa for the acrosome reaction and fertilization. *Mol Hum Reprod*. 3(3):175-94.

Fernandez D, Valdivia A, Ochoa C, Irazusta J, Casis L (2002).Peptidase activities in human semen. *Peptides* 23:461–468.

Flesch F. M., Gadella B. M. (2000) Dynamics of the mammalian sperm plasma membrane in the process of fertilization. *Biochim Biophys Acta*,1469(3) 197-235.

Fraser, L.R. eta Duncan, A.E. (1993). Adenosine analogues with specificity for A2 receptors bind to mouse spermatozoa and stimulate adenylate cyclase activity in uncapacitated suspensions. *J. Reprod. Fertil*, 98, 187-194.

Herrick, S. B., Schweissinger, D. L., Kim, S. W., Bayan, K. R., Mann, S. and Cardullo, R. A. (2005). The acrosomal vesicle of mouse sperm is a calcium store. *J. Cell. Physiol*. 202: 663-671.

Irazusta J, Valdivia A, Fernandez D, Agirregoitia E, Ochoa C,Casis L (2004). Enkephalin-degrading enzymes in normal and subfertile human semen. *J Androl* 25:733–739.

Lishko PV, Botchkina IL, Kirichok Y.(2011). Progesterone activates the principal Ca2+ channel of human sperm.*Nature* 471: 387–391.

Liu F, Tokeson J, Persengiev SP, Ebert K, Kilpatrick DL. (1997). Novel repeat elements direct rat proenkephalin transcription during spermatogenesis. *J Biol Chem*. 272(8):5056-62

Patrat C, Serres C and Jouannet P (2000). The acrosome reaction in human spermatozoa. *Biol Cell* 92: 255-266.

Publicover SJ and Barratt CLR. (1999). Voltage-operated Ca2+ channels and the acrosome reaction: which channels are present and what do they do?*Hum Reprod*. 14873–879.

Suarez SS. (2008). Regulation of sperm storage and movement in the mammalian oviduct.*Int J Dev Biol*. 54(5-6):455-62.

Subiran N, Agirregoitia E, Valdivia A, Ochoa C, Casis L, Irazusta J (2008). Expression of enkephalin-degrading enzymes in human semen and implications for sperm motility. *Fertil Steril* 89(5):1571–1577.

Subiran N, Pinto FM, Agirregoitia E, Candenas L, Irazusta J (2010). Control of APN/CD13 and NEP/CD10 on sperm motility. *Asian J Androl* 12:899–902.

Subiran N, Casis L, Irazusta J. (2011).Regulation of male fertility by the opioid system. Mol Med.17(7-8):846-53.

Subiran N, Candenas L, Pinto FM, Cejudo-Roman A, Agirregoitia E, Irazusta J. (2012). Autocrine regulation of human sperm motility by the met-enkephalin opioid peptide. *Fertil Steril*. Sep;98(3):617- 625.

Turner RM (2006). Moving to the beat: a review of mammalian sperm motility regulation. *Reprod Fertil Dev* 18:25–38.

Visconti PE, Westbrook VA, Cherithin O, Demarco I, Sleight S eta Diekman AB (2002). Novel signaling pathways involved in sperm acquisition of fertilizing capacity. *J Reprod Immunol* .53:133±150.

Waldhoer M, Bartlett SE, Whistler Jl. (2004).Opioid receptors. *Annu Rev Biochem*.73:953-90.

Yanagimachi R. (1970). The movement of golden hamster spermatozoa before and after capacitation. *J Reprod Fertil*.23(1):193-6.

Yanagimachi R eta Bhattacharyya A. (1988). Acrosome-reacted guinea pig spermatozoa become fusion competent in the presence of extracellular potassium ions. *J Exp Zool*. 248 (3): 354-60.

Yanagimachi R (1994). Mammalian fertilization. *The Physiology of Reproduction*, 2.argitalpenean.Raven Press, New York argitaletxea .

## 7. Eskerrak eta oharrak

Itziar Urizarrek UPV/EHU-ko diru laguntza predoktorala jaso du, Iraia Muñoak Eusko Jaurlaritzako diru laguntza predoktorala jaso du, Haizea Estonbak Gangoiti Barrera Fundazioaren laguntza jaso du eta Marta Gianzok Eusko Jaurlaritzako Zabalduz diru laguntza predoktorala jaso du.

[1] (http://www.who.int/ reproductive-health/ infertility/report.pdf).

# Interleukin-2 (IL-2) eta IL-15ak T linfozitoen piztutako seinalizazio bidezidorren sakoneko azterketa proteomikoa

Osinalde N., Sánchez-Quiles V., Akimov V., Guerra B., Blagoev B., Kratchmarova I.
*Biokimika eta Biologia Molekularra Saila, University of Southern Denmark, Odense, Danimarka.*
*Kontakturako e-posta: nmo@bmb.sdu.dk*

***Laburpena***

2-interleukina (IL-2) eta IL-15a sistema immunologikoaren erregulazioan berebiziko garrantzia daukaten bi zitokina dira, besteak beste T linfozitoen proliferazioa sustatzen dutelako. Zitokina biek bi hartzaile-azpiunitate partekatzen dituztenez (IL-2Rβ eta IL-2Rγ) ez da harritzekoa teilakatutako hainbat funtzio izatea, baina bai da harrigarria ordea bakoitzak erantzun immunologiko espezikoak eta maiz kontrajarriak eragitea. Nahiz eta mekanismo asko proposatu diren IL-2 eta IL-15aren arteko desberdintasunak azaltzeko ez dago argi nola den posible biek hartzaile berdinak erabili arren zeluletan erantzun desberdinak sustatzea. Honen gakoa aurkitzeko asmoz, masa-espektrometria erabilita IL-2 eta IL-15ez kitzikatutako T-zeluletan piztutako seinalizazio-bidezidorrak disekzionatu eta elkarren artean konparatu digutu. Gure lanak erakutsi du bi zitokinek kitzikatutako T linfozitoen seinalizazio-sareak oso parekoak izan arren, badirela ñabardura batzuk bi zitokinen arteko alde funtzionala azaltzen lagun dezaketenak.

Hitz gakoak: IL-2, IL-15, seinalizazio bidezidorrak, T linfozitoak, masa-espektrometria

***Abstract***

*IL-2 and IL-15 are key cytokines regulating the immune system in part by promoting T-cell proliferation. Both cytokines signal through the same receptor subunits (IL-2Rβ and IL-2Rγ) and not surprisingly they exert some overlapping functions. However they also have specific and even sometimes opposing roles raising the paradigm of how they mediate distinct immune reponses by using the same receptors. Although several options have been suggested, it remains controversial the molecular mechanism underlying the functional dichotomy of IL-2 and IL-15. Aiming to find the key to answering such enigma, we assessed and compared the signaling networks triggered downstream both cytokines by mass spectrometry. Our study revealed that the transduction pathways initiated by IL-2 and IL-15 are highly similar but not identical since we detected faint differences that may account for the functional discrepancy observed between both cytokines.*

*Keywords: IL-2, IL-15, signaling pathways, T lymphocytes, Mass Spectrometry*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Agente patogenoen aurkako lehian IL-2ak eta IL-15ak berebiziko garrantzia daukate, izan ere gure immunologi-sistema pizteko ahalmena daukate, besteak beste T-zelulen proliferazioa sustatuz (Ma et al., 2006). Ez da harritzekoa bi zitokinek hainbat funtzio partekatzea, izan ere beraien seinalea zelulan zehar barreiatzeko erabiltzen dituzten bi hartzaile-azpiunitate berdinak baitira (IL-2Rβ eta IL-2Rγ). Aldiberean baina, zitokina bakoitza gai da besteak bete ezin ditzakeen funtzio espezifikoak betetzeko. Esaterako, IL-2ak norberaren aurka jarduten duten T-zelulak deuseztatu ditzake eta aldiz, IL-15a gai da prozesu hori bera galarazteko (Marks-Konczalik et al., 2000).

Azken hamarkadan ikerketa ugari bideratu dira IL-2 eta IL-15aren arteko paradoxa argitzera, hots, nola gauzatu dezaketen erantzun zelular desberdinak hartzaile berdinak erabiliz. Hainbat mekanismo proposatu diren arren (Ring et al., 2012; Stonier and Schluns, 2010), gai hau eztabaidagarri dirau oraindik ere. Hain zuzen ere, IL-2 eta IL-15aren arteko alde funtzionalek egundoko inplikazioak dituzte bi zitokina hauen erabileran minbizia bezalako gaitzei aurre egiteko (Waldmann, 2006). Gaur egun minbizia erasotzeko estrategiarik itxaropentsuenetakoa da immunoterapia, zeinak immunitate-

sistema indartuz tumoreak desagertaraztea du helburu. Hainbat modutan manipulatu daiteke norbanakoaren immunitate-sistema tumore zelulak modu eraginkorragoan deuseztatu ditzan. Besteak beste, gaixoetan genetikoki eraldatutako T-zelulak txertatu eta hauen hazkundea bultzatuz frogatu da posible dela tumoreak suntsitzea (Dudley and Rosenberg, 2003). Minbiziaren aurkako immunoterapian T linfozitoen hazkundea kitzikatzeko IL-2a da gaurkoz gaixoei gehien ematen zaien zitokina. Halere, IL-2aren administrazioaren ondorioz behatutako albo kalte desatseginak tarteko, minbizia erasotzeko estrategia eraginkorrago eta seguruagoen garapena ezinbestekoa da (Malek and Castro, 2010). Hain justu, IL-2aren erabilerarekin lotutako kalteak eragin gabe, T linfozitoen hazkundea bultzatzeko duen ahalmena dela eta, IL-15a da etorkizunean IL-2a ordezkatuz immunoterapian erabiltzeko aukerak dituen zitokina (Jakobisiak et al., 2011). Bistakoa da IL-2a eta IL-15ak immunologia-sistema erregulatzeko duten ahalmenaren gaineko jakintza sakonagoak izugarri hedatu duela terapia berrien garapena. Hala eta guztiz ere, interleukinen erabilerak dakartzan muga eta toxizitate kontuak direla eta ezinbestekoa da IL-2a eta IL-15ak kitzikatutako seinalizazio bidezidorren are ezagumendu zehatzago bat izatea, etorkizunean eraginkorragoak eta hain oldarkorrak ez diren terapiak garatu ahal izateko.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Aspalditik dakigu interleukinak zelula-mintzean txertatuta dauden hartzaileetara lotu bezain laster, seinalea zelulan zehar barreiatzen dela bereziki proteinetan gertatzen diren behin-behineko fosforilazio prozesuen bitartez. Gai honen inguruan gaur egun daukagun jakintza gehiena biokimikako metodo tradizionalak erabiliz bildutakoa da, non aldiro proteina bakar batek edo gutxi batzuk seinalizazioaren hedapenean zuten funtzioa aztertzen zen. Izan ere orduko baliabideekin ezinezkoa baitzen seinalizazio-sareak,horren sistema konplexuak izanik, beraien osotasunean aztertzea.

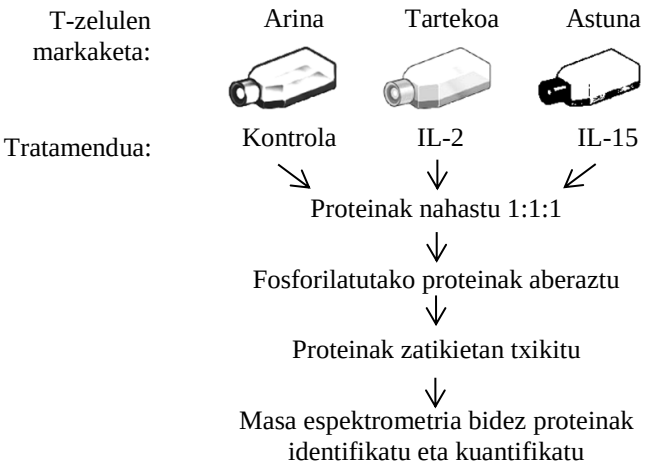
Aldiz, azken urteotan fosforilatutako proteinen aberasketa metodoetan, hala nola masa espektrometrian egondako garapenek izugarrizko bultzakada eman diote fosforilazio bidez erregulatutako seinalizazio-bidezidorren azterketari (White, 2008). Masa espektrometria (MS) proteinak identifikatzeko tresnarik erabiliena da gaur egun. Proteinak zatitu eta sortutako zatiki edo peptidoak masa espektrometroaren bidez aztertzen dira. Hain zuzen ere, zatiki horien masa hala nola zatikien apurketaren ondorioz sortutako zatiki are txikiagoen masa kalkulatzen du masa-espektrometroak. Ondoren, datu guzti horiek programa informatikoen laguntzaz datu-base batekin alderatzen dira proteinaren identitatea ezagutu ahal izateko. Horrez gain, MS proteinak kuantifikatzeko ere erabili daiteke eta jada hamaika estrategia desberdin garatu dira horretarako, besteak beste SILAC (*Stable isotope labeling of aminoacids in cell culture*) delakoa (Ong et al., 2002). SILAC estrategian, zelulen proteomak masa desberdineko aminoazidoekin markatzen dira eta ondoren mota bakoitzari tratamendu ezberdin bat egokitzen zaio. Proteinak erauzi ostean, guztiak batu eta lagin bakarra bailiran prozesatzen dira, azkenik MSan aztertuz. Masa diferentzia dela eta jatorri desberdineko proteinak MSan banandu egiten dira eta beraien ugaritasunak konparatuz kuantifikazio erlatiboa egiten da. Jada ikerketa askok frogatu dute SILACean oinarritutako lan-fluxuak oso egokiak direla zitokina ezberdinek piztutako bidezidorrak aztertzeko (Blagoev et al., 2003; Kratchmarova et al., 2005; Kruger et al., 2008; Osinalde et al., 2011).

Hau guztia dela eta, gure ikerketaren helburua IL-2 eta IL-15 zitokinek T-zeluletan sustatutako seinalizazio-sareak aztertu eta konparatzea da, horretarako SILACean oinarritutako proteomika kuantitatiboaren abantailez baliatuko garelarik.

## 3. Emaitzak

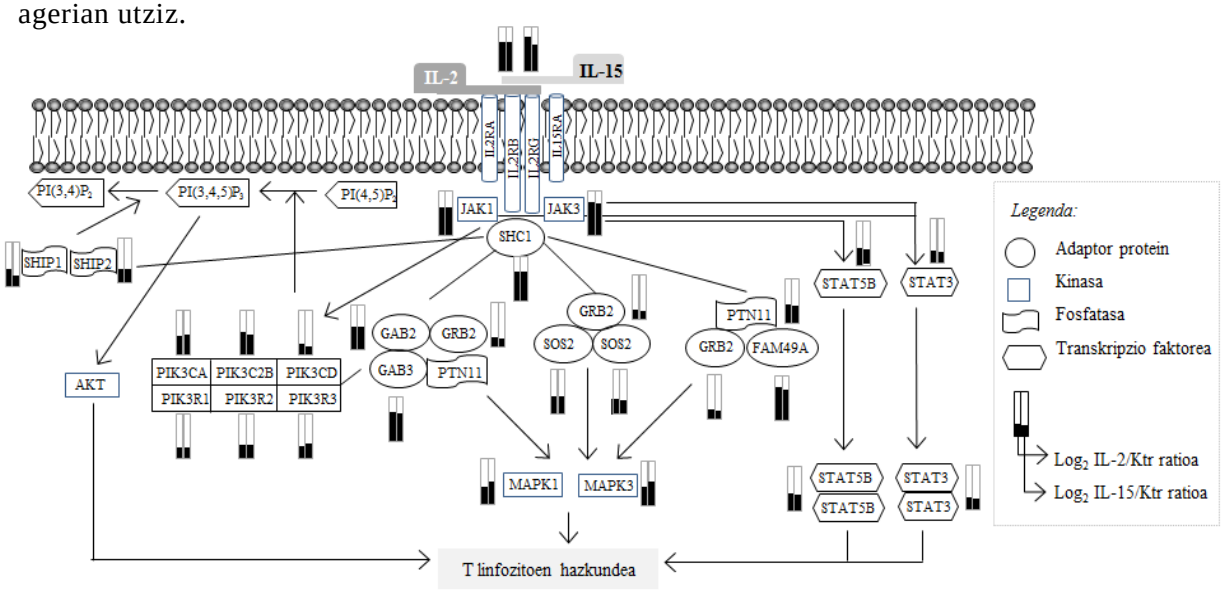
IL-2 eta IL-15ek T linfozitoetan piztutako bidezidorrak aztertzeko 1.irudian adierazitako prozedura jarraitu genuen. T-zelulen 3 populazio 3 masa ezberdineko

aminoazidoz markatu ziren; marka arinenarekin markatutako zelulak kitzikatu gabe utzi ziren kontrol gisa erabiltzeko, eta aldiz tarteko markaketarekin eta astunarekin hazitakoak IL-2 eta IL-15ez kitzikatu ziren, hurrenez hurren. Ondoren, proteinak erauzi, ekitatiboki nahastu eta antigorputzen bidez fosforilatutako proteinak aberastu ostean, hauek MS bidez analizatu ziren.




**1 Irudia. IL-2 eta IL-15az kitzikatutako T linfozitotan fosforilatutako proteinak detekatzeko lan-fluxua**

Guztira 1255 proteina ezberdin kuantifikatu genituen egindako esperimentu beraren bi saioetan. Horietatik guztietatik IL-2 eta IL-15aren kitzikapenaren ondorioz fosforilatutako proteinak interesatzen zitzaizkigunez, kontrolarekin alderatuz baldintza horietan aberastutako proteinei erreparatu genien, hots, IL-2/Kontrol>1.5 edota IL-15/Kotrol>1.5 aurkezten zuten proteinei. Orotara 41 proteina aberastu ziren T-zelulak zitokinekin 5 minutuz kitzikatu ostean. IL-2 eta IL-15aren hartzaileez gain, bidezidor nagusienetako proteina ugari aurkitu genituen gure azterketan, hots JAK/STAT, RAS/MAPK eta AKT/PI3K seinalizazio bideetan parte hartzen duten hainbat proteina egokitzaile, kinasa, fosfatasa eta transkripzio faktore, besteak beste. 2.irudian ikus daitekeen bezala, egindako esperimentuan batutako datu guztiekin gai izan ginen IL-2ak eta IL-15ak piztutako seinalizazio-sare nagusiak berreraikitzeko, MSan oinarritutako estrategiaren ahalmena agerian utziz.

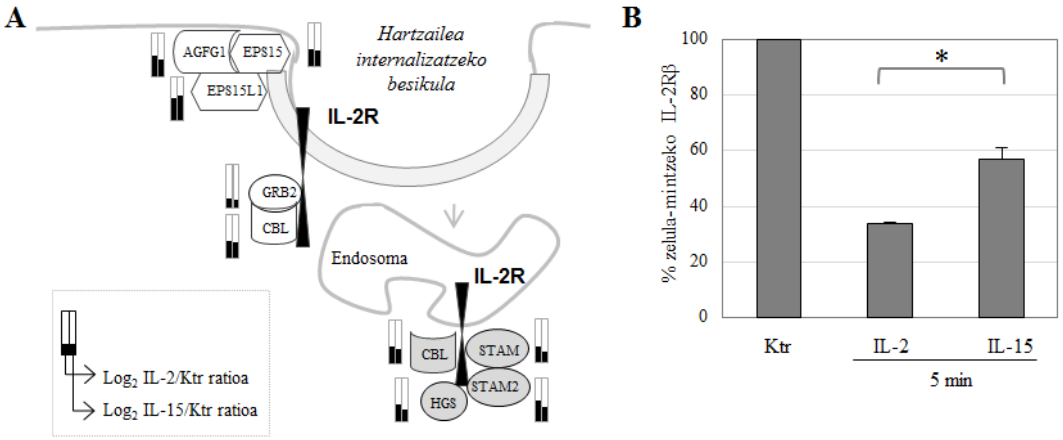



**2 Irudia. IL-2 eta IL-15ak sustatutako seinalizazio bidezidorren berreraikitzea**

2.irudiko proteina bakoitzaren ondoan MS bidez eginiko proteinen kuantifikazio erlatiboaren emaitza ikus daiteke, barra beltz itxuran. Ikus daitekeen bezala, IL-2 eta IL-15 bidezko tratamenduen ondorioz lortutako emaitzak ia berdinak dira. Horrenbestez, beste hainbat lanekin bat eginez (Arneja et al., 2014; Zambricki et al., 2005), ondorioztatu daiteke IL-2ak eta IL-15ak piztutako seinalizazio bidezidorrak oso antzekoak direla T-zeluletan.

Hori horrela izanik ere eta emaitz oso nabarmenak ez izan arren, gure datuek erakusten zuten interleukina hartzaileen barneratze prozesuan eta horrenbestez seinalearen indargetzean parte hartzen zuten proteina batzuk neurri desberdinean fosforilatzen zirela IL-2 eta IL-15ez kitzikatutako T linfozitoetan. Proteina talde hau, 3a irudian grisez margotuta azaltzen da eta bi aldiz gehiago aberastu ziren IL-2aren bidezko tratamenduaren ondorioz IL-15arekin alderatuz, guzti honek iradokitzen duelarik seinalearen ahultze mekanismoak sustatuago daudela IL-2z tratatutako zeluletan.

Hipotesi hori frogatzeko, bi zitokinek partekatzen duten, eta zelulen mintzean txertatuta dagoen IL-2Rβ hartzailea antigorputz fluoreszente batekin markatu zen. Ondoren zelulak IL-2eta IL-15ekin inkubatu ziren 5 minutuz eta berriz ere zelulen gainazaleko fluoreszentzia neurtu zen fluxu zitometriaz. 3b irudian ikus daitekeen bezala, IL-15ez tratatutako zeluletan mintzeko IL-2Rβ-aren %40a desagertu zen, IL-2z kitzikatutako zeluletan berriz desagerpena are nabarmenagoa zen, % 60koa hain zuzen ere.




**3. irudia. IL-2ak seinalizazio indargetzeko mekanismoak IL-15ak baino arinago pizten ditu.** (A) Proteomikako analisian identifikatu eta kuantifikatutako proteinak zeintzuek interleukina hartzaileen barneratze-prozesuan parte hartzen duten. (B) IL-2 eta IL-15 zitokinek partekatzen duten IL-2Rβ hartzailearen presentzia tratatu gabeko eta zitokinekin tratatutako T linfozitoen mintzean, ehunekotan adierazita.(*t-test $p<0,05$)

Emaitza hauek baieztatzen zuten jada proteomikako datuek iradokitzen zutena, hots, IL-15arekin alderatuz IL-2ak arinago edo indartsuago pizten dituela seinalearen ahultze mekanismoak T-zeluletan, honek berebiziko eragina duelarik seinalearen beraren iraunkortasunean.

## 4. Ondorioak

Orohar, jarraitutako lan-fluxua IL-2 eta IL-15ak sustatutako seinalizazio bidezidorrak aztertzeko oso egokia izan dela ondorioztatu daiteke. Izan ere, saiakera bakar batean gai izan baikara oso bestelako funtzioak bete arren, modu koordinatuan seinalearen hedapenean parte hartzen duten proteina ugari identifikatzeko eta horrela IL-2 eta IL-15aren bidezidorren eskema orokor bat eraikitzeko. Beste hainbat ikerketekin bat eginez gure ikasketak erakutsi du IL-2 eta IL-15ak oso antzeko seinalizazio ahalmena daukatela T-zeluletan. Halere, guztiz berdinak ez direla frogatu dugu, izan ere IL-2ak seinalizazioa indargetzeko mekanismoak IL-15ak baino

arinago edo eraginkorrago sustatzen ditu eta horrek zalantzarik gabe bi zitokinek eragindako seinaleen iraunkortasuna baldintzatzen du.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Arestian aipatu bezala, zelulen mintzean piztutako seinalea zelulan zehar barreiatzen da proteinen behin-behineko fosforilazio prozesuen bitartez; fosforilazio horiek zehaztuko dute bai proteinen aktibitatea, baita proteinen arteko elkarrekintzak ere. Proteina jakin baten aminoazido desberdinetan gertatzen diren fosforilazioek oso eragin desberdina izan ditazakete proteinan baitan eta hau honela izanik bidezidorren ezagumendu are zehatzago bat izateko, seinalearen hedapenean parte hartzen duten proteinek pairatzen dituzten fosforilazioak zein aminoazidotan gertatzen diren jakitea ezinbestekoa da. Zorionez, gaur egun dauden masa espektrometro sentikorrei esker posible da fosforilatutako sekuentzia baten baitan fosforilazioa zein aminoazidori dagokion zehaztea. Hori dela eta, gure hurrengo helburua IL-2ak eta IL-15ak piztutako bidezidorretan parte hartzen duten proteinek pairatzen dituzten fosforilazioak karakterizatzea izango da, hots, zehaztea zein aminoazido dauden fosforilatuta eta zein dinamika jarraitzen duten fosforilazio horiek.

## 6. Erreferentziak


Arneja, A., Johnson, H., Gabrovsek, L., Lauffenburger, D.A., and White, F.M. (2014). Qualitatively different T cell phenotypic responses to IL-2 versus IL-15 are unified by identical dependences on receptor signal strength and duration. *J Immunol 192*, 123-135.

Blagoev, B., Kratchmarova, I., Ong, S.E., Nielsen, M., Foster, L.J., and Mann, M. (2003). A proteomics strategy to elucidate functional protein-protein interactions applied to EGF signaling. *Nat Biotechnol 21*, 315-318.

Dudley, M.E., and Rosenberg, S.A. (2003). Adoptive-cell-transfer therapy for the treatment of patients with cancer. *Nature reviews Cancer 3*, 666-675.

Jakobisiak, M., Golab, J., and Lasek, W. (2011). Interleukin 15 as a promising candidate for tumor immunotherapy. *Cytokine Growth Factor Rev 22*, 99-108.

Kratchmarova, I., Blagoev, B., Haack-Sorensen, M., Kassem, M., and Mann, M. (2005). Mechanism of divergent growth factor effects in mesenchymal stem cell differentiation. *Science 308*, 1472-1477.

Kruger, M., Kratchmarova, I., Blagoev, B., Tseng, Y.H., Kahn, C.R., and Mann, M. (2008). Dissection of the insulin signaling pathway via quantitative phosphoproteomics. *PNAS 105*, 2451-2456.

Ma, A., Koka, R., and Burkett, P. (2006). Diverse functions of IL-2, IL-15, and IL-7 in lymphoid homeostasis. *Annual review of immunology 24*, 657-679.

Malek, T.R., and Castro, I. (2010). Interleukin-2 receptor signaling: at the interface between tolerance and immunity. *Immunity 33*, 153-165.

Marks-Konczalik, J., Dubois, S., Losi, J.M., Sabzevari, H., Yamada, N., Feigenbaum, L., Waldmann, T.A., and Tagaya, Y. (2000). IL-2-induced activation-induced cell death is inhibited in IL-15 transgenic mice. *PNAS 97*, 11445-11450.

Ong, S.E., Blagoev, B., Kratchmarova, I., Kristensen, D.B., Steen, H., Pandey, A., and Mann, M. (2002). Stable isotope labeling by amino acids in cell culture, SILAC, as a simple and accurate approach to expression proteomics. *Molecular & cellular proteomics 1*, 376-386.

Osinalde, N., Moss, H., Arrizabalaga, O., Omaetxebarria, M.J., Blagoev, B., Zubiaga, A.M., Fullaondo, A., Arizmendi, J.M., and Kratchmarova, I. (2011). Interleukin-2 signaling pathway analysis by quantitative phosphoproteomics. *Journal of proteomics 75*, 177-191.

Ring, A.M., Lin, J.X., Feng, D., Mitra, S., Rickert, M., Bowman, G.R., Pande, V.S., Li, P., Moraga, I., Spolski, R., *et al.* (2012). Mechanistic and structural insight into the functional dichotomy between IL-2 and IL-15. *Nature immunology 13*, 1187-1195.

Stonier, S.W., and Schluns, K.S. (2010). Trans-presentation: a novel mechanism regulating IL-15 delivery and responses. *Immunol Lett 127*, 85-92.

Waldmann, T.A. (2006). The biology of interleukin-2 and interleukin-15: implications for cancer therapy and vaccine design. *Nat Rev Immunol 6*, 595-601.

White, F.M. (2008). Quantitative phosphoproteomic analysis of signaling network dynamics. *Current opinion in biotechnology 19*, 404-409.

Zambricki, E., Shigeoka, A., Kishimoto, H., Sprent, J., Burakoff, S., Carpenter, C., Milford, E., and McKay, D. (2005). Signaling T-cell survival and death by IL-2 and IL-15. *Am J Transplant 5*, 2623-2631.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau burutzeko ondoko instituzioen laguntza jaso dugu: Novo Nordisk Foundation, The Lundbeck Foundation eta The Augustinus Foundation.

# Antioxidatzaileek hipoxia-iskemiak eragindako burmuin-kaltea murrizten dute, epe luzeko ikasketa eta memoria hobetuz

Arteaga O[1]., Revuelta M[1]., Urigüen L[2]., Álvarez A[1]., Hilario E[1].
*[1]Biologia Zelular eta Histologia saila, [2]Farmakologia saila, Medikuntza eta Odontologia fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea*
*olatz.arteaga@ehu.es*

## *Laburpena*

Hipoxia-iskemia neonatala gaitz komuna da gaur egun (jaioberrien % 0,01-0,1), oxigeno eta glukosaren fluxuaren etenak sortzen duena. Azken urtetako aurrerakuntza pediatrikoak ugariak izan badira ere, hipoxia-iskemia jasaten duten umeek heriotza edo behin betiko ondorio larriak pairatzen dituzte, hala nola, garun-paralisia, epilepsia eta adimen-atzeratasuna. Lan honen helburua resberatrola eta azido dokosahexanoikoa antioxidatzaileek hipoxia-iskemiak sortutako burmuin-kaltean duten efektu neurobabeslea aztertzea da, hipokanpoko zelulen kaltea, astrogliosi errekatiboa, oligondendrozitoen bideragarritasuna eta memoria balioztatuz, horretarako Rice-Vannucci eredua erabiliko dugularik arratoietan kaltea eragiteko.

Hitz gakoak: hipoxia-iskemia, antioxidatzaileak, hipokanpoa, oligodendrozitoak, memoria

## *Abstract*

*One of the most common causes of mortality and morbidity in children is perinatal hypoxia-ischemia, so new and more effective neuroprotective strategies are urgently required, in order to minimize as much as possible the neurological consequences of this encephalopathy. In this sense, interest has grown in the neuroprotective possibilities of antioxidants. The aim of the present work was to evaluate the possible neuroprotective effect of resveratrol and docosahexanoic acid antioxiants in hypoxic-ischemic brain injury in neonatal rats, determining hippocampal cell damage, reactive astrogliosis, oligodendroglial injury and long-term behavioral consequences, using the Rice-Vannucci experimental model.*

*Keywords: hypoxic-ischemic, antioxidants, hippocampus, oligondendrocyte, memory*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Hipoxia-iskemia (HI) neonatalak eta ondorioz sortutako entzefalopatia hipoxiko-iskemikoak gizarte eta osasun arazo kezkagarria izaten jarraitzen du gaur egun. Oxigeno eta glukosaren murrizketak burmuinean kalteak eragin ditzakeen gaitz komuna da, jaioberrien % 0,01-0,1-ek pairatzen duena (du Plessis eta Volpe, 2002; Azra and Bhutta, 2006; Jiang et al., 2014). Azken urtetako aurrerakuntza pediatrikoak ugariak izan badira ere, HI jasaten duten umeek heriotza edo behin betiko ondorio larriak paira ditzakete: garun-paralisia, epilepsia, adimen-atzeratasuna, ikasteko zailtasunak, hiperaktibitatea eta arreta-defizita, eta ikusteko eta entzuteko gabeziak, kasu (Volpe, 2001; Low, 2004; Vannucci and Hagberg, 2004; Aridas, 2014).

### Arrisku faktoreak eta diagnosi klinikoa

Ikerketa neuropatologiko eta epidemiologikoei esker hainbat arrisku faktore identifikatu izan dira bai amarengan zein fetuarengan, hala nola, anestesia transplazentala, sortzetiko sepsia, erditzeko trauma, sortzetiko biriketako eta bihotzeko anomaliak... Asfixia perinatala aldi prenatalean (erditzean edo aurretik) edo postnatalean suerta daiteke (McGuire, 2007).

HI neonatalaren diagnosi klinikoa bi irizpideren araberakoa da: alde batetik, jaioberriek jaio eta 5 minututara Apgar testan 7 puntu baino gutxiago erdiesten dutenean, hots, defizit neurologiko eta kardiobaskularra aurkezten dutenean, eta bestetik, odolaren pHa 7 baino baxuagoa dutenean, hau da, azidemia azaltzen dutenean, asfixia pairatu dutela diagnostika dezakete pediatrek. Izan ere, asfixia terminoa arnas gasen trukearen desoreka eta ondorengoko azidosi metabolikoaren garapena bezala defini dezakegu (MacLennan, 1999).

## Garatzen ari den burmuinaren sentikortasuna

Burmuina gorputzeko organorik aktiboena da metabolikoki hitz eginda, arnasten dugun oxigenoaren %20 eta organismoko glukosaren %25 kontsumitzen ditu, gorputzeko pisuaren %2a soilik suposatzen duen arren. Arnasten dugun oxigenoaren %95a ATP-ra erreduzitzen da eta gainontzeko %5a oxigenoaren espezie erradikal (ROS) bezala askatzen da. Azken hauek prozesu askoren ondorioz sortzeaz gain hainbatetan parte hartzen dute eta hortaz, kantitate txikitan funtsezkoak dira bizitzarako.

Garatzen ari den burmuina helduena baino sentikorragoa da HI kalteen aurrean, bere gantz azido asegabeen kontzentrazio altuagatik, bere oxigeno-kontsumo ikaragarriagatik, antioxidatzaile gutxitasunagatik, mielinizazio gutxi izategatik eta entzima antioxidatzaileen desorekagatik, besteak beste. Baldintza fisiologikoetan, entzima antioxidatzaileen sistemak erredox homeostasia orekatzen du zelulak kaltetuak suertatzea ekidituz, baina baldintza hipoxiko-iskemikoetan sistema honek huts egiten du eta ezin ditu zelulak kalte honetatik babestu. Laburbilduz, faktore oxidatzaile eta antioxidatzaileen arteko oreka apurtzen denean, hots, ROS eta erradikal askeak gehiegizko kopuruan daudenean, estres oxidatzailea azaltzen da.

## HI kaltea zelula-mailan

Entzefalopatia neonatalaren ondorioak kaltearen intentsitate, iraunpena eta kokapenaren araberakoak dira (Ferriero, 2004; Juul eta Ferriero, 2014): bortizki kalteturiko umeen ehuneko txiki batek baino ez du inongo eragozpenik gabe biziraungo, %15-20a hilko den bitartean (Levene et al., 1985; Goñi de Cerio et al., 2013). Hipoxia-iskemiak teorikoki zelula guztiak kaltetzen dituen arren, denek ez dute modu berean erantzuten, neuronak sentikorrenak diren heinean astrozitoak erresistenteenak azaltzen dira (Northington et al., 2001; Hilario et al., 2005). Hala ere, astrozitoak kaltetuak izaten direnean, haien biziraupena murriteaz gain, neurotransmisore kitzikatzaileak xurgatzeko eta erradikal askeak deusezteko gaitasuna mugatuta gera daiteke, eta honek, era berean, neuronen biziraupena arriskuan jartzen du (Chen and Swanson, 2003; Alvarez-Diaz et al., 2007). Oligodendrozitoak ere, nerbio sistema zentralean mielinizazioaz arduratzen diren zelulak, oso sentikorrak dira, kalte hipoxiko-iskemikoaren aurrean mielinizazio prozesua eten egiten dute substantzia zurian lesioa eraginez (Rothstein eta Levison, 2005; Butt et al., 2014).

## HI-kaltea maila molekularrean

Estres oxidatzaileak HI-ren osteko burmuin-kaltearen eragile nagusitzat hartzen da (Wagner et al., 2004). Burmuinak ez duenez oxigenorik ezta glukosarik eskuratzen, HI-ren ostean berehalako neuronen hondamena gertatzen da eta energia erreserbak agortu egiten dira, honek gertakizun biokimikoen turrusta bati hasiera ematen diolarik. Minan bi fase metaboliko bereizten dira eskematikoki, lehenengo eta behin energiaren erreserbak agortzean, eta bigarrena berroxigenazioagatik, non erradikal askeak ugaritzen diren. Energia agortzen denean fosforilazio oxidatiboa gutxitzen da eta zelulek oinarrizko funtzioak betetzeko helburuarekin metabolismo anaerobikora jotzen dute. Metabolismo anaerobikoa energetikoki eraginkorra ez denez, ATP-aren maila murriztu egiten da, azido laktikoa metatzen da eta ioi-ponpek huts egiten dute. Hau dela eta, sodioa, kaltzioa eta ura zelularen barnealdera etengabe sartu egiten dira, mintzaren despolarizazioa ekarriz. Despolarizazioak neurotransmisore kitzikatzaileen gehiegizko askapena eragiten du, batik bat glutamatoarena, haien hartzaileak aktibatuz, eta ondorioz turrusta kitzikatzaile bat pizten da heriotza zelularra sustatuz. Minaren bigarren fasean, lehenengoa gertatu eta 6-48 orduren ostean azaltzen dena, berroxigenazioarekin erlazionaturik dago, bertan mitokondria kaltetu egiten da, lehenengo faseko kalteak hedatuz. Zitosoleko kaltzio askearen emendioak oxido nitrikoaren ekoizpena eragiten du eta erradikal askeak sortzen ditu. Azken hauek lipidoen, proteinen eta azido nukleikoen andeatzea eragiten dute. Energiaren agorpena, azidosia, glutamatoaren askapena, kaltzio intrazelularraren metaketa, oxido nitrikoen toxikotasuna eta lipidoen peroxidazioaren konbinazioak zelulen heriotza dakar kasu askotan, bai nekrosi zein apoptosi bidezkoa. Hau guztia dela eta, estres oxidatzilea hain garrantzitsua da patologia honen garapenean eta hura ekiditea ezinbestekoa da hipoxia-iskemiak eragindako entzefalopatia murrizteko.

### Epe luzeko eraginak

Aurretik aipatu bezala, hipoxia-iskemiak eragindako burmuin-kalteak epe luzeko kognizio arazoak dakartza. Bereziki memorian eragina du, izan ere hipokanpoa eta kortex zerebrala dira HI-ren ostean kaltetuen azaltzen diren zonaldeak (Dere et al., 2007; Broadbent et al., 2010). Zonalde hauen funtzioa guztiz erlazionatuta dagoenez memoria eta ikasteko gaitasunarekin, HI pairatzen duten umeek adimen-atzeratasuna eta ikasteko zailtasunak izaten dituzte, haien bizitza mugaturik geratzen delarik.

## 2. Ikerketaren helburuak

Gizakion babes-sistema antioxidatzailea haurdunaldiaren azken hiruhilabetera arte garatzen ez denez, jaioberriek superoxido dismutasa eta glutation peroxidasa entzima antioxidatzaileen urritasuna dute. Hori dela eta, zentzuzkoa izango litzateke HI pairatzen dutenean umeei antioxidatzaileak ematea tratamendu moduan. Gure helburua arratoietan HI burmuin-kaltean resberatrola eta azido dokosahexanoikoa (DHA) bezalako antioxidatzaileen efektu neurobabeslea aztertzea da, kaltea eragiteko Rice-Vannucci animalia-eredua erabiliko dugularik.

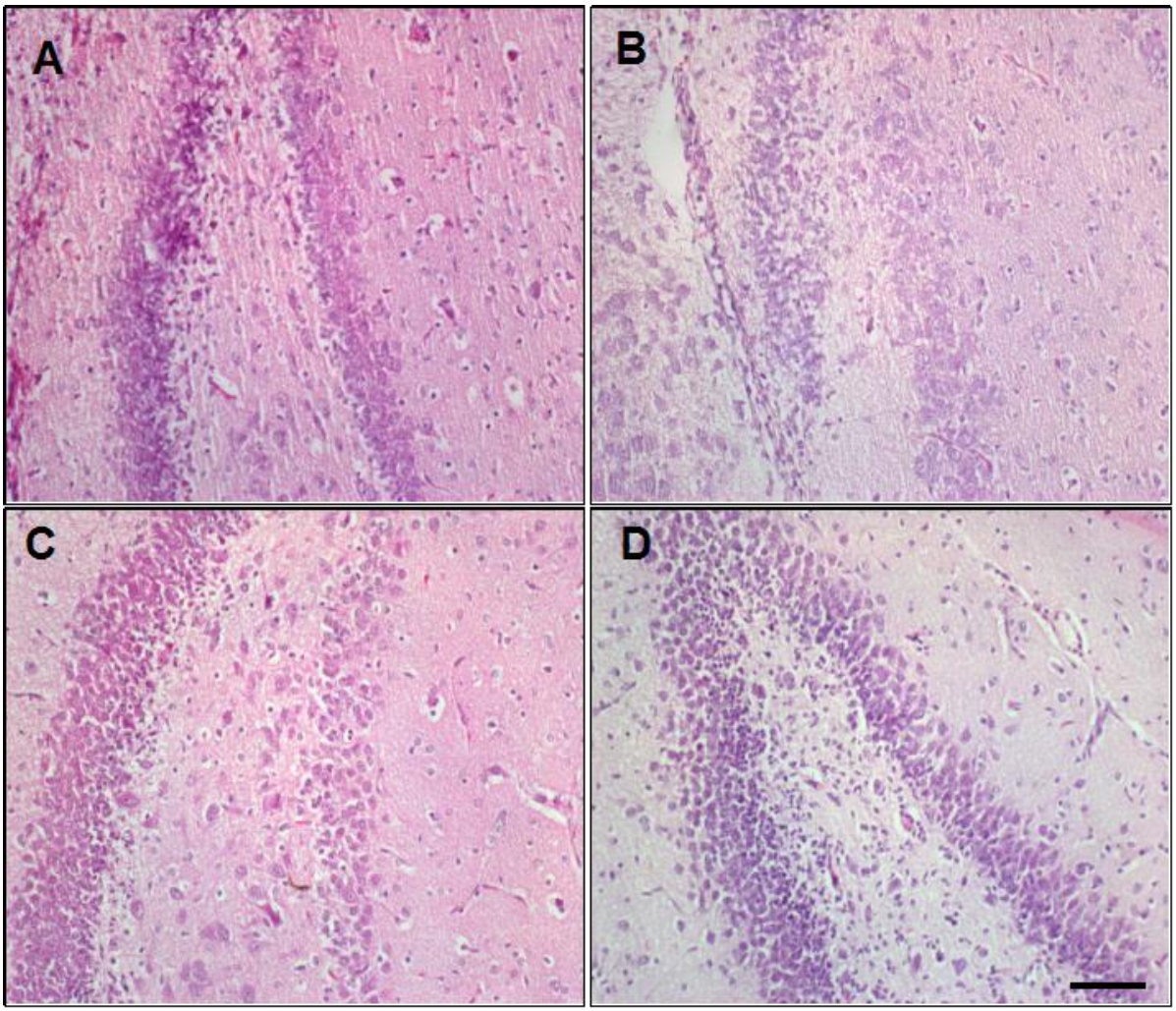
## 3. Ikerketaren muina

Gure emaitzek antioxidatzaileek hipoxia-iskemiak eragindako burmuin kaltea hobetzen dutela baieztatzen dute, batez ere histologikoki zein epe luzerako jarrerak hobetuz.

Arratoiek 7 egun zituztenean (P7) hipoxia-iskemia eragin zitzaien Rice-Vannucci eredua erabiliz. Hortaz, burmuin-kaltea eragiteko, lehenengo eta behin, ezkerreko arteria karotida komuna behin betiko okluitu egin zitzaien, eta bi ordutako atseden prozesu baten ostean, animaliak 135 minutuz asfixiatu egin ziren oxigeno kontzentrazioa %8-ra jaitsiz. Resberatrola (20 mg/kg) zein DHA (1 mg/kg) intraperitonealki injektatu zitzaien dosi bakar baten bidez, hipoxia eragin baino 10 minutu lehenago. Kaltea sortu eta zazpi egunen buruan (P14), animaliak hil eta perfunditu egin ziren, burmuinaren sekzioak erdietsiz. Lagin hauek Nissl-arekin tindatu eta Gliaren Proteina Azido Fibrilarra (GFAP) eta Mielinaren Proteina Basikoarekin (MBP) immunomarkatu egin genituen, neuronek, astrozitoek eta oligondendrozitoek pairatutako mina aztertzeko, hurrenez hurren. Arratoiek 90 egun zituztenean (P90), T labirinto eta objektu berriaren miaketa testak burutu ziren. Estatistikarako faktore bakarreko ANOVA ($p<0.0001$) erabili zen.

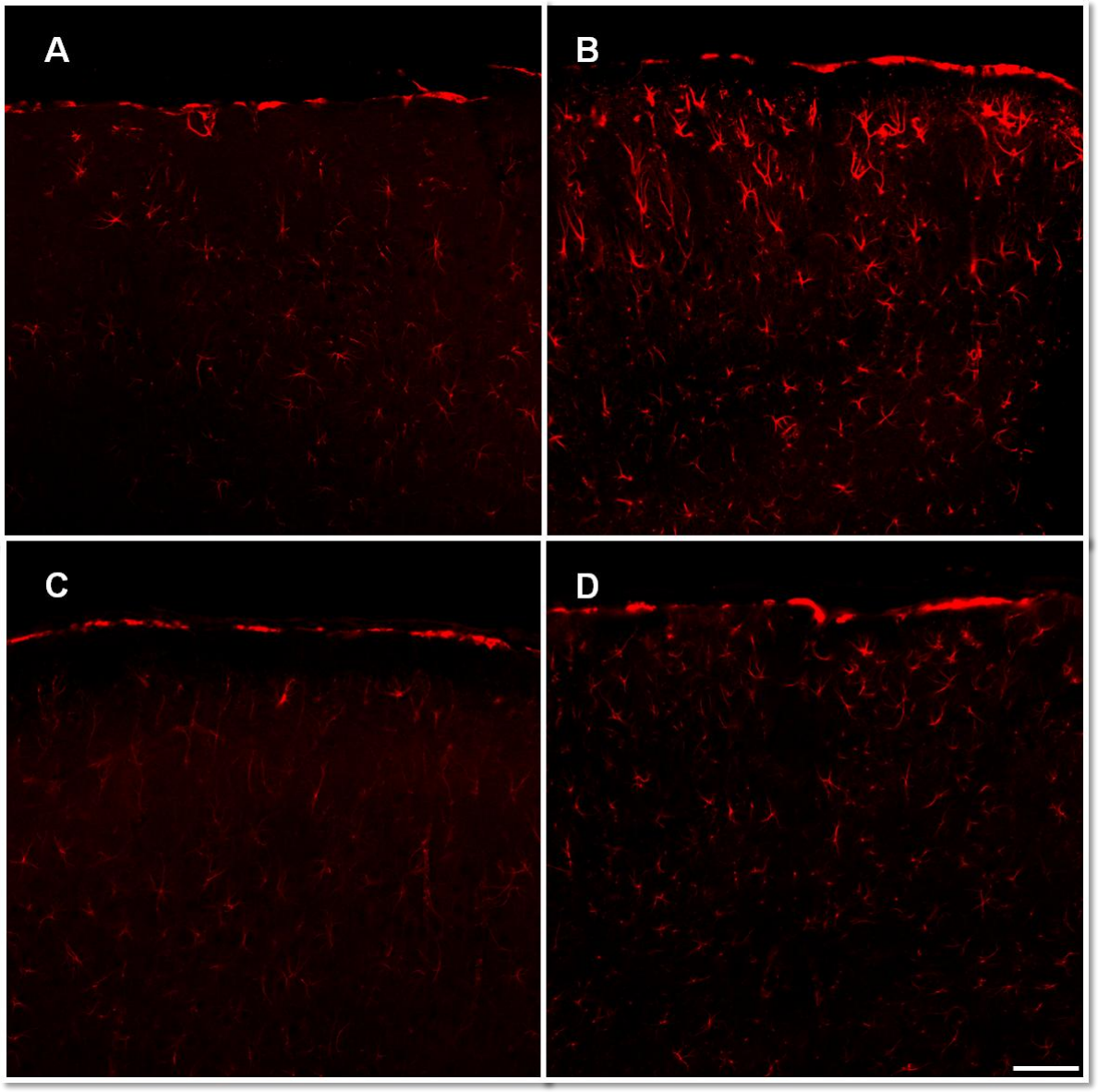
Histologikoki antioxidatzaileek eragindako onurak esangarriak dira, alde batetik burmuineko ehun garela murrizten dutelako, eta bestetik, kalteturiko zelulen kopurua murrizten dutelako. Hipokanpoko dentate gyrus zonaldean adibidez, HI-ren osteko zelulen galera eta kaltea nabariak dira 1. irudian ikus dezkegun bezala, non neuronen morfologia eta tamaina aldakorrak diren, kaltetuak dauden seinale. Bestalde, animaliei emandako tratamenduek zelulak babesten dituzte, neuronen morfologia eta dentate gurysaren egitura mantentzen dituztelarik.

**1. irudia: Mikroskopio optikoz lortutako Nissl-arekin tindaturiko hipokanpoko dentate gyrus zonaldearen argazki adierazgarriak (P14), A) Animalia kontrolak, B) Animalia hipoxiko-iskemikoa, C) Resberatrolarekin trataturiko animalia hipoxikoak, D) DHA-rekin trataturiko animalia hipoxikoak. HI-ren osteko zelulen galera eta kaltea nabariak dira, baina antioxidatzaileek zelulak babesten dituzte, neuronen morfologia eta dentate gurysaren egitura mantenduz. Marra: 40 µm.**



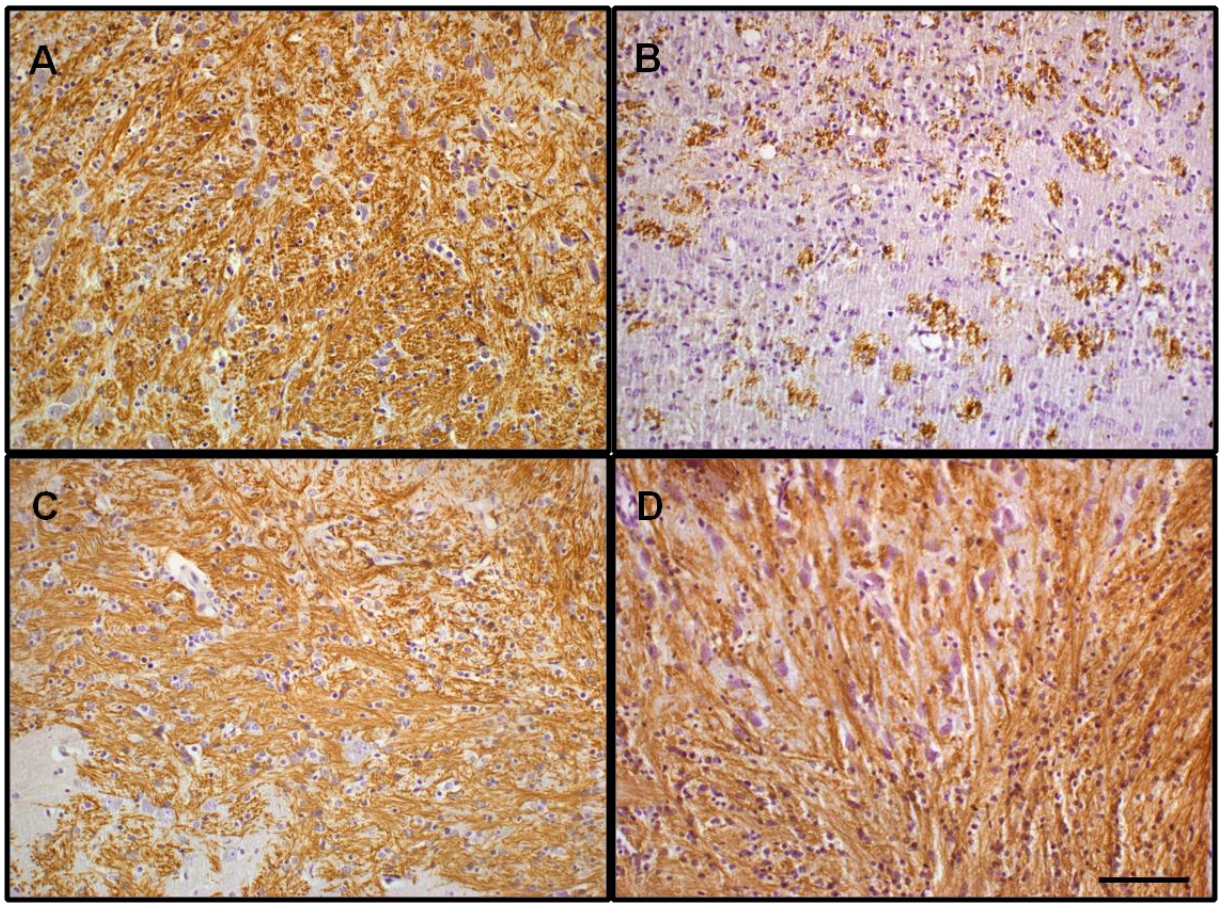

Hipoxia-iskemiaren ostean astrozitoen egoera aztertzeko, Gliaren Proteina Azido Fibrilarra (GFAP) erabili genuen haiek immunomarkatzeko, hots, astrogliosia analizatzeko. HI-ren aurrean astrozitoak zelula erresistenteenak diren arren, animalia hipoxikoek erreaktibitate maila handiagoa aurkezten dute kortex zerebralean, kontrolekin konparatzen baditugu. Baina astrogliosi errekatibo hori gutxitu egiten da animaliei resberatrola eta azido dokosahexanoikoa ematen diegunean (2.irudia).

**1.irudia: Mikroskopio konfokalaren bitartez lortutako GFAP-rekin immunomarkaturiko irudi adierazgarriak cortex zerebralean (P14), A) Animalia kontrolak, B) Animalia hipoxiko-iskemikoa, C) Resberatrolarekin trataturiko animalia hipoxikoak, D) Azido dokosahexanoikoarekin trataturiko animalia hipoxikoak. Animalia hipoxikoek erreaktibitate maila handiagoa aurkezten duten bitartean, trataturiko arratoiek erreaktibitate gutxiago azaltzen dute, kontrolen antzera. Marra: 40 µm.**




Substantzia zuriaren kaltea eta epe luzeko minusbaliotasun kognitiboak dira hipoxia-iskemiak eragindako ondoriorik nagusienak umerengan (Sanches et al., 2013). Substantzia zuriaren parte diren oligodendrozitoen bideragarritasuna balioztatzeko, Mielinaren Proteina Basikoaren (MBP) immunomarkaketa egin genuen. Hipoxia-iskemiak oligodendrozitoak kaltetzen ditu baina antioxidatzaileek min hau murrizten dute (3. irudia). Argazkietan argi ikusten da nola animalia HI-ek mielina galtzen duten, MBP-ren markaketa ia desagertu egiten delako striatum zonaldean. Trataturiko animalietan ez da galera hau bereizten, are gehiago, animalia kontrolen antzekoa da haien markaketa, resberatrolak eta azido dokosahexanoikoak oligodendrozitoak babesten dituztela erakutsiz.

**3. irudia: Mikroskopio optikoz lortutako MBPrekin immunomarkaturiko irudi adierazgarriak striatumean (P14), A) Animalia kontrolak, B) Animalia hipoxiko-iskemikoa, C) Resberatrolarekin trataturiko animalia hipoxikoak, D) Azido dokosahexanoikoarekin trataturiko animalia hipoxikoak. Arratoi hipoxiko-iskemikoek mielina galtzen dute, baina trataturiko animalieek ez, are gehiago, animalia kontrolen antzekoa da haien markaketa. Marra: 40 µm.**

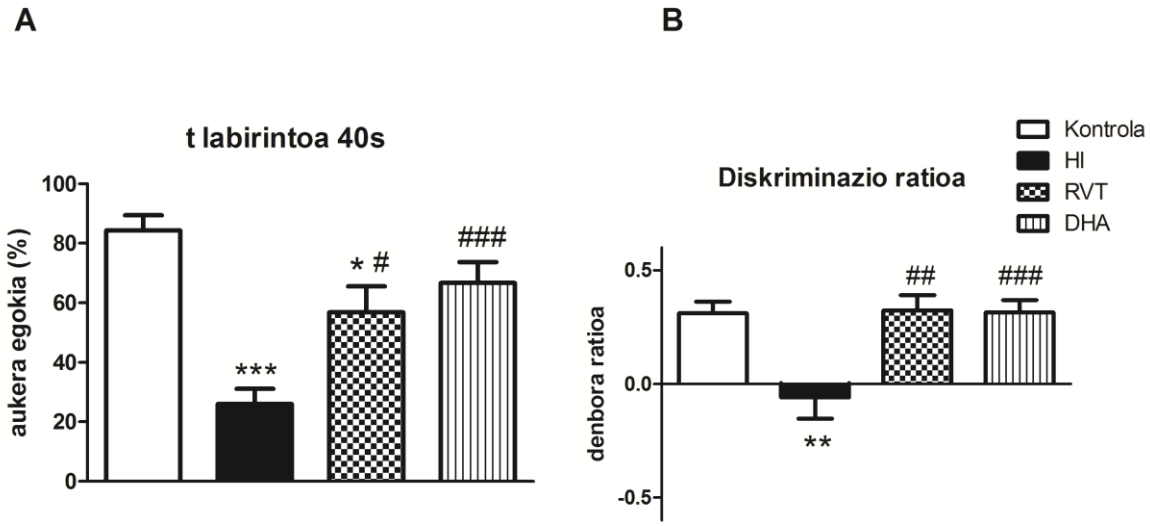



Animalien epe luzeko memoria aztertzeko bi jokaera test burutu genituen arratoiek 90 egun zituztenean, alde batetik memoria espaziala ebaluatzeko T itxurako labirinto baten oinarritutako test bat, eta bestetik, landutako memoria balioztatzeko objektu berrien miaketa testa. T labirintoan 40 segundoren ostean bide egokia zenbat aldiz aukeratu zuten aztertu zen, eta objektu berrien miaketa testan, animaliek objektu berrian egondako denbora eta objektu ezagunean egondakoa neurtu genuen, haien arteko ratio bat kalkulatuz.

Resberatrola eta azido dokosahexanoikoak hipoxia-iskemiak eragindako defizit kognitiboak murrizten dituzte, ziurrenik burmuineko area neokortikalak eta subkortikalak (kortex sensorimotorra, hipokanpoa eta striatuma) eta bereziki, memoria eta ikasketaz arduratzen diren neuronen sarea babestuz eta mantenduz. Antioxidatzaileak HI kaltearen aurretik emateak histologikoki efektu neurobabeslea erakusteaz gain, efektu honek denboran zehar irauten du.

Gure emaitzek frogatzen duten moduan (4. irudia) trataturiko animaliek portaera hobetzen dute animalia HI-rekin aldenduz. Memoria espazialaren kasuan animalia tratatuek ez dituzte kontrolen balioak erdiesten baina bai ez-espazialaren kasuan. Dena den, kasu bietan animalia HI-rekin konparatzean hobekuntzak estatistikoki esangarriak dira.

**4. irudia: T labirintoa eta objektu berriaren miaketa testak burutu ziren, lau ikerketa taldeko arratoiek 90 egun zituztenean. A) T labirintoan 40 segundoren ostean bide egokia zenbat aldiz aukeratu zuten adierazten da. B) Objektu berrien miaketa testan diskriminazio ratio bat erabiltzen da (10 minututan, objektu berrian egondako denbora ken objektu ezagunean egondakoa, zati bi objektutan egondakoa). (***)p<0,0001 vs Kontrola. (###)p<0,0001 vs HI. Animalia hipoxiko-iskemikoek emaitza txarragoak eskuratu zituzten epe luzeko memoria aztertzean. Trataturiko animaliek, aldiz, memoria hobetzen dute, animalia kontrolen maila erdietsiz**.




## 4. Ondorioak

Gure emaitzek iradokitzen dute HI-ren aurrean resberatrola eta azido dokosahexanoikoa bezalako antioxidatzaileak administratzeak eragin positiboa duela arratoien burmuinetan, zelulen kaltea leunduz, astrogliosi erreaktiboa gutxituz, oligondendrozitoen bideragarritasuna mantenduz eta epe luzeko ikasketa eta memoria hobetuz.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunari begira gure erronka terapia konbinatuak frogatzea izango litzateke. Egun hipotermia erabiltzen denez, antioxidatzaile eta hipotermia arteko konbinaketa bat erabil zitekeen hipoxia-iskemiak sortutako burmuin-kalteak murrizteko, horretarako gizakiarekin antz gehiago duen beste animalia modelo batzuetara ikerketa hedatuz.

## 6. Erreferentziak

Alvarez-Diaz A., Hilario E., de Cerio FG., Valls-i-Soler A., Alvarez-Diaz F.J. (2007), Hypoxic-ischemic injury in the immature brain--key vascular and cellular players, *Neonatology* , 92, 227-235.

Aridas J.D., Yawno T., Sutherland A.E., Nitsos I., Ditchfield M., Wong F.Y., Fahey M.C., Malhotra A., Wallace E.M., Jenkin G., Miller S.L. (2014), Detecting brain injury in neonatal hypoxic ischemic encephalopathy: Closing the gap between experimental and clinical research, *Exp Neurol*, 261C, 281-290.

Azra Haider B. eta Bhutta Z.A. (2006), Birth asphyxia in developing countries: current status and public health implications, *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*, 36,178-188.

Broadbent N.J., Gaskin S., Squire L.R., Clark R.E. (2009), Object recognition memory and the rodent hippocampus, *Learn Mem*, 17, 5-11.

Butt A.M., Fern R.F., Matute C. (2014), Neurotransmitter signaling in white matter, *Glia*, 62, 1762-1779.

Chen Y. eta Swanson R.A. (2003), Astrocytes and brain injury, *J Cereb Blood Flow Metab*, 23, 137-149.

Dere E., Huston J.P., De Souza Silva M.A. (2007), The pharmacology, neuroanatomy and neurogenetics of one-trial object recognition in rodents, *Neurosci Biobehav Rev*, 31, 673-704.

du Plessis A.J. eta Volpe J.J. (2002), Perinatal brain injury in the preterm and term newborn, *Curr Opin Neurol*, 15,151-157.

Ferriero D.M. (2004), Neonatal brain injury, *N Engl J Med*, 351, 1985-1995.

Goñi de Cerio F., Lara-Celador I., Álvarez A., Hilario E. (2013), Neuroprotective Therapies after perinatal hypoxic-ischemic brain injury, *Brain Sci*, 3, 191-214.

Jiang H., Lei J.J., Zhang Y.H. (2014), Protective effect of topiramate on hypoxic-ischemic brain injury in neonatal rat, *Asian Pac J Trop Med*, 7, 496-500.

Juul S.E. eta Ferriero D.M. (2014), Pharmacologic neuroprotective strategies in neonatal brain injury, *Clin Perinatol*, 41, 119-131.

Levene M.L., Kornberg J., Williams T.H. (1985), The incidence and severity of post-asphyxial encephalopathy in full-term infants, *Early Hum Dev*, 11, 21-26.

MacLennan A. (1999), *A template for defining a causal relation between acute intrapartum events and cerebral palsy: international consensus statement,* BMJ.

McGuire W. (2007), *Perinatal asphyxia,* Clin Evid, Online.

Rothstein R.P. eta Levison S.W. (2005), Gray matter oligodendrocyte progenitors and neurons die caspase-3 mediated deaths subsequent to mild perinatal hypoxic/ischemic insults, *Dev Neurosci,* 27, 149-159.

Sanches E.F., Arteni N.S., Nicola F., Boisserand L., Willborn S., Netto C.A. (2013), Early hypoxia-ischemia causes hemisphere and sex-dependent cognitive impairment and histological damage, *Neuroscience,* 237, 208-215.

Vannucci S.J. eta Hagberg H. (2004), Hypoxia-ischemia in the immature brain, *J Exp Biol* , 207, 3149-3154.

Volpe J.J. (2001), Perinatal brain injury: from pathogenesi, to neuroprotection, *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 7, 56-64.

Warner D.S., Sheng H., Batinic-Haberle I. (2004), Oxidants, antioxidants and the ischemic brain, *J Exp Biol*, 207, 3221-3231.

## 7. Eskerrak

Lan hau Eusko Jaurlaritzaren laguntzari ( IT 773/13 eta BFI-2011-129) esker gauzatu da.

Lan hau beste lan batetik eratorria da, nire bukatu gabeko tesiaren parte baita.

# Erresilientzia zailtasunei aurre egiteko prozesu bezala: Desoreka bipolarretan emandako zuzeneko esperientzia.

Echezarraga, A. [1], Las Hayas, C. [1]

*[1]: Deusto Stress Research ikertaldea. Psikologia eta Hezkuntza Fakultatea. Deustuko unibertsitatea (Bilbao).*

*a.echezarraga@deusto.es*

***Laburpena***

Erresilientzia, ezbeharren aurrean osasun mentala mantendu, egokitu edota garatzera bideratzen duen gaitasuna da, eta buruko desoreketatik sendatzearekin lotuta dago. Ikerketa honek desoreka bipolarretik osatuta dauden pertsonetan errezilientzi prozesua kualtitatiboki aztertzea du helburu. Bakarkako eta foku-taldeko elkarrizketak, paziente hauekin zein klinikoekin eramanak, ainguraturiko teoriaren bidez aztertu ziren. Desorekarenganako errezilientzia prozesua pixkanakakoa, dinamikoa eta ez-lineala dela ezagutarazi zuten emaitzek. Inflexio-puntua, aldaketara gidatutako erabakitasun bezala nabaritu zen, jarrera eta portaeren moldaketak honen ildotik bideratuz, eta desorekari aurre egiteko hainbat baliabide garatuz (bipolar desorekarenganako errezilientzi ereduan azalduta).

Hitz gakoak: Desoreka Bipolarra, Osasun Mentala, Erresilientzia, Kualitatibo.

***Abstract***

*Resilience, which enables people to develop or maintain mental health despite the adversity, is related to recovery in mental disorders. The study aims to explore qualitatively the experience of resilience process and its qualities in people recovered from Bipolar Disorder (BD). Individual interviews and focus groups with both, those patients and physicians, were analyzed following grounded theory. Results revealed that resilience to BD is a progressive, dynamic and non-linear process. Turning point was experienced as the determination to change, which turned into attitudes and behaviors modification, developing a variety of strategies to face bipolar (explained within the model of resilience to BD).*

*Keywords: Bipolar Disorder, Mental Health, Resilience, Qualitative.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Desoreka edo nahasmendu bipolarra, mania-egoeratik (psikiatrian asaldura, euforia, sumingarritasuna, edota aktibitate handia esaten denetik) egoera depresibora (tristurara, lur jotzera, adorerik ezera, edota etsipenera) bat-batean pasatzeari deritzaio. Desoreka bipolarra gaixotasun suntsitzailea izan daiteke (Morselli, Elgie, eta Cesana, 2004), arrisku sozioekonomiko larriak ondorioztatuz (Angst, 2004). Osasunaren mundu-erakundeak 2.4%-ko prebalentzia aurkitu zuen bipolar desoreka espektroentzako (Bipolar I, II, edo zehaztu gabea) (Merikangas et al., 2011).

Oro har, joera nagusia arazo psikologikoei dagozkien aldagai kaltegarriak ikertzea da, adibidez agresioan (Borrajo, Gámez-Guadix, eta Calvete, 2015) edota depresioan (Mateos-Pérez, Calvete, eta Hankin, 2015) eragiten dituzten faktoreak aztertuz. Modu honetan, bipolar desorekari buruzko ikerketa zientifiko gehienak ere aspektu negatiboak ikertzera bideratuta daude, adibidez lan eta familiar zama handietan (Dickerson et al., 2004; Perlick et al., 2007), eta bizi-kalitate eskasean (Michalak et al., 2005) arreta ipiniz. Hala ere, bai orientazio Salutogenikoak (Antonovsky, 1996) bai Psikologia Positiboak (Seligman eta Csikszentmihalyi, 2000), zein Sendatze Mugimenduak (Bellack, 2006), zoritxarrei gogor egiten laguntzeko eta bizitza duina lortzeko, osasuna mantendu eta bideratzen dituzten aspektu positiboetan arreta jartzea beharrezkoa dela adierazi dute.

Bipolar desoreka aspektu psikologiko positiboekin lotura agertu du, kreatibitatearekin, enpatiarekin, sozial kanporakoitasunarekin, eta lan-arrakasta edota produktibitatearekin (Galvez et al., 2011) lotura agertuz esaterako. Honen harian, ikerkuntza autobiografiko batzuetan bipolar gertaerak traumatikoak eta asaldatzaileak izan ahal direla agerrarazi den arren, badago ere nahasmen hau duten pertsonek ongizatea izateko aukera. Hau lortzeko, hainbat baliabide aurkitu ziren: desorekaren ulermena, bizimodu ohitura egokiak, eta babes soziala besteak beste

(Mansell, Powell, Pedley, Thomas, eta Jones, 2010). Nahiz eta osasuntsuak eta positiboak diren bipolar alderdiak ezagutzearenganako arreta gero eta handiagoa izan, desoreka honekin lotutako alderdi negatiboak dira ezagunenak, datu positiboak bakanak izaten jarraitzen dutelarik (Galvez et al., 2011).

Errezilientzia, ezbehartasuna jasan arren, faktore psikologikoak, sozialak, testuingurukoak eta biologikoak elkar eragitean, pertsonaren edozein bizitzaren etapatan osasun mentala garatu, mantendu edota berreskuratzea ahalbideratzen duen prozesu dinamikoa da (Wathen et al., 2012). Gertakari kaltegarriei dagozkienez, banakako aldagai psikologikoak oinarrizkoak dira errezilientzian (De Terte, Becker, eta Stephens, 2009). Halaber, errezilientzia buru osasuna eta bizi-kalitatea hobetzeaz eta mantentzeaz gain (Grotberg, 2003), buru osasuneko arazoekin erlazionatuta dauden zailtasunei aurre egiterako orduan garrantzitsua da, depresioa eta eskizofreniaren kasuetan adierazi den bezala (Dowrick, Kokanovic, Hegarty, Griffiths eta Gunn, 2008; Torgalsbøen, 2012).

Beraz, errezilientzia desoreka bipolarrean gertatzen den aztertzea garrantzitsua da. Hau da, nahasmen honekiko errezilientzia nola garatzen den eta zein aspektuez baliatzen den ezagutzea. Errezilientzia, beste buru nahasmenetan gertatzen den bezala, desoreka honen kasuan ere bizi-kalitatea eta pertsonen bizitza berreskuratzearekin erlazioa baluke, bai pertsona hauen eta beraien familiarteko egoera, bai hauei ematen zaien tratamendua hobetzea lagunduko luke, modu honetan osasun mentaleko gastuak modu eraginkorrean inbestituz eta baita ere errekuperazio tasak handituz.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

### 2.1. Bipolar desorekan ematen den errezilientziari buruzko ikerkuntza eskasa da.

Eskizofrenia duten pertsonekin eramandako 15 urteko segimenduko ikerketa baten (Torgalsbøen, 2012), errezilientzia -Connor Davidson Resilience (CD-RISC) eskalarekin neurtua- era positibo eta esaguratsuan funtzionamendu psikologikoarekin, eta era negatibo esanguratsuan sintoma negatiboekin korrelazionatuta agertzen dela baieztatu zen. Ikerketa honetan, optimismoa eta hobetzeko borondatea ezaugarriak eta errezilientzia maila altuagoak aurkitu ziren osatuen arteko taldean (osatuen taldea osatzeko funtzionamendu psikologiko normala eta sintoma eskasak kontuan hartu zirelarik).

Nahiz eta beste buru nahasmenduetan errezilientziak osaketan duen eragina frogatu izana, ez dago bipolar desorekan errezilientzia psikologikoari buruzko ikerketa espezifikorik. Beraz, lagin honetarako, ez dago errezilientzia psikologikoak osaketan jarduten duen eragina aztertzen duen ikerlan zientifikorik. Bipolar desoreka eta beste buru nahasmendu batzuk dituzten pertsonekin ( n= 8) eramandako ikerketa batean, errezilientzia ezaugarriak aurkitu ziren partaideetan (De Terte et al., 2009). Errezilientziari buruzko beste ikerkuntza batetan (Choi et al., 2015), eutimian zehar zeuden 62 ospitalez kanpoko parte-hartzaileetan, erresilientzia (CD-RISC eskala erabiliz) eta oldarkortasunak zein gertaera depresiboen kopuruak, korrelazio negatibo esanguratsua gordetzen dituztela ondorioztatu zen. Dena den, bipolar desoreka duten partaide hauekin eramandako ikerketen lagina ez da oso erakusgarria izan, edo errezilientzia neurtzeko erabilitako tresna ez da nahasmenduarekiko espezifikoa izan.

### 2.1. Ikerketaren helburuak

Ikerketa honen helburua bipolar desorekarekiko errezilientzia (psikologikoa) prozesua eta bere faktoreak zuzenean aztertzea da. Hau da, nahasmendu honetaz errekuperatuta dauden pazienteen errezilientzia esperientzia da kualitatiboki aztertuko dena. Pazienteen zuzeneko esperientziaz gain, buru nahasmenduetan adituak diren klinikoen ikuspuntuak ere aztertuko dira. Azkenik, lortutako informazio guztiarekin, desoreka honekiko errezilientziari buruzko eredu bat garatu eta azalduko da. Bipolar desorekari aurre egiteko errezilientzia prozesua dinamikoa eta dimentsioaniztuna izatea espero da.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1. Metodologia jarraitua

Euskadiko Etikako Komiteak onarpen etikoa eman dio ikerkuntza honi. Horrenbestez, partaide guztiekiko onespen informatzaile, borondatezko partaideza, eta konfidentzialtasuna bermatu egiten da. Elkarrizketa bilera bakoitzak, bi ordu inguruko iraupena eduki zuen. Elkarrizketak eta datuen analisia, ikerkuntza kualitatiboetan eta psikologian adituak ziren bi pertsonek gidatu zituzten (AE, CLH). Honela, desoreka bipolarrarekiko errezilientziari buruzko eredua garatu zen.

Elkarrizketa guztiak, partaideen baimenak aldez aurretik edukirik, audioan grabatu ziren. Material hau transkibatu ondoren, datuen analisi kualitatiboa (ainguraturiko teoria jarraituz) aurrera eraman zen. Bederatzi paziente errezilientziari buruz banaka elkarrizketatuak izan ziren. Datu hauen atariko analisiak lortu ondoren, ezaugarri berdineko beste sei pazienteekin foku-talde bat aurrera eraman zen. Galdera erdiegituratuen bidez errezilientziari buruz elkarrizketatutako pazienteek (bipolar nahasmendua eduki baina elkarrizketen momentuan errekuperatuta aurkitzen zirelarik) gainera, datu sozio-demografiko eta klinikoak bete zituzten. Pazienteek sintoma bipolarrak (*BSDS*), erresilientzia (*RS-25*), trauma osteko hazkundea (*PTGI-SF*), bizi-kalitatea (*Brief QoL.BD*) eta hautemandako errekuperazioa *(errekuperazio mailarako IEA)* neurtzeko galdera-sortari erantzun zioten. Gainera, paziente bakoitzaren terapeutak, sintomen larritasuna neurtu zuten *(CGI-BP-M*) eskalaren bidez. Datuen asetasuna lortu ondoren, ez zen pazienteekin elkarrizketa gehiagorik egin.

Pazienteetatik erakarritako informazio hau kontuan harturik, nahasmendu honekiko errezilientzia esperientzia beste ikuspuntu batetik osatzeko asmoarekin eta honela informazioaren baliotasuna bermatzeko, buru nahasmenetan adituak ziren klinikoekin bi foku-talde burutu ziren.

### 3.2. Ikerketaren emaitzak

Datuen analisi deskriptiboak, maiztasunak eta korrelazioak SPSS Windows-entzako 20. bertsioaren bidez burutu ziren. Pazienteek (n = 15), banakako elkarrizketetan (n = 9) eta foku-talde batetan (n = 6) parte hartu zuten. Elkarrizketak beraien ospitalean (n = 9; Santiagoko Apostol Ospitalea, Araba) zein Deustuko Unibertsitateko Ikasteko eta Ikertzeko Baliabideen Zentroan (n = 6; Jatorria: Bizkaiko Nagusientzako Uribe Kosta Osasun Mentaleko Zentroa (OMZ), Getxo; eta Bombero Etxaniz OMZ, Bilbao) burutu ziren. Guzti hauetatik, zazpi ezkonduta zeuden, zortzik goi-mailako lanbide-heziketaren bat zeukaten, eta 11 langabetuak ziren. Datu klinikoei dagokienez (ikusi 1. Taula), paziente guztiak tratamendu farmakologikoa zeukaten, gehienek (n = 9) gutxienez bi farmako desberdin hartu behar zituztelarik. Nahasmendurako farmakorik maizenak gogo-aldartearen egonkortzaileak antipsikotikoak eta antikonbultsiboak izan ziren. 12 pazientek tratamendu psikologikoa ere jaso zutela adierazi zuten. Pazienteek ez zituzten sintoma aktibo adierazgarririk (BSDS eskalari dagokionez), ezta larririk (CGI-BP-M, Orokorra eskalaren arabera) agertu. Bestalde, pazienteek errekuperazio maila altua hauteman zuten (errekuperaziorako IEA-ri dagokionez). Partaideek, errezilientzi (RS-25), trauma osteko hazkunde (PTGI–SF), eta bizi-kalitate (Brief QoL.BD) maila ertain-altuak agertu zituzten. Korrelazio positibo esanguratsuak bizi kalitatea eta errezilientziaren artean ($r = .84$, $p < .01$) eta bizi-kalitatea eta hautemandako errekuperazio mailaren artean ($r= .59$, $p < .05$) agertu ziren.

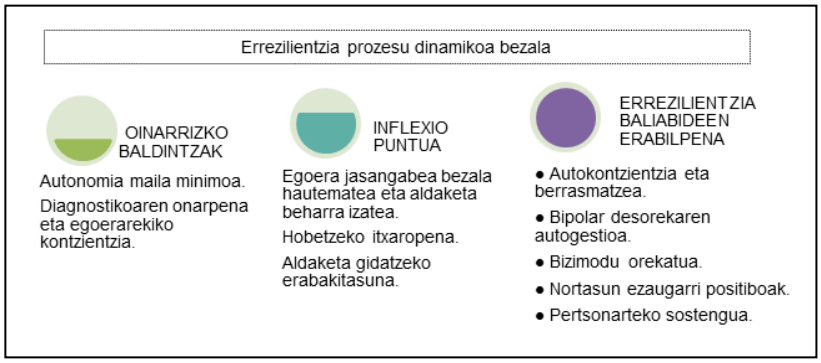
**1. Taula Pazienteen datu sozio-demografiko eta klinikoak**

| | Media ($n$ = 15) | *Desbideratze tipikoa* |
|---|---|---|
| Adina urteetan | 42.88 | 11.99 |
| CGI-BP (Orokorra) | 1.47 | .83 |
| BSDS | 2.73 | 2.40 |
| Errekuperaziorako IEA | 85 | 11.01 |
| Desoreka bipolarraren agerpena: Adina (urteetan) | 25 | 9.71 |
| RS-25 | 137.80 | 16.97 |
| PTGI-SF | 32.87 | 7.23 |
| Brief QoL.BD | 48.80 | 6.89 |

Buru nahasmenduetan bost urte baino gehiagoko esperientziadun partaide klinikoek (n = 6; 4 gizonezko eta 2 emakumezko psikiatrak) foku-talde bitan parte hartu zuten.

Bederatzi kategoria nagusi agertu ziren nahasmendu honekiko errezilientziari buruzko ikerlan kualitatibotik. Lehenengo gai orokorra "Errezilientzia prozesu dinamikoa bezala" izan zen. Ibilbide honetan, "Oinarrizko baldintzak" eta "Inflexio puntua" kategoriak, errezilientziaren abiapuntu bezala azaldu ziren. Orduan, "Errezilientzia baliabideen erabilpena" nabarmendu zen, elkar erlazionatutako bost azpi-kategori azpimarratuz: "Autokontzientzia eta berrasmatzea", "Bipolar desorekaren autogestioa", "Bizimodu orekatua", "Nortasun ezaugarri positiboak", eta "Pertsonarteko sostengua". Bipolar desorekarekiko errezilientzia eredua (pazienteen eta klinikoen ikuspuntuak batera kontuan izanda) behean azaltzen da (Ikusi 1. Irudia).

**1. irudia. Bipolar desorekarekiko errezilientzia eredua**




Partaideek nahasmenduari aurre egiteko errezilientzia prozesuaren bizipena azaldu zuten. Bere agerpena, bipolar krisiari aurre egiteko barne indar gehiago beharrezkoa denean eman zela adierazi zuten, prozesua pixkanakakoa, dinamikoa eta ez-lineala bezala deskribatuz. Behin desorekarekiko errezilientzia garatu ostean, ondorengo bipolar zailtasunei aurre egiteko baliabide bat izango litzatekeela ere baieztatu zen.

Oinarrizko baldintzak: Nahiz eta bizitzen ari ziren egoera kaltegarria bezala nabarmentzea oinarrizko baldintza izan, osasun mentaleko kondizio batzuk mantenduta ageri behar ziren (adb. medikazioaren bidez sintoma psikotiko larriak kontrolpean edukitzea edota komorbilitate arazo larriak ez edukitzea) gutxienezko autonomia maila bat bermatu zedin. Beste alde batetik, diagnostikoaren onarpena eta nahasmenduak ekar ditzakeen ondorioen kontzientzia edukitzea ere oinarrizkoa izan zen.

Inflexio puntua: Egoera jasangabea izatearen kontzientziak, eta etorkizunerako itxaropenak (batzuetan lehenago bizitako momentu onen oroipenen eskutik), egoera hori baztertzeko erabakitasun eta ausardia baimendu zuten. Egoera hura ukatzearen erabakitasuna egoerarekiko erantzunbehar pertsonala sentitzearekin erlazionatzen da, eta hau, ezin da biktima profiletik burutu. Honela, partaideek egoerari aurre egiteko gaitasuna eta ardura azpimarratu zuten. Inflexio puntua beraz, egoera kaltegarri horretan murgildurik ez jarraitzeko helburuarekin, zerbait egin behar zutela konturatu ziren momentua bezala agertu zen. Modu honetan, beraien bizitza eta nahasmenduari zuzenbidea aldatzeko konpromisoa hartu zuten.

Errezilientzia baliabideen erabilpena: Egoera kaltegarri horri bukaera emateko norabidea finkotasunez ezartzearekin lotuta, hainbat jarrera eta portaeren aldaketak gailentzen hasi zirela adierazi zuten partaideek. Honela, errezilientzia prozesuaren barne elkar erlazionaturik sortu ziren bost azpi-baliabideei buruz adostasunez mintzatu ziren.

Autokontzientzia eta berrasmatzeari dagokionez, norberaren bai sendotasun zein ahultasunak, bai jomuga zein zaletasunak analizatzea garrantzitsua zela ziurtatu zuten; Nortzuk eta nolakoak ziren aztertzea, hain zuzen. Norberak duen egoera desberdinei erantzuteko joerak ezagutzeak, beraien nortasuna desorekatik bereizten lagundu zien. Honela, norberaren bizi-zentzua berrasmatua zuten, beraien buruarekiko konfiantza indartuz.

Bipolar desorekaren autogestioari dagokionez, nahasmenduari buruzko ezagutza lortzeko liburuetaz eta beraien esperientziaz ikasteaz gain, psikoheziketa talde-terapiak eta banakako terapia jaso zuten. Beharrezko baliabideak bilatu eta aurkitzerako orduan, sintomak aldez aurretik ondo interpretatzerako orduan, eta desorekaren tratamendu farmakologikoari buruz erabakiak aktiboki hartzeko gai izaterako orduan islatu zen ezagutza hau.

Bizimodu orekatua, diziplina eta ohitura osasuntsuak jarraitzearen eskutik etorri zen. Osasun mentala balio lehenetsia izanik, beraien bizitza familiar, sozial, eta laboralaren arteko oreka (nahitaezko muga eta norberarekiko balioa hobetzen duten eguneroko zeregin batzuk ezarrirk) bilatzea garrantzitsua zela adierazi zuten.

Errezilientzia prozesuan agertu edota indartutako nortasun ezaugarri positibo garrantzitsuenak ondorengoak izan ziren: ekimena, pertseberantzia, nahimena, kanporakoitasuna, trebetasun sozialak edukitzea, umore-sena, eta kreatibitatea.

Pertsonarteko sostengua era desberdinetan agertu zen. Alde batetik, pertsona batengandik gutxienez maitatua izatea bezala adierazi zen. Bestalde, norberaren esperientziak partekatzeko konfiantzadun pertsona bat edukitzea bezala ere agertu zen. Gainera, desorekaz ohartarazteko gai den konfiantzako norbait edukitzea bezala ere adierazi zen pertsonarteko babesa. Halaber, kasu gehienetan psikiatra edo psikologoek emandako sostengu formala ere adierazi zen.

## 2. Ondorioak

Pazienteek gogo handiz, eta erosotasunez parte hartu zuten elkarrizketetan. Egungo zientziak proposatzen duen orientazioari jarraiki, eta bipolar desorekan agertu diren aspektu positiboei keinu eginez (Galvez et al., 2011; Mansell et al., 2010), ikerlan honek bipolar desorekari aurre egiteko erabilitako aspektu positibo eta osasuntsuak bereganatzen ditu. Hau da, ahultasunak aztertu beharrean, pertsonaren sendotasunetan zentratzen da, errezilientzia prozesuan hain zuzen ere. Bestelako gertakizun kaltegarrietan adierazi den bezala (Choi et al., 2014; Dowrick et al., 2008; Edward et al., 2009; Torgalsbøen, 2012), partaide guztiek bipolar desorekarekiko errezilientzia prozesua bizi izan zutela ziurtatu zuten, hasiera, garapena eta hainbat kategoria nagusi azalduz (Ikusi 1. Irudia). Gainera, beste ikerketei jarraiki, ikerketa honetako partaideek (nahasmendutik errekuperatuak zaudelarik), bizi-kalitate maila egokiak erakutsi zituzten. Bipolar nahasmenduari aurre egiteko agertutako errezilientzia prozesua dinamikoa da eta hainbat baldintza eta baliabideen arteko elkarreraginarekin agertzen da, lagin orokorrekin eramandako beste ikerketek adierazi duten bezala (Grotberg, 2003, Wathen et al., 2012).

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Bipolar desorekarekiko errezilientzia eredua, honi buruzko eskala espezifiko bat garatzeko baliabidea izan daiteke. Modu honetan, bipolar nahasmenduetan errezilientzia neurtu ahal izango litzateke. Izan ere, ikerkuntza hau helburu hau jarraitzen duen beste ikerkuntza luzeago baten parte da. Ikerketa longitudinaletan bipolar desorekarekiko errekuperazioa errezilientziaren esku datorren aztertzea gomendatzen da. Izan ere, errezilientzia zuztartzen duten tratamenduen erabilpenarekin, nahasmendu honek suposatzen duen pisua murriztea gerta daiteke.

## 6. Erreferentziak

Angst, J. (2004). Bipolar disorder. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, *254*(2), 59-60.

Antonovsky, A. (1996). The salutogenic model as a theory to guide health promotion. *Health promotion international*, *11*(1), 11-18.

Bellack, A. S. (2006). Scientific and consumer models of recovery in schizophrenia: concordance, contrasts, and implications. *Schizophrenia bulletin*, *32*(3), 432-442.

Borrajo, E., Gámez-Guadix, M. eta Calvete, E. (2015, maiatza). Sinesmen irrazionalak eta bikote gazteen arteko ziber-erasoak. IkerGazte I. kongresuan aurkeztuko den komunikazioa, Durango, Bizkaia.

de Terte, I., Becker, J., & Stephens, C. (2009). An integrated model for understanding and developing resilience in the face of adverse events. Journal of Pacific Rim Psychology, 3(01), 20-26.

Choi, J. W., Cha, B., Jang, J., Park, C. S., Kim, B. J., Lee, C. S., & Lee, S. J. (2015). Resilience and impulsivity in euthymic patients with bipolar disorder.*Journal of affective disorders*, *170*, 172-177.

Dickerson, F. B., Boronow, J. J., Stallings, C. R., Origoni, A. E., Cole, S., & Yolken, R. H. (2004). Association between cognitive functioning and employment status of persons with bipolar disorder. *Psychiatric Services*, *55*(1), 54-58.

Dowrick, C., Kokanovic, R., Hegarty, K., Griffiths, F., & Gunn, J. (2008). Resilience and depression: perspectives from primary care. *Health:*, *12*(4), 439-452.

Galvez, J. F., Thommi, S., & Ghaemi, S. N. (2011). Positive aspects of mental illness: a review in bipolar disorder. *Journal of Affective Disorders*, *128*(3), 185-190.

Grotberg, E. H. (Ed.). (2003). *Resilience for today: Gaining strength from adversity*. Greenwood Publishing Group.

Mansell, W., Powell, S., Pedley, R., Thomas, N., & Jones, S. A. (2010). The process of recovery from bipolar I disorder: a qualitative analysis of personal accounts in relation to an integrative cognitive model. *British Journal of Clinical Psychology*, *49*(2), 193-215.

Mateos-Pérez, E., Calvete, E., eta Hankin, B. (2015, maiatza). Eskemek nerabeen depresio sintomen agerpena iragartzen dute inferentzien bidez**.** IkerGazte I. kongresuan aurkeztuko den komunikazioa, Durango, Bizkaia.

Merikangas, K. R., Jin, R., He, J. P., Kessler, R. C., Lee, S., Sampson, N. A., ... & Zarkov, Z. (2011). Prevalence and correlates of bipolar spectrum disorder in the world mental health survey initiative. Archives of general psychiatry, 68(3), 241.

Michalak, E. E., Yatham, L. N., & Lam, R. W. (2005). Quality of life in bipolar disorder: a review of the literature. *Health Qual Life Outcomes*, *3*(1), 72.

Morselli, P. L., Elgie, R., & Cesana, B. M. (2004). GAMIAN-Europe/BEAM survey II: cross-national analysis of unemployment, family history, treatment satisfaction and impact of the bipolar disorder on life style. *Bipolar Disorders*, *6*(6), 487-497.

Perlick, D. A., Rosenheck, R. A., Miklowitz, D. J., Chessick, C., Wolff, N., Kaczynski, R., ... & Desai, R. (2007). Prevalence and correlates of burden among caregivers of patients with bipolar disorder enrolled in the Systematic Treatment Enhancement Program for Bipolar Disorder. *Bipolar Disorders*, *9*(3), 262-273.

Seligman, M. E., & Csikszentmihalyi, M. (2000). Positive psychology: an introduction. American psychologist, 55(1), 5.

Torgalsbøen, A. K. (2012). Sustaining full recovery in schizophrenia after 15 years: does resilience matter?. *Clinical schizophrenia & related psychoses*,*5*(4), 193-200.

Wathen, C. N., MacGregor, J. C., Hammerton, J., Coben, J. H., Herrman, H., Stewart, D. E., & MacMillan, H. L. (2012). Priorities for research in child maltreatment, intimate partner violence and resilience to violence exposures: results of an international Delphi consensus development process. *BMC public health*, *12*(1), 684.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Bereziki, beraien esperientziak partekatuz ikerlan hau baimendu duten pertsonak eskertu nahiko genituzke. Gainera, pazienteen kontaktuan lagundutako Osakidetzako psikiatrei ere eskerrak eman nahiko genieke.

1. Oharra: Lan hau “Bipolar desorekako sintoma, funtzionamendu eta bizi-kalitatearen hobekuntza errezilientziaren menpe: Kualitatibo eta Kuantitatibo ikerketa longitudinala” tesitik etorria da.
2. Oharra: Ikerlan hau hurrengo besteekin batera (mahaia: “Gaur egungo arazo psikologikoak: ahultasun eta errezilientzi faktoreak”) aurkeztea gustatuko litzaiguke. Izan ere, mahai honetan aurkeztuko diren hiru gaiak (“Sinismen irrazionalak eta bikote gazteen arteko ziber-erasoak”, “Eskemek nerabeen depresio sintomen agerpena iragartzen dute inferentzien bidez”, eta “Erresilientzia zailtasunei aurre egiteko prozesu bezala: Desoreka bipolarretan emandako zuzeneko esperientzia”) gaur egungo arazo psikologiko desberdinei buruz, eta horiekin erlazionatuta dauden aspektu negatibo eta positiboei buruz mintzatuko dira.

# Osasun-txosten elebidunak posible ote?

**Perez-de-Viñaspre O.** eta **Oronoz M.**[1] **Patrick J.**[2,3]

[1] IXA taldea (UPV/EHU). Manuel Lardizabal Pasealekua 1. 20018 Donostia
[2] Innovative Clinical Information Management Systems (iCIMS). Sydney
[3] Health Language Analytics (HLA). Sydney

**Laburpena**

Artikulu honetan osasun-txosten elebidunak lortzea posible dela erakusten dugu, horretarako, tresna-prototipo bat garatuaz. Prototipoa lortzeko zaintza klinikorako informazioa kudeatzeko sistema bat sortu dugu horretarako prestatuta dagoen software bati esker. Sistema honen oinarrian dauden terminologia-zerbitzariak sortu ditugu euskara eta gaztelaniarako, eta medikuntzara egokitutako ortografia-zuzentzaile bat ere sortu dugu euskararako. Prototipoa eraikitzeko, Donostia Unibertsitate Ospitaleko alta-txostenen bildumako "Digestio-aparatua"ko eredua erabili dugu. Horrela, euskaraz alta-txostenak idazteko eta modu errazean haren terminologiaren gaztelerako baliokideak lortzeko prototipo bat eraiki dugu.

**Hitz gakoak:** Hizkuntzaren prozesamendua, termino kliniko, osasun-txosten elebidun, SNOMED CT

**Abstract**

*This paper shows that getting bilingual health-records is possible by means of developing a prototype. We developed the prototype by creating a Clinical Care Information System using a software designed for that purpose. We created the terminology servers for Basque and Spanish that are the base of the system, and we adapted a Basque spell-checker for medicine. We used the model of the "Digestive System" specialization from the Donostia University Hospital discharge summary collection to build the prototype. Thus, we created a prototype to write discharge summaries in Basque and to easily obtain the Spanish translation of its terminological content.*

**Keywords:** Natural Language Processing, clinical term, bilingual health-record, SNOMED CT

## 1 Sarrera eta motibazioa

Osakidetza, Euskal Autonomia Elkargoan (EAEn) osasun-zerbitzuak eskaintzeaz arduratzen den erakundea da. EAEn euskara eta gaztelania hizkuntzak dira koofizialak baina maiz osasun-langileekin tratua euskaraz izaten dugun arren, haiek osasun-txostenak gaztelaniaz idazten dituzte. Batzuetan arrazoi desberdinak medio (hezkuntzarako erabilitako hizkuntza, osasunarekin lotutako terminoen ezagutza eza ...) erosoago sentitzen direlako egiten dute hori; besteetan berriz, euskaraz osasunaren inguruan idazteko gai izan arren, beraien burua erdi behartuta sentitzen dute gaztelaniaz idaztera: Osakidetzak sistema zentralizatua du eta osasun-langile batek idazten duen txostena, gaixoa tratatzen duten gainerako osasun-langileek ere irakur dezakete. Euskaraz idatzi duenaren ondoren datozen irakurleak euskara ulertzeko gai ez badira, gaixoaren segurtasuna kolokan egon daiteke.

Osakidetzak bere 2013-2019 eperako definitu duen *Osakidetzan Euskararen Erabilera Normalizatzeko 2. Plana*n (Osakidetza, 2013) zera zehazten du: "ahalegin handiak egin behar dira historia klinikoak ere ele bietan idatzita egoteko; eta horretarako, nahitaezkoa da luze gabe azterketa sakon bat egitea, informazioa sortu eta ustiatzeko prozesuari eragiten dioten faktoreak ondo ezagutze aldera". 2014ko abenduan, aditu-talde batek hainbat hilabetetan alderdi teknikoak, etikoak, gaixoaren segurtasuna eta

antzeko faktoreak aztertu ondoren, txosten bat aurkeztu zuen gai honen inguruan. Txosten horren alderdi teknikoaren atalean, artikulu honetan aurkezten dugun tresna azaltzen da, osasun-txosten elebidunak erdiautomatikoki sortzea posiblea dela erakusteko. Beste aukera, osasun-txostenak giza itzultzaileek itzultzea, oso garestia da.

Beraz, aipatu berri dugun moduan, artikuluan aurkeztuko dugun tresnaren helburua osasun-txosten elebidunak sortzeko bidean lehen urratsak ematea da, hizkuntzaren prozesamenduko teknikak erabiliz. Hizkuntzaren prozesamendua, informatika eta hizkuntzalaritza konbinatzen dituen alorra da eta hizkuntza aztertzeko edo sortzeko tresna konputazionalak ikertzeaz arduratzen da. Alor honetan garatzen diren tresna ezagunenak ortografia-zuzentzaileak[1], itzultzaile automatikoak[2] edota informazioaren berreskurapenerako tresnak[3] (Google edo Yahoo bilatzaileak, besteak beste) badira ere, hamaika ikerlerro daude zabalik, eta tresna berriak etengabe sortzen eta hobetzen ari dira.

Tresna garatzen hasi aurretik, egunerokoan osasun-txostenak eskuartean dituzten osasun-langileen behar errealak zeintzuk diren jakin nahi izan genuen inkesta bat erabiliz. Horretarako, 2014 urteko otsailean osasun alorreko 45 langileri galdeketa bat pasa genien honakoen inguruan: txostenak edozein hizkuntzatan idazten dituztenean zein zailtasun topatzen dituzten ezagutu nahi genuen eta txostenak euskaraz idazteko aukera izanez gero, tresnak zein behar ase beharko lituzkeen (ortografia-zuzentzailea, osasun-arloko terminologia euskaraz, txantiloiak e.a.) zerrendatu nahi genuen.

Galdeketaren emaitzetatik ateratako ondorioak zerrendatuko ditugu jarraian. Hizkuntzaren erabilerari dagokionez, 41 osasun-langilek gaixoekin komunikazioa euskaraz egiten dute baina 5ek soilik idazten dituzte txostenak euskaraz. Galdetegian osasun-txosten bat euskaraz idaztera gonbidatu genituen inkestatuak eta honako zailtasunak aurkitu zituzten: euskarazko terminologiaren falta (45etik 32 pertsonek), eredu falta (24 pertsonak) eta ohitura falta (15 pertsonak). Euskaraz idazteko beharrezkoak iruditzen zaizkien baliabideen artean galdetuta, lehentasun handiena eman zieten euskarazko medikuntzaren inguruko terminologia bateratu eta osatu bati (45etik 39 pertsonek), medikuntzara egokitutako ortografia-zuzentzaile bati (30 pertsonak) eta idazketarako eredu edo txantiloiak izateari (25 pertsonak). Galdetutakoen % 89 prest agertu zen tresna sortuko balitz erabiltzeko, gainerakoek berriz, bere zalantzak agertu zituzten.

Beharrak eta lehentasunak zehaztuta, garapenari ekin genion, nahiz eta badakigun haren erabilera normalizatua ez dagoela gure esku. Horixe da, hain zuzen, aztertu nahi izan genuen hurrengo kontua: beste herrialde elebidunetan (edo eleanitzetan), osasun-zerbitzuetan hizkuntzen erabilera nola egiten den. Kanadan, elebitasuna ofiziala den zonaldeetan, gaixoaren eta osasun-langilearen arteko harremanerako hizkuntza gaixoak erabakitzen du (Desjardins, 2003) eta osasun-txostenak hizkuntza horretan idazten dira. Belgikan aldiz, hizkuntza-komunitate bakoitzak bere osasun-zerbitzua kudeatzen duen sistema ez-zentralizatua dauka, eta Bruselaren kasuan, zonalde elebiduna izanik, bi osasun-zerbitzu sistema eskaintzen dira: frantziar komunitatearena eta flandiarrena (Gerkens eta Merkur, 2010). Luxenburgon, herrialde txiki bezain anitza izanik, nahiz eta alemana, frantsesa, italiera, ingelesa eta portugesa hizkuntza zabalduak diren, *lingua franca* moduan frantsesa erabiltzen dute (on Health Care Systems, 1999).

Gurean aldiz, hizkuntza komunitateak nahastuta daude, eta osasun-zerbitzu bateratua daukagu; *lingua franca* gisa gaztelania erabiltzen dugu Hego Euskal Herrian, baino horrek ez ditu herritar guztien hizkuntza-eskubideak bermatzen. Euskara hizkuntza ofiziala izan arren, osasun-langile guztiek ez dute euskara ezagutzen eta euskaldunak diren osasun-langileek, ahozko komunikazioa euskaraz egiten dute eta berehalako itzulpena egin beharra dute oharrak gaztelaniaz idazteko. Edozein kasutan, gaixoak oraingoz ez du sistematikoki bere osasun-txostena euskaraz lortzeko aukerarik. Horretarako bidea ireki nahi du tresna-prototipo honek, euskarazko idazketan laguntzeaz gain, osasun-txosten elebidunak automatikoki lortze-bidean itzulpen automatikoaren oinarriak ezartzen baititu.

Osasun-txostenetan erabiltzen den hizkuntzaren gramatikari erreparatuta, egitura sinpleak erabiltzen direla konturatu gara; esaldi konplexuen erabilera oso murritza da. Gainera, erabiltzen den hiztegia terminologia espezializatuarekin egoten da hertsiki lotuta, eta horrela anbiguotasuna asko gutxitzen da. Hori guztia kontutan harturik, osasun-txostenetan idatziko den testua inplizituki bada ere, "hizkuntza kontrolatu" gisa definitu ahalko genuke, erabiltzen diren egiturak eta esaldiak gehienetan sinpleak eta

[1] http://eu.wikipedia.org/wiki/Ortografia-zuzentzaile
[2] http://eu.wikipedia.org/wiki/Itzulpengintza_automatiko
[3] http://eu.wikipedia.org/wiki/Informazioaren_berreskurapen

haien artean antzekoak baitira. Ezaugarri horiek ezinbestekoak dira gaur egun itzulpen automatikoa berme batzuekin bideragarria izan dadin (Mitamura, 1999; Aikawa *et al.*, 2007).

## 2 Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Osasun-txostenen prozesamendu automatikoan aurrera urrats oso garrantzitsuak eman dira, adibidez osasun-txostenen sailkapen automatikoa (Pérez *et al.*, 2015) edota txosten horietan ebakuntza osteko konplikazioen identifikazio automatikoa (Murff *et al.*, 2011). Dena dela, osasun-txosten horien itzulpen automatikoa landu gabeko arloa da orain arteko literaturan. Aztertu ahal izan dugunaren arabera, osasun-txosten elebidunak kasu puntualetan eskuzko itzulpenekin lortu dira orain arte, bai munduan (Kanadaren kasua, aurreko atalean ikusi dugun moduan), bai eta Euskal Herrian ere (gaixoak txostena euskaraz eskatzen duen kasuetan).

Jarraian, artikulu honetan aurkeztuko dugun tresnaren aurrekari izan diren hainbat baliabide deskribatuko ditugu.

Osasun-txostenen prozesamenduari dagokionez, bi tresna aztertu ditugu bereziki: *Clinical Care Information System*[4] tresna *Innovative Clinical Information Management Systems (iCIMS)*-ek garatutakoa eta *CliniTermServer*[5] tresna *Health Language Analytics*-ek garatua.

*Clinical Care Information System* edo CCIS, zaintza klinikorako informazioa kudeatzeko sistemari deritzo iCIMS enpresak. Sistema honek gaixoaren informazioa kudeatzeko aukera zabaltzeaz gain, osasun-arloko langileek euren azterketa eta prozeduren ondorioz idatziz jaso nahi duten informazioa modu antolatu eta egituratuan idazteko aukera ematen du. Gainera, gaixoaren historia klinikoa modu bateratuan gordetzeko aukera ematen du eta modu honetan kudeaketa errazten du. iCIMSek CCIS-ak diseinatzeko softwarea eskaintzen du *formBuilder* txantiloi-sortzaileari esker, eta modu honetan CCIS berri bat sor daiteke ospitale edo zerbitzu ezberdinen beharretara erabat egokiturik. Software hori oso malgua da aldaketak eta eguneraketak egiteko garaian.

*CliniTermServer* terminologia-zerbitzari[6] bat da, eta osasun-arloko terminologia eta beste hainbat sasitermino edo zerrenda barnebiltzen ditu. Besteak beste, osasun-txostenetan maiz erabiltzen diren esamoldeak eta izen-sintagmak jasotzen dira, baita salbuespeneko jokabidea dutenak ere. Zerbitzari honek terminologia jasotzeaz gain, berau prozesatzeko softwarea ere eskaintzen du, esaterako, gordeta duen terminologia testuan identifikatzeko gai da, eta terminoarekin loturiko informazioa eskaintzen du.

Euskarazko baliabideak ugariak ez badira ere, baditugu pare bat baliabide bereziki esanguratsuak eskuartean dugun ataza aurrera eramateko: Donostia Unibertsitate Ospitaleko alta-txostenen bilduma (Joanes Etxeberri Saria V. Edizioa, 2014) eta SNOMED CT (***S**ystematized **N**omenclature of **Med**icine – **C**linical **T**erms*) (IHTSDO, 2014) sare semantiko eleanitza.

Aipaturiko alta-txostenen bilduman, Donostia Unibertsitate Ospitaleko espezialitate ezberdinetako alta-txostenen ereduak agertzen dira, euskaraz idatzitako alta-txostenen adibideak, hain zuzen ere. Hogeita hamar espezialitate eta berrogeita hiru alta-txosten barnebildurik daude bilduma horretan eta benetan erabiltzen diren egiturak jasotzen dira bertan. Gainera, esfortzu berezia egin dute egileek bertan ageri den euskarazko terminologia zuzena izan dadin.

SNOMED CT, medikuntzaren alorreko ontologia zabala da. Osasun-txostenetan agertzen diren kontzeptuak, deskribapenak eta erlazioak barnebiltzen dituen ontologia da. Medikuntzaren arloan orain artean egin den terminologia eleanitz ulergarrientzat hartzen da. Nolabait esateko, hizkuntza eta sistema desberdinen arteko osasun-txostenen adierazpen eta interpretazio automatikoa eta anbiguotasunik gabea ahalbidetuko duen hiztegi normalizatua da, eta hiztegi-sarreren arteko harremanak zehaztuta izango ditu. Bere jatorrizko hizkuntza ingelesa da, eta honentzako 300.000 kontzeptu baino gehiago definituak ditu, baita horiei dagozkien 1.000.000 termino edo deskribapen baino gehiago ere. SNOMED CTk gaur egunean erabilera zabala du mundu osoan zehar. Hainbat hizkuntzatarako bertsioak daude eskura edota garatze-lanetan, hala nola, nederlanderako, frantseserako, gaztelaniarako,... Euskararen bertsioa ere garatze-bidean dago (Perez-de-Viñaspre eta Oronoz, 2014) eta berrikusi gabeko 68.495 terminorekin

[4] http://www.icims.com.au/solutions/products/

[5] http://www.healthll.com.au/product-suite/clinitermserver/

[6] Zerbitzaria informatikan zera da: Bezero deitzen diren programen eskaerei erantzuten dien programa edo aplikazio informatikoa.[Wikipedia] Zerbitzu bat eskaintzen duen aplikazioa, azken finean.

lanerako bertsio bat eskuragarri dago egileei eskatuta.

Ikerketa-lan honen helburu nagusia, lau baliabide horiek uztartuz, osasun-txostenak euskaraz idazteko tresna baten prototipoa garatzea da. Tresnaren garapenaz, modu erdiautomatiko batean osasun-txosten elebidunak euskaraz eta gaztelaniaz idaztea posiblea dela frogatu nahi izan dugu, eta etorkizunerako ikerketa bide bat ireki dugu.

## 3 Baliabideak eta metodoak

Aurreko atalean azaldu dugun moduan, ondorengoak dira lan hau aurrera eramateko uztartu ditugun baliabide nagusiak:

- *Clinical Care Information System* edo CCIS
- *CliniTermServer*
- SNOMED CT eleanitza
- Euskarazko *Donostia Unibertsitate Ospitaleko Alta Txostenak* lana

Aurretik esan bezala, CCIS sistema bat sortzeko iCIMS enpresaren *formBuilder* txantiloi-sortzailea erabiltzen da, eta horixe bera erabili dugu artikulu honetan aurkezten dugun prototipoaren (CCIS sistemaren) hezurdura diseinatzeko. Diseinu honetan, lehen txantiloia osatzeko Donostia Unibertsitateko Ospitaleko "digestio-aparatua" espezialitaterako alta-txosten eredua erabili dugu.

Alta-txostena idazteko sistemak duen txantiloiaren zati bat ikus dezakegu 1 Irudian. Bertan ikus daitekeen bezala, atal eta azpiatal ezberdinak definituta daude ("Ospitaleratzeko arrazoia", "Aurrekariak" e.a.) horiek guztiak alta-txostenen bildumatik jasotako ereduei jarraituz. Atal batzuk hautazkoak izanik (ikusi "Proba osagarrien laburpena" atala), horiek klik erraz batean agertu edo desagertuko dira, alta-txostena betetzen ari den osasun-langileak beharretara egokitutako alta-txostena idatz dezan.

Gainera, osasun-langileen gomendioei jarraituz, atal batzuei eduki lehenetsia esleitu diegu. Eduki lehenetsi honek gaixoaren egoera "normala" adierazten du. Adibidez, "Aurrekariak" atalean, egoera normala "Ez du alergiarik. Ez du ohiko tratamendurik." izango litzateke, hau da, alteraziorik gabeko egoera. Modu honetan, osasun-langileak egoera normaletik at dagoen osasun-egoera topatzen duenean bakarrik aldatu beharko du eremuaren edukia, idazketa-lana sinplifikatuz. Eskakizun hori, langileen denbora-kudeaketari erantzuten dion behar bat da; izan ere, gaixoari eskaini ahal dioten denbora laburra da, eta denbora-galeratzat hartzen dute osasun-txostenen atal guztiak bete behar izatea, egoeraren alteraziorik ez baldin badago, behintzat.

Hiztegi elebidunean termino baten bilaketa egiteko eremua definitu dugu (ikus 1 Irudian "Hiztegi-kontsulta" aukera). Dena dela, funtzionalitate hori ez da oraindik CCIS tresnan eskaintzen

Prototipoaren azalpenekin jarraitu ahal izateko, aurrenik *CliniTermServer* terminologia-zerbitzariaren gainean egindako ekarpenak azalduko ditugu. Ikusi dugun bezala, CCIS sistemako txantiloian testu-kutxak daude. Testu-kutxa horietan automatikoki ezagutzen dira osasun-terminoak *CliniTermServer* terminologia-zerbitzariari esker.

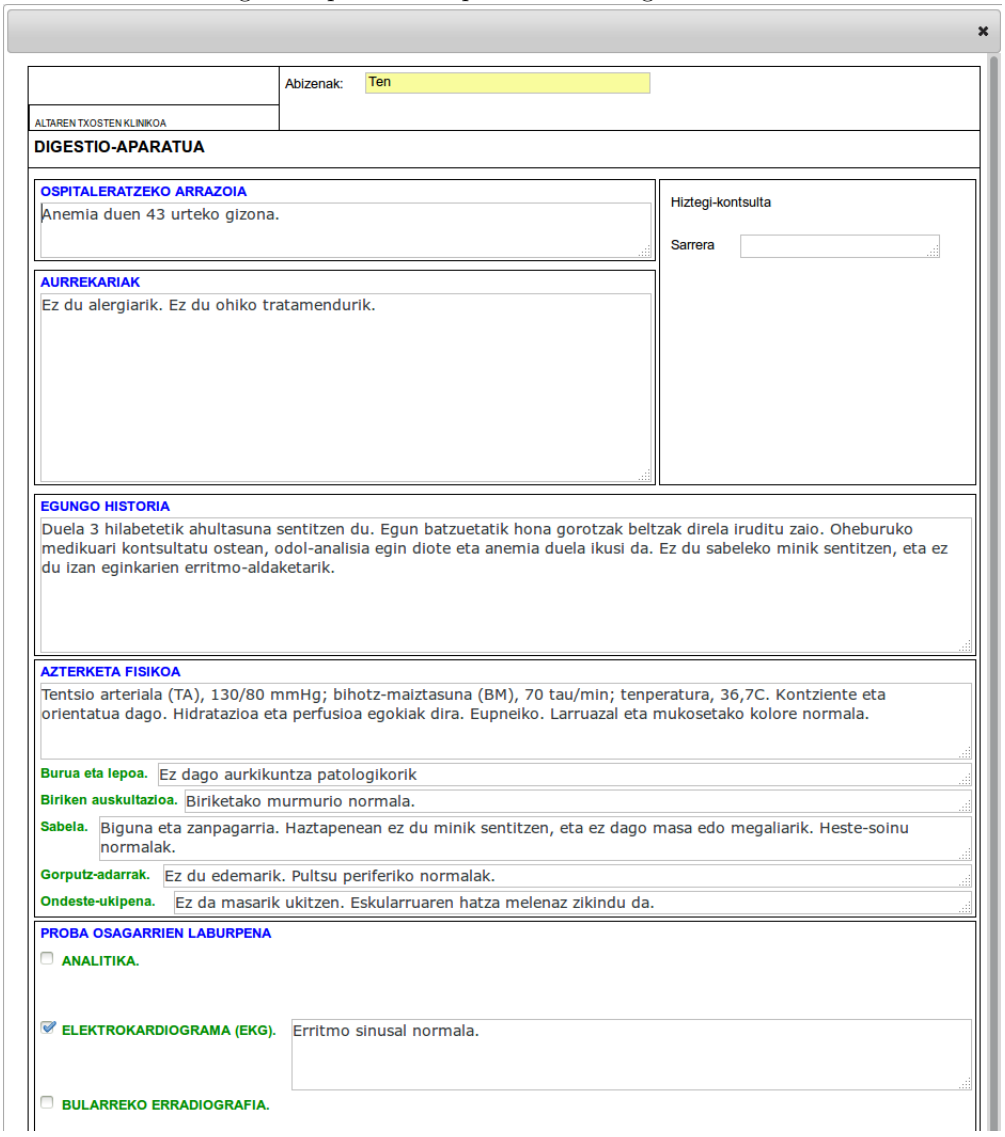
*CliniTermServer* terminologia-zerbitzaria ingeleserako bakarrik eskaintzen du *Health Language Analitics* enpresak, eta guk berau euskararako eta gaztelaniarako egokitu dugu. Terminologia zerbitzari hori beste hizkuntzetara egokitzeko, hizkuntzaren menpekoak diren prozesamendurako tresnak behar izan ditugu, tokenizatzailea eta lematizatzailea, hain zuzen ere.

Tokenizatzailea testuko hitzak eta puntuazio-markak bereizi eta banatzeko tresna da, hau da, testua tokenetan banatzen duen tresna. Ikus dezagun (1) adibidea (azpian) zeinetan jatorrizko testua tokenizatzean puntuazio-markak hitzetatik bereizi egiten dira, eta horrela, esaldiko elementu bakoitza banatu egiten den.

(1) **Jatorrizko esaldia:** "Disuriagatik etorri da 28 urteko emakumea."
**Tokenizatua:** "Disuriagatik etorri da 28 urteko emakumea ."
**Lematizatua:** "disuria etorri izan 28 urte emakume ."

Lematizatzaileak aldiz, hitzen oinarrizko forma ematen du, hau da, hiztegietako sarrera izan daitekeen hitzaren forma. Aurreko adibideari jarraiki (1. adibidea), hitzen deklinabidea galdu egiten dela ikus de-

1 Irudia: “Digestio-aparatua” espezialitaterako garaturiko CCIS sistema




zakegu (“Disuriagatik” hitzaren “disuria” lema, adibidez), eta aditzen kasuan euren erroa berreskuratzen da (“da” aditzaren erroa “izan” litzateke).

*CliniTermServer* egokitzeko hizkuntza bakoitzerako tokenizatzailea eta lematizatzailea txertatu behar izan ditugu: gaztelaniaren kasuan hizkuntzaren prozesamendurako Freeling kode irekiko liburutegiaren 3.1 (Padró eta Stanilovsky, 2012) bertsioa erabili dugu eta euskararako IXA taldeak garaturiko Eustagger etiketatzaile/lematizatzailea (Ezeiza *et al.*, 1998). Informatikaren alorrean liburutegi bat programen kodea idazteko eskuragarri dauden prozedura edo programen multzoa da, eta hori kode irekikoa izanik, libreki erabiltzeko edota aldatzeko aukera ematen du, kostu ekonomikorik gabe, betiere jatorriari erreferentzia eginik. Hau da Freelingen kasua.

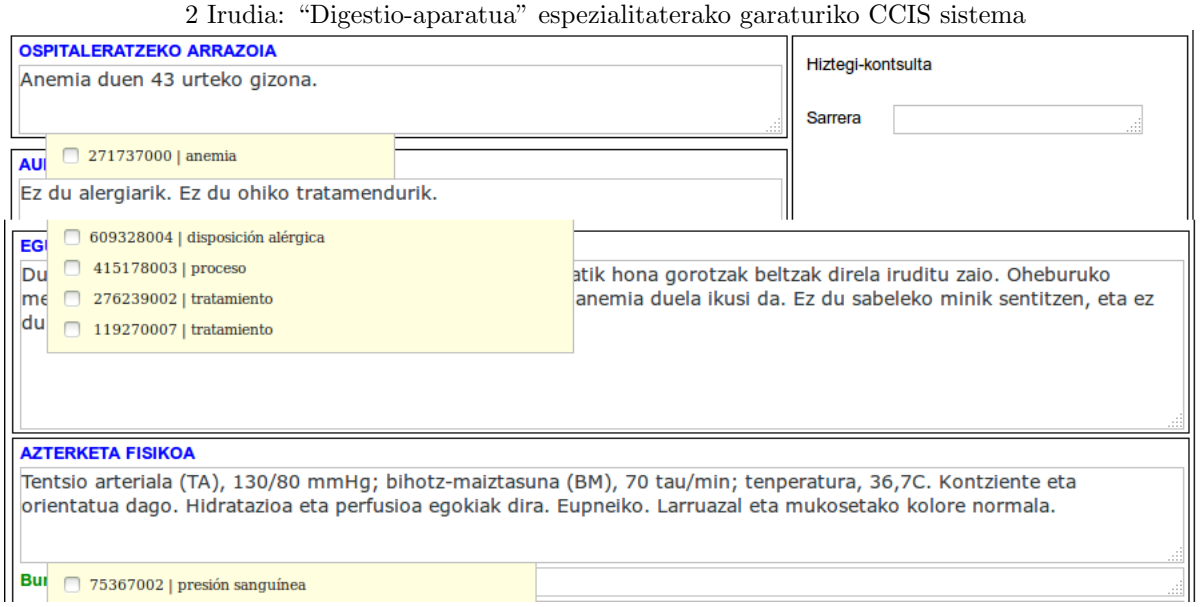
Hizkuntza prozesatzeko tresnak erabiltzeaz gain, eduki terminologikoz elikatu behar izan ditugu *CliniTermServer*eko gaztelaniako eta euskarazko zerbitzariak. Gaztelaniarako sortutako zerbitzariarentzat, SNOMED CTren nazioarteko banaketaren gaztelaniazko bertsioa jaso dugu, 2014ko apirilaren 30ko banaketa[7], hain zuzen ere. Euskarazko zerbitzarirako aldiz, 2. atalean aipatutako SNOMED CTren garatze

[7] http://www.nlm.nih.gov/research/umls/licensedcontent/snomedctfiles.html

fasean dagoen euskarazko bertsioa erabili dugu (Perez-de-Viñaspre eta Oronoz, 2014).

Prestatu ditugun zerbitzari terminologikoek, bi funtzionalitate nagusi eskaintzen dizkigute: i) testuan agertzen diren SNOMED CTren termino edo deskribapenak identifikatu eta ii) SNOMED CTren kontzeptu baten identifikadorea jaso eta honen adierak eman. Aipatu moduan, hiru zerbitzari ezberdin prestatu ditugu: ingeleserako (HLA enpresak eskainia), euskararako eta gaztelaniarako (guk egokituak). Lan honetarako, hizkuntza ezberdinetako zerbitzariak konbinatu ditugu, eta euren artean komunikatzeko SNOMED CTren kontzeptu-identifikadorea erabili dugu, kontzeptu bat identifikatu, eta beste hizkuntza batean ordainak emateko. Honen adibideak 2 Irudian ikus ditzakegu, euskarazko zerbitzariak testuan dauden terminoak identifikatu, eta gaztelaniazko zerbitzariak horien gaztelaniazko baliokideak ematen dituena: "alergiarik" deskribapenerako *"disposición alérgica"* edota "tentsio arteriala" terminorako *"presión sanguínea"*.

2 Irudia: "Digestio-aparatua" espezialitaterako garaturiko CCIS sistema




Itzulpen prozesua nola egiten den ikusteko, azter dezagun "Ez du alergiarik" esaldia 2 Irudian. Euskarazko esaldia tokenizatu ostean, esaldiaren tokenak euren lemarekin ("Ez izan alergia") ordezkatu dira. Ondoren, lema guztiak SNOMED CTren kontra parekatzen ditu zerbitzariak. Kasu honetan, "alergia" terminoak bakarrik jaso du SNOMED CTren kontzeptu-identifikadorea ("609328004"). Kontzeptu-identifikadore hori gaztelaniazko zerbitzariari pasatakoan, *"disposición alérgica"* terminoa itzuli digu, hau da, gaztelaniazko SNOMED CTn kontzeptu horri loturik dagoen hobetsitako terminoa.

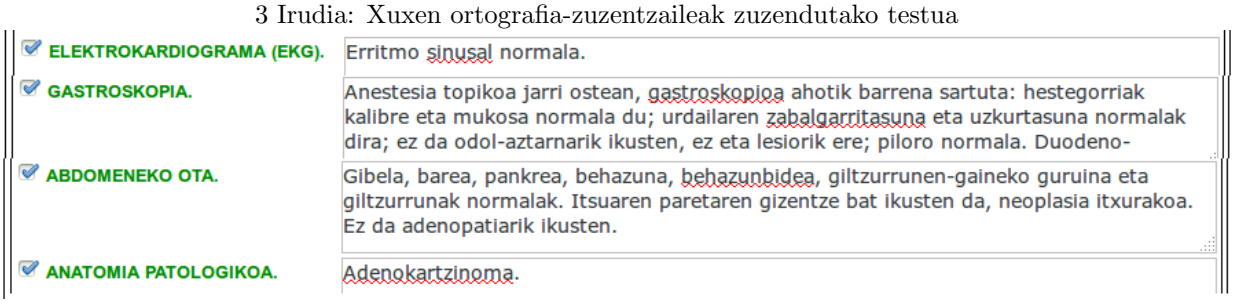
Terminologia-zerbitzarien konbinazio honi esker, osasun-langileek esanguratsuak diren terminoak aukeratu ahal izango dituzte, eta kontzeptu bati dagozkion ordain guztien artean egokia zein den aukeratzeko, hau da, desanbiguatzeko aukera izango dute, itzulpen automatikoan akats gehien sortzen duen ataza sinplifikatuz.

Lan honen helburuari jarraiki (osasun-txostenak euskaraz idazteko tresna baten prototipoa garatzea), euskarazko idazketan lagungarria izango den baliabide bat ere garatu dugu: medikuntzarako ortografia-zuzentzaile.

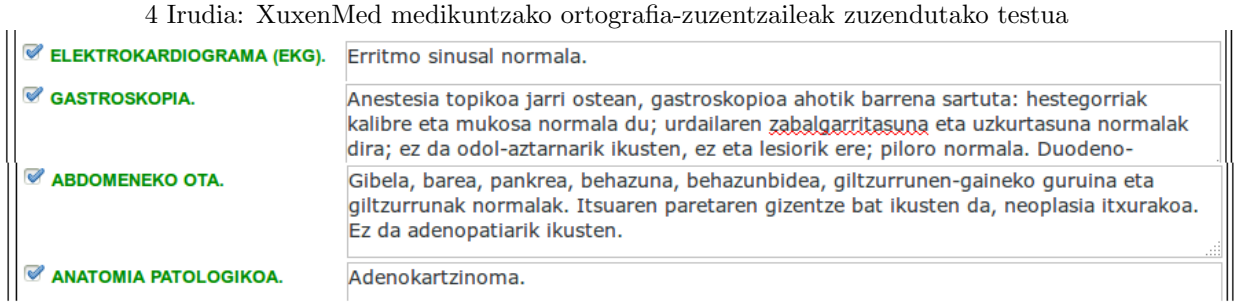
Ortografia-zuzentzaileek maiz eraginkortasuna galdu egiten dute hizkuntza oso teknikoa erabiltzerakoan. Izan ere, terminologia espezializatua ez da hiztegi orokorretan agertzen, eta zuzentzaileak hiztegi horietatik elikatzen dira. Hortaz, testu oso espezializatua idaztean, testuaren zati handi bat gorriz azpimarratuta agertzen zaigu, akatsak balira bezala, nahiz eta termino horiek domeinuan zuzenak izan. Arazo honi aurre egiteko, Xuxen (Agirre *et al.*, 1992) zuzentzailea oinarri hartu dugu eta berau osasunaren domeinuko hiztegi espezializatuetako hitz-sarrerekin elikatu dugu. Prozesu honetan, 32.728 lema gehitu ditugu Xuxenen hiztegian eta XuxenMed izena eman diogu egokitzapen honetatik sortutako zuzentzaileari.

Xuxen zuzentzaile orokorrak alta-txosten batean egiten dituen zuzenketak ikus ditzakegu 3 Irudian, eta 4 Irudian aldiz medikuntzara egokitutakoak egiten dituen zuzenketak. Ikus daitekeenez, Xuxen orokorrak (3 Irudia) medikuntzari loturiko hitzak okertzat hartzen ditu ("sinusal", "gastroskopioa", "behazunbidea" eta "Adenokartzinoma"), eta XuxenMedek (4 Irudia), aldiz, zuzentzat ditu.

3 Irudia: Xuxen ortografia-zuzentzaileak zuzendutako testua




4 Irudia: XuxenMed medikuntzako ortografia-zuzentzaileak zuzendutako testua




XuxenMed Firefox nabigatzailerako gehigarri moduan prestatu dugu, eta hobetze prozesuan egonik, oraindik publikoki zabaldu ez badugu ere, gurekin harremanetan ipinita banatzeko prestutasun osoa dugu.

## 4 Ondorioak eta etorkizunerako bidea

Osasun-txostenak euskaraz idazteko tresna baten lehen prototipoa aurkeztu dugu artikulu honetan. Horretarako hainbat tresna egokitu edota sortu ditugu: euskararako eta gaztelaniarako terminologia-zerbitzariak, "Digestio-aparatua" espezialitaterako alta-txostenen idazketarako interfazea eta medikuntzara egokitutako ortografia-zuzentzaile bat, besteak beste. Lan honek ikerketa bide berri bat ireki digu, eta etorkizunean osasun-txostenetan aldibereko itzulpen automatikoa landu ahal izango dugu.

Izan ere, prestatutako prototipoaren terminoen gainean desanbiguazioa egitea bermatzen dugu eta atal bakoitzari gaixoaren egoera normala deskribatzen duen edukia aldez aurretik prestatu dugu. Hori horrela izanik, hizkuntza (sasi-)kontrolatua eta terminologia desanbiguatua duten osasun-txostenenak idazteko oinarria ezarri dugu.

Garatu gabe gelditu zaizkigun funtzionalitateei aurre egin beharko diegu aurrenik, hiztegiaren garapena eta Donostia Ospitaleko Alta Txostenen bilduma oinarri harturik espezialitate guztietara prototipoa zabaltzea, hain zuzen ere. Espezialitate bakoitzerako atalak eta azpiatalak zehaztu beharko dira, eta txostenetan atal bakoitza derrigorrezkoa edo hautazkoa den erabaki beharko dute adituek. Atalak finkatu ostean, bakoitzarentzako lehenetsitako testua zehaztea izango da adituen esku utziko dugun hurrengo ataza. Modu honetan, CCIS sistema Donostia Ospitaleko espezialitate guztietarako zabaldu ahalko dugu, eta haietan guztietan alta-txostenak idazteko prest izango dugu aplikazioa.

Aipatu dugun bezala, hiztegiaren funtzionalitatea ez dago iCIMS-ek eskaintzen duen softwarean aurreikusia eta honek softwarearen inguruan gogoeta egitera eramaten gaitu. Izan ere, iCIMS-eko *formBuilder*ek prototipoa sortzeko abantaila asko eskaintzen badizkigu ere, eramangarritasuna, aldakortasuna

eta berehalakotasuna besteak beste, ez da guk garatu nahi dugun proiekturako diseinatua izan. Hau da, iCIMS-eko softwaretik ideiak jaso eta sistema bera osatu nahi dugu, itzulpen automatikoa ahalbidetzeko, hiztegi dinamiko baten aurka kontsultak bermatzeko, terminologia berria identifikatu ahal izateko...

Lan honetarako euskarazko terminologia-zerbitzariaren termino-identifikatzailea sortzeko, ingeleserako garatutako teknologia berrerabili dugu. Nahiz eta euskararako tokenizatzaile zein lematizatzaileak erabili, ez dugu metodoa ukitu. Kontuan izaten badugu ingelesaren eta euskararen gramatikak oso ezberdinak direla, honek terminoen identifikazioan eragina izan beharra dauka derrigorrez. Adibidez, ingelesean preposizioek ematen duten informazioa ("of", "with", "'s",...) euskaraz hitzen deklinabidearen bidez adierazten da ("-ren", "-ko", "-rekin",...). Kasu honetan, euskarazko hitzen lematizazioan informazio hori guztia galdu egiten da, nahiz eta ingelesean informazioa mantendu. Hori horrela izanik, ezinbestean landu beharko dugun atala da, eta IXA taldeak eta Elhuyar fundazioak elkarlanean sortutako Erauzterm (Gurrutxaga *et al.*, 2005) terminologia-erauzlea[8] eredu harturik metodoa hobetu beharko dugu.

Euskara normalizazio-prozesuan dagoen hizkuntza izanik, termino berriak etengabe sortzen dira. Gure nahia da, prototipoak automatikoki identifikatu ez dituen terminoak terminologia-zerbitzarira eskuz gehitzeko aukera ematea. Horrela, termino edota adiera berriak eskuz identifikatu ahal izango ditugu eta euskarazko SNOMED CT aberastu.

Euskarazko SNOMED CTren bertsioa oraindik lantzen dihardugu tesi-lanean, eta prototipoaren funtzionamendu zuzenerako ezinbesteko baliabidea izango da. Izan ere, une honetan dituen 68.495 euskarazko terminoek oso bertsio mugatua osatzen dute ingelesezko 1.000.000 terminoekin alderatuz gero. Hortaz, euskarazko bertsioa automatikoki osatzeaz gain, eta honen adituen berrikuspen eta zuzenketaz gain, prototipo honen erabilera SNOMED CT bera elikatzeko aukera ezin hobea izan daiteke erabiltzaileek erabiltzen dituzten terminoak integratu ahal izateko.

Osasungintza euskalduntzeko lan handia egiteke badago ere, hemen aurkeztu dugun lana argi-izpi bat izan daiteke. Oraindik orain lana hastapenetan badago ere, oinarri itxaropentsua ezartzen digu etorkizunean osasun-txosten elebidunak gure osasun-sistemaren egunerokoan erabili ahal izateko, eta osasun-langile eta gaixo euskaldunon hizkuntza-eskubideak bermatuak izan daitezen.

## Erreferentziak


Agirre, Eneko, Iñaki Alegria, Xabier Arregi, Xabier Artola, Arantza Díaz de Ilarraza, Montserrat Maritxalar, Kepa Sarasola, eta Miren Urkia. 1992. Xuxen: A Spelling Checker/Corrector for Basque based in Two-Level Morphology. In *Proceedings of NAACL-ANLP'92, 119-125. Povo Trento. 1992.*.

Aikawa, Takako, Lee Schwartz, Ronit King, Monica Corston-Oliver, eta Carmen Lozano. 2007. Impact of controlled language on translation quality and post-editing in a statistical machine translation environment. *Proceedings of the MT Summit XI* 1–7.

Desjardins, L., 2003. Le santé des francophones du Nouveau-Brunswick. Petit-Rocher, Société des Acadiens et des Acadiennes du Nouveau-Brunswick.

Ezeiza, Nerea, Itziar Aduriz, Iñaki Alegria, Jose Maria Arriola, eta Ruben Urizar. 1998. Combining Stochastic and Rule-Based Methods for Disambiguation in Agglutinative Languages. In *COLING-ACL'98. Pgs. 380 - 384. Vol 1. Montreal (Canada). August 10-14, 1998*.

Gerkens, Sophie, eta Sherry Merkur. 2010. Belgium: Health system review. *Health Systems in Transition* 12.1–266.

Gurrutxaga, A., X. Saralegi, S. Ugartetxea, eta I. Alegria. 2005. Erauzterm: euskarazko terminoak erauzteko tresna erdiautomatikoa. In *Mendebalde Kultur Alkartea, IX. Jardunaldiak: Euskera zientifiko-teknikoa. ISBN 84-931882-5-5"*.

IHTSDO, International Health Terminology Standards Development Organisation. 2014. SNOMED CT Starter Guide. February 2014. Technical report, International Health Terminology Standards Development Organisation.

Joanes Etxeberri Saria V. Edizioa (ed.) 2014. *Donostia Unibertsitate Ospitaleko alta-txostenak*. Donostiako Unibertsitate Ospitalea, Komunikazio Unitatea.


[8] Terminologia erauzketaren helburua corpus bat oinarri izanik, automatikoki termino garrantzitsuak eskuratzean datza. [Wikipedia]

Mitamura, Teruko. 1999. Controlled language for multilingual machine translation. In *Proceedings of Machine Translation Summit VII, Singapore*, 46–52.

Murff, HJ, F FitzHenry, ME Matheny, eta et al. 2011. Automated identification of postoperative complications within an electronic medical record using natural language processing. *JAMA* 306.848–855.

on Health Care Systems, European Observatory. 1999. Luxembourg: Health system review. *Health Systems in Transition* .

Osakidetza (ed.) 2013. *Osakidetzan Euskararen Erabilera Normalizatzeko 2. Plana (2013-2019)*.

Padró, Lluis, eta Evgeny Stanilovsky. 2012. Freeling 3.0: Towards wider multilinguality. In *Proceedings of the Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2012)*, Istanbul, Turkey. ELRA.

Pérez, Alicia, Koldo Gojenola, Arantza Casillas, Maite Oronoz, eta Arantza Díaz de Ilarraza. 2015. Computer aided classification of diagnostic terms in spanish. *Expert Systems with Applications* 42.2949 – 2958.

Perez-de-Viñaspre, Olatz, eta Maite Oronoz. 2014. SNOMED CT in a language isolate: an algorithm for a semiautomatic translation. *BMC Medical Informatics and Decision Making (Argitaratzeke)* .

## 5 Eskerrak eta oharrak

Lan hau ezinezkoa izango litzateke Health Language Analytics (HLA) eta Innovative Clinical Information Management Systems (iCIMS) enpresek eskuzabalki emandako laguntza eta tresnarik gabe, eskerrik beroenak bertako langileei.

Osasungoa Euskalduntzeko Erakundea ere eskertu nahiko genuke, inkestan parte hartu, eta eskainitako laguntza guztiagatik, eta bereziki Karlos Ibarguren eta Felix Zubiari, lanaren garapenean sortutako zalantza guztiak argitu, eta beti hor egoteagatik.

Lan hau Eusko Jaurlaritzak emandako beka biri esker garatu da: BFI-2011-389 doktoretza-aurreko programa eta EP-2014-1-173 Egonlabur programa.

# Eskemek nerabeen depresio sintomen agerpena iragartzen dute inferentzien bidez

[1*]Mateos-Pérez, E.; [2]Calvete, E. eta [3]Hankin, B.

*[1, 2]Deusto Stress Research ikertaldea. Psikologia eta Hezkuntza Fakultatea. Deustuko Unibertsitatea (Bilbo), [3]Denverko Unibertsitatea*

*[1*]estibaliz.mateos@deusto.es*

## *Laburpena*

Ikerketa honek nerabezaroan agertzen diren depresio sintomen modelo etiologiko bat aztertu zuen, zeinak eskemek (Young, 1999) depresio sintomen agerpena inferentzien (Abramson, Metalsky, eta Alloy, 1989) bitartez iragartzen dutela dioen. Zehazki ikerketa honetan eskema interpertsonalek inferentzia sozialen bitartez depresio sintometan duten zeharkako eragina ebaluatu zen. Baita autonomia eskemek errendimendu inferentzien bitartez sintoma horietan duten zeharkako eragina ere. Eskema interpertsonalek depresio sintometan inferentzia sozialaren bidez eragiten dutela aurkitu zen. Gainera, autonomia eskemek 2. denborako erredimendu inferentziak iragartzen zituzten, baina erredimendu inferentzia hauek ez zituzten 3. denborako depresio sintomak iragarri. Autonomia eskemek, ordea, 3. denborako depresio sintomak iragarri zituzten.

Hitz gakoak: Eskemak, inferentziak, depresio sintomak, nerabezaroa.

## *Abstract*

*The present study examined an etiological model of depressive symptoms in adolescents, through which the predictive relationships between early maladaptive schemas (Young, 1999) and depressive symptoms were hypothesized to be mediated by negative inferences made about stressors (Abramson, Metalsky, & Alloy, 1989). More specifically, this study tested a chain in which interpersonal schemas indirectly affect depressive symptoms through negative social inferences, and autonomy schemas indirectly affect depressive symptoms through negative achievement inferences. Mediation analyses showed that social inferences mediated the association between interpersonal schemas and depressive symptoms at follow-up. Furthermore, autonomy schemas predicted T2 achievement inferences. However, T2 achievement inferences did not predict T3 depressive symptoms. Finally, autonomy schemas predicted T3 depressive symptoms. Implications for depression interventions are discussed.*

*Keywords: early maladaptive schemas; negative inferences; depressive symptoms; adolescents.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Haurtzarotik nerabezarora depresio-tasak asko gehitzen dira (Costello, Mustillo, Erkanli, Keeler, eta Angold, 2003; Hankin et al., 1998). Aurkikuntza honek depresioaren agerpenerako gazteen arrisku faktoreak zeintzuk diren ikertzearen beharra azpimarratu du. Nerabezaroan ematen den depresio sintomen gorakadan egon daitezkeen garapen-prozesuko eraginak ulertzen laguntzeko eragin eta etorkizun handiko ikuspegi batek arrisku kognitiboak deritzenak barne hartzen ditu (Hankin, Snyder eta Gulley, prentsan). Depresioaren teoria kognitiboek faktore kognitibo batzuek depresio agerpenaren arriskua gehitzen dutela iradokitzen dute, bereziki pertsonek estresari aurre egin behar diotenean. Teoria horietako bi Beck-en depresioaren teoria (Beck, 1967, 1983) eta etsipenaren depresioaren teoria (Abramson, Metalsky eta Alloy, 1989) dira.

Beck-en depresioaren teoriak kognizioen estruktura hierarkiko bat proposatzen du. Estruktura honetan eragin kognitibo desberdinek afektibitate-arazoak garatzeko arriskua suposatzen dute (Beck, Rush, Shaw, eta Emery, 1979). Beck-en hierarkia kognitiboan, maila sakonena patroi kognitibo egonkorrak edo eskemak dira. Beck-ek (1983) hauetako bi eskema deskribatu zituen: soziotropia eta autonomia. Bere teoriaren arabera, eskemak aktibatzen direnean, hauek informazioaren prozesamendua eta horren ondoriozko produktu kognitiboak gidatzen dituzte; hau da, eskura dauden sinesmenak eta atribuzioak.

Geroago, Young eta bere lankideek (Young, 1999; Young, Klosko, eta Weishaar, 2003) Beck-ek proposatutako teoria zabaldu zuten haien eskemen teorian. Hauentzako, eskemak desegokiak (hemendik aurrera eskema hitza eskema desegokiaren sinonimo bezala erabiliko da) patroi negatiboak

dira, emozioz, gorputzeko sentsazioz, ideiaz eta oroitzapenez konposatuak. Patroi hauek haurtzaroan edo nerabezaroan sortzen direla eta heldutasunean zehar mantentzen direla uste da. Young-ek 18 eskema deskribatu zituen eta bost arlotan taldekatu: 1) deskonexio eta errefusa, 2) autonomia eta erredimendu kaltetua, 3) muga kaltetuak, 4) gehiegizko zaintza eta inhibizioa eta 5) besteenganako orientazioa.

Depresioaren etsipenaren teoriak (Abramson et al., 1989) seinalatzen du ahultasun kognitiboa estilo inferentzial negatiboz konposatuta dagoela eta honek hiru inferentzia mota barne hartzen dituela. Inferentzia hauek pertsonek gertaera estresagarrien aurrean egiten dituztela esaten du: 1) Gertaera estresagarriari buruzko atribuzio orokor eta egonkorrak, 2) Gertaera estresagarriaren ondorioei buruzko inferentzia negatiboak eta 3) Gertaera estresagarrian nahasitako pertsonei buruzko inferentzia negatiboak. Pertsonek bi gertaera estresagarri motari buruz egin ohi dituzte inferentzia negatiboak, gertaera estresagarri sozialen gainean edo erredimenduari buruzko gertaera estresagarriei dagokienean (Abramson et al., 1989).

## 2. Arloaren egoera eta ikerketaren helburuak

Alde batetik, lagin klinikoarekin zein ez klinikoarekin egindako ikerketa batzuek aurkitu dute eskemak depresio sintomen maila handiagoarekin erlazionatuta daudela. Hala ere, urriak dira luzerako-ikerketak non Young-ek proposatutako eskemek depresio sintomak iragartzen ote dituzten aztertzen dutenak (Calvete, Orue, eta Hankin, 2013a; Calvete, Orue, Cámara, eta Hankin, 2012; Cámara eta Calvete, 2012; Eberhart, Auerbach, Bigda-Peyton, eta Abela, 2011). Gainera, bakarrik bi ikerketa egin dira nerabe laginekin (Calvete et al., 2013a; Calvete et al., 2012).

Bestalde, zenbait ikerketek adierazi dute inferentzia negatiboak, bakarrik zein pertsonen gertaera estresagarriekin interakzioan, depresio sintomen gehitzea iragartzen dutela nerabe laginetan (adib., Abela, 2002; Abela, Parkinson, Stolow, eta Starrs, 2009; Abela eta Seligman, 2000; Abela et al., 2011; Calvete, 2011a, b; Calvete, Villardón, eta Estévez, 2008; Cole et al., 2008; Hankin, 2008; Hankin, Abramson, Miller, eta Haeffel, 2004; Hankin, Abramson, eta Siler, 2001; Hilsman eta Garber, 1995; Lewinsohn, Joiner, eta Rohde, 2001; Metalsky, Halberstadt, eta Abramson, 1987; Metalsky, Joiner, Hardin, eta Abramson, 1993; Mezulis, Funasaki, Charbonneau, eta Hyde, 2009; Prinstein eta Aikins, 2004; Southall eta Roberts, 2002). Ahultasun espezifikoaren hipotesiak (Abramson, Alloy, eta Metalsky, 1995), pertsona batzuek arlo espezifikoetan inferentzia-estilo negatiboak dituztela adierazten du. Hipotesi hau aztertzeko, ikerketa batzuk inferentzia sozialaren eta erredimenduari buruzko inferentzien arteko desberdintasunetik abiatu dira (adibidez, Abela eta Seligman, 2000; Metalsky, Halberstadt, eta Abramson, 1987; Metalsky, Joiner, Hardin, eta Abramson, 1993).

Aurrekoa laburbilduz, eskemek eta inferentziek depresio sintometan duten eragina hainbat ikerketak egiaztatu dutela ikusten da. Hala ere, ez dago ikerlan asko ahultasun kognitibo desberdinen artean egon ahal diren erlazioak esploratzen dituztenak (Abela eta Hankin, 2008), eta bereziki ikerketa gutxi eskemak prozesu eta produktu kognitiboekin integratzen dituztenak (Hankin et al., prentsan). Beck-en teoriaren arabera, kognizioak hierarkikoki kokatuta daude, non eskemek prozesu kognitiboak gidatzen dituzten nerabeek estresoreei aurre egiten dietenean. Etsipenaren teoriaren arabera, inferentzia negatiboak estresoreei buruz egindako produktu kognitiboak dira. Guk ebaluatzen dugun hipotesi nagusia inferentziengan arlo berbereko eskemek eragiten dutela da (adib., erredimenduarekin erlazionatuta dauden eskemek erredimendu inferentziengan eta gauza bera inferentzia sozialen kasuan).

Hipotesi honen arabera Calvetek (2011a) soziotropia eskemek inferentzia sozialak iragartzen zituztela aurkitu zuen eta baita inferentzia hauek depresio sintomekin erlazionatuta zeudela ere. Hala ere, ikerketa honek bakarrik bi aldiz hartu zituen datuak, eta bitartekotza neurtzeko testek gutxienez hiru aldiko luzerako-ikerketak eskatzen ditu (Cole eta Maxwell, 2003).

Hiru denborako luzerako-ikerketa honek, eskemek depresio sintomak inferentzien bidez zeharka iragartzen ote dituzten aztertu zuen. 1. denborako eskemek 2. denborako inferentziak iragartzen ote zituzten eta, aldi berean, 2. denborako inferentziek 3. denborako depresio sintomen gehikuntza iragartzen ote zuten ebaluatu genuen. Horretarako, alde batetik, eskema interpertsonalak eta autonomia

eskemak eta, beste aldetik, inferentzia sozialak eta erredimendu inferentziak sartu genituen. Hala, ikerketa honetan eskema interpertsonalak (deskonexioa eta errefusa eta besteenganako orientazio arloetako eskemak) eta autonomia eskemak (autonomia kaltetua eta erredimendu arloko eskemak) ebaluatu ziren. Deskonexio eta errefusaren arloak abandonu, abusu, emozio-gabezi eta inperfekzio eskemak barne hartzen ditu. Besteenganako orientazioari dagokionez, norberaren beharrak kontuan hartu gabe besteen desirak betetzea dakar eta bestearen mende egotea eta onespen beharra barne hartzen ditu. Bukatzeko, autonomia eta erredimendu kaltetuaren eskemak kaltearen edo gaixotasunaren aurrean ahultasuna edo babes falta eta porrota dira. Eskema hauek aukeratzearen arrazoia lehenagoko ikerketetan depresioarekin erlazionatuta zuedela ikusi izan delako da (adib., Calvete et al., 2013a; Cámara eta Calvete, 2012; Eberhart et al., 2011). Guk eskema interpertsonalek inferentzia sozialak iragartzea espero genuen eta, modu berean, autonomia eskemek erredimendu inferentziekin berdin egingo zutela. Halaber, beste hipotesi bat zen eskemen eta depresio sintomen arteko erlazioaren iragarpenaren zati bat inferentziek azalduko zutela.

## 3. Ikerketaren muina (Taulak, irudiak, formulak...)

1. denborako eskema interpertsonalek 2. denborako inferentzia sozialak iragarri zituzten eta inferentzia sozialek aldi berean 3. denborako depresio sintomak iragarri zituzten. 1. denborako autonomia eskemek 2. denborako erredimendu inferentziak iragarri zituzten. Hala ere, 2. denborako erredimendu inferentziek ez zituzten 3. denborako depresio sintomak iragarri. Bukatzeko, 1. denborako autonomia eskemek zuzenean 3. denborako depresio sintomak iragarri zituzten.

## 4. Ondorioak

Ikerketa honen emaitzetatik hurrengo ondorioak atera daitezke:

Eskema interpertsonalen bitartekotza hipotetikoa baieztatu zen. Hau da, segurtasun, egonkortasun, empatia eta maitasun beharrak beteko ez direla sinesten duten nerabeek zein besteen beharrak betetzeko asmoz beren beharrak sakrifikatzen dituztenek, inferentzia sozialak egiteko joera dute eta honek, bestalde, depresio sintomen gehikuntzara darama denboran zehar. Emaitza hauek inferentziak garrantzitsuak direla seinalatzen dute eskema interpertsonalek depresio sintomak iragartzerako orduan.

Aurreko ikerketan bezala (Abela, 2002) erredimendu beharraren sinesmenak dituzten pertsonek erredimendu inferentziak egiteko joera dute. Hala ere, gure hipotesiaren kontra eta aurreko ikerketan aurkitu ziren emaitzen kontra (Abela eta Seligman, 2000), erredimendu inferentziek ez zituzten 3. denborako depresio sintomak iragarri.

Atentzioa eman dezakeen arren, autonomia eskemetan altuago puntuatzen zuten nerabeek depresio sintomen gehikuntza jasan zuten denboran zehar, haiek egindako erredimendu inferentziak kontuan hartu gabe. Lehen esan bezala, aurreko ikerketetan autonomia eta erredimendu kaltetua arloko eskemak depresioa iragatzen dute zuzenean (adib., Calvete et al., 2013a; Calvete et al., 2012; Eberhart et al., 2011). Gure ikerketak autonomia eskemak depresio sintomekin luzetara erlazionatuta daudela baieztatzen du, baina harreman honetan ez direla errendimendu inferentziak bitarteko. Etorkizuneko ikerketek eskemen eraginaren azpian dauden mekanismoak zeintzuk diren ikertu beharko lukete, aurre egiteko erantzunak eta rumiazioa kontutan hartuta. Adibidez, Young-en modeloan eskemek aurre egiteko estrategien bidez operatzen dutela proposatzen da (adib. saihestasun estrategien bidez) eta aurre egiteko estrategia hauek zailtasun emozionalak gidatu ahal dituztela.

Orokorrean, hemen aurkitutako emaitzak aurreko ikerketetan aurkitutakoak baiesten dituzte eta era adierazgarrian zabaldu, arrisku kognitibo batzuek, bereziki inferentziek ikerketa honetan, luzera bitartekatzen dituztela ahultasun kognitibo egonkorren, bereziki eskemen, eta depresio sintomen arteko erlazioa erakusten duenez (Calvete, 2011a; Spasojevic eta Alloy, 2001).

Ikertzaile batzuek depresioa faktore anitzen emaitza dela onartu dute (adib., Gotlib eta Hammen, 2002; Hankin eta Abela, 2005; Ingram eta Price, 2001). Arrazoi honengatik, eta ikerketa honetan aurkitu diren emaitzek ere adierazten duten bezala, Abela eta Hankin-ek (2008) iradoki zuten ez dirudiela faktore kognitiboek, banaka, depresioaren garapenean eragiten dutenik. Faktore kognitiboak bakartasunean ikertzeko joerak aurreko ikerketetan aurkitutako emaitza mistoei lagundu ahal du (Abela et al., 2009). Teoria kognitiboak isolatuta aztertzeko joerak aurreko ikerketetan aurkitutako emaitza mistoak azaldu ahal izan ditu (Abela et al., 2009). Garapenaren psikopatologian arrisku kognitiboen gainean egindako errebisio berri batean azpimarratzen den bezala (Hankin et al., in press), ikerketa

askok arrisku kognitibo bakarra ikertu dute, beste faktore kognitiboak kontuan hartu gabe. Hala, integrazioa eta sintesia urria izan da gazteen ohiko psikopatologiaren garapenean, adibidez depresioan, arriskuzkoak diren faktore kognitiboen arteko harremanari buruzko azalpen kontzeptual ulergarriagoa lortzeko. Beraz, etorkizuneko ikerketek depresioaren teoria kognitiboen arteko antzekotasunetan zentratu beharko lukete.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa honek muga batzuk ditu etorkizuneko ikerketetan kontutan hartu beharko direnak. Hala, adibidez hemen aurkitutako emaitzak biztanleriako beste sektore batzurentzat baliozkoak ote diren egiaztatzea erronka inportantea da, helduak ere barne hartuta. Bigarrenik, ikerketa honen emaitzak depresio sintometan oinarritzen dira, baina ez depresio diagnostikoan. Etorkizuneko ikerketek hemen proposatutako hipotesia beste depresio maila batzuekin aplikagarriak ote diren aztertu beharko lukete. Gainera, depresio sintomak galdera-sortekin ebaluatu ziren. Horregatik, beharrezkoak dira ikerketak non informatzaile anitzek egindako txostenak aztertuko diren. Bukatzeko, bizitzan zehar jasaten ditugun arazo psikologiko desberdinak aztertzerakoan bi orientazio jarrai daitezke. Orientaziorik ezagunenak, aspektu negatiboetan jartzen du indarra. Hau da, arazo psikologikoekin erlazionatuta dauden erantzun kaltegarriak murrizten saiatuko litzateke orientazio hau. Horretarako ikerketa batzuek arazo psikologikoak, adibidez indarkeria (Borrajo, E., Gámez-Guadix, M. eta Calvete, E., 2015) edo depresioa, sortzen dituzten ahultasun faktoreak detektatzera gidatuta daude, baita ahultasun faktoreen arteko erlazioak aztertzera ere, ikerketa honetan egiten den moduan. Hala ere, azkenaldiko ikerketek aipatu duten bezala, pertsonaren onura edo osasuna bideratzen duten faktore positiboak ere aztertu eta indartu beharko lirateke pertsonaren hobekuntza lortu nahi bada. Horrela, azkenaldiko ikerketa batzuek hobekuntza bideratzen duten aspektu positiboetan jartzen dute arreta, desoreka bipolarrarekiko erresilientzia aztertuz esate baterako (Echezarraga, A. eta Las Hayas, C. 2015).

## 6. Erreferentziak


Abela, J. R. Z. (2002). Depressive mood reactions to failure in the achievement domain: A test of the integration of the hopelessness and self-esteem theories of depression. *Cognitive Therapy and Research*, *26*, 531-552.

Abela, J. R. Z., eta Hankin, B. L. (2008). *Handbook of depression in children and adolescents*. New York: Guilford.

Abela, J. R. Z., Parkinson, C., Stolow, D., & Starrs, C. (2009). A test of the integration of the hopelessness and response styles theories of depression in middle adolescence. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, *38*, 354-364.

Abela, J. R. Z., & Seligman, M. E. P. (2000). The hopelessness theory of depression: A test of the diathesis-stress component in the interpersonal and achievement domains. *Cognitive Therapy and Research*, *24*, 361-378.

Abela, J. R. Z., Stolow, D., Mineka, S., Yao, S., Zhu, X. Z., & Hankin, B. L. (2011). Cognitive vulnerability to depressive symptoms in adolescents in urban and rural Hunan, China: A multiwave longitudinal study. *Journal of Abnormal Psychology, 120*, 765-778.

Abramson, L. Y., Alloy, L. B., & Metalsky, G. I. (1995). Hopelessness depression. In G. M. Buchanan & M. E. P. Seligman (Eds.), *Explanatory style* (pp. 113-114). Hillsdale, NY: Erlbaum.

Abramson, L. Y., Metalsky, G. I., eta Alloy, L. B. (1989). Hopelessness depression: A theory-based subtype of depression. *Psychological Review*, *96*, 358-372. Beck, A. T. (1967). *Depression: Clinical, experimental and theoretical aspects*. New York: Hoeber.

Beck, A. T. (1983). Cognitive therapy of depression: New perspectives. In P.J. Clayton, & J. E. Barrett (Eds.), *Treatment of depression: Old controversies and new approaches (*pp. 265–284). New York: Raven Press.

Beck, A. T., Rush, A. J., Shaw, B. F., eta Emery, G. (1979). *Cognitive therapy for depression*. New York: Guilford Press.

Calvete, E. (2011a). Integrating sociotropy, negative inferences and social stressors as explanations for the development of depression in adolescence: Interactive and mediational mechanisms. *Cognitive Therapy and Research*, *35*, 477-490. Calvete, E. (2011b). Temporal relationships between inferential style and depressive symptoms in adolescents. *International Journal of Cognitive Therapy, 4*, 438-457. Calvete, E., & Cardeñoso, O. (1999). Creencias y síntomas depresivos: resultados preliminares en el desarrollo de una escala de creencias irracionales abreviada. *Anales de Psicología*, *15*(2), 179-190.

Calvete, E., Corral, S., eta Estévez, A. (2007). Cognitive and coping mechanisms in the interplay between intimate partner violence and depression. *Anxiety, Stress, and Coping, 20*, 369-382.

Calvete, E. eta Orue, I. (2012). Social information processing as a mediator between cognitive schemas and aggressive behavior in adolescents. *Journal of Abnormal Child Psychology, 40,*105-117.

Calvete, E., Orue, I., Cámara, M., & Hankin, B.L. (2012). A longitudinal test of the vulnerability-stress model with early maladaptive schemas for depressive and social anxiety symptoms in adolescence. *Submitted manuscript*.

Calvete, E., Orue, I., eta González-Díez, Z. (2013). An examination of the structure and stability of early maladaptive schemas by means of the Young Schema Questionnaire – 3. *European Journal of Psychological Assessment*.

Calvete, E., Orue, I., eta Hankin, B.L. (2013a). Transactional relationships among cognitive vulnerabilities, stressors, and depressive symptoms in adolescence. *Journal of Abnormal Child Psychology, 41*(3), 399-410

Calvete, E., Orue, I., eta Hankin, B.L. (2013b). Early maladaptive schemas and social anxiety in adolescents: the mediating role of anxious automatic thought. *Journal of Anxiety Disorders, 27,* 278- 288.

Calvete, E., Villardón, L., eta Estévez, A. (2008). Attributional style and depressive symptoms in adolescents: An examination of the role of various indicators of cognitive vulnerability. *Behaviour Research and Therapy*, *46*, 944-953.

Calvete, E., Villardón, L., Estévez, A., eta Espina, M. (2007). La desesperanza como vulnerabilidad cognitiva al estrés: Adaptación del Cuestionario de Estilo Cognitivo para Adolescentes. *Ansiedad y Estrés*, *13*, 215-227.

Cámara, M., eta Calvete, E. (2012). Early maladaptive schemas as moderators of the impact of stressful events on anxiety and depression in university students. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, *34*(1), 58-68. Cole, D. A., Ciesla, J. A., Dallaire, D. A., Jacquez, F. M., Pineda, A. Q., LaGrange, B., et al. (2008). Emergence of attributional style and its relation to depressive symptoms. *Journal of Abnormal Psychology*, *117*(1), 16-31.

Cole, D. A., eta Maxwell, S. E. (2003). Testing mediational models with longitudinal data: Questions and tips in the use of structural equation modeling. *Journal of Abnormal Psychology*, *112*, 558-577.

Costello, E. J., Mustillo, S., Erkanli, A., Keeler, G., eta Angold, A. (2003). Prevalence and development of psychiatric disorders in childhood and adolescence. *Archives of General Psychiatry*, *60*, 837-844.

Domingo-Salvany, A., Regidor, E., Alonso, J., eta Álvarez-Dardet, C. (2000). Una propuesta de medida de la clase social: Grupo de Trabajo de la Sociedad Española de Epidemiología y de la Sociedad Española de Medicina Familiar y Comunitaria. *Atención Primaria*, *25*, 350-363.

Eberhart, N. K., Auerbach, R. P. Bigda-Peyton, J., eta Abela, J. R. Z. (2011). Maladaptive schemas and depression: Test of stress generation and diathesis-stress models. *Journal of Social and Clinical Psychology*, *30*(1), 75-104.

Fergusson, D. M., Horwood, L. J., Ridder, E. M., eta Beautrais, A. L. (2005). Subthreshold depression in adolescence and mental health outcomes in adulthood. *Archives of General Psychiatry*, *62*(1), 66-72.

Gotlib, I. H., & Hammen, C. L. (2002). *Handbook of depression*. New York: Guilford Press.

Hankin, B. L. (2008). Cognitive vulnerability-stress model of depression during adolescence: Investigating depressive symptom specificity in a multi-wave prospective study. *Journal of Abnormal Child Psychology, 36*, 999-1014. Hankin, B. L., eta Abela, J. R. Z. (2005). Depression from childhood through adolescence and adulthood: A developmental vulnerability-stress prespective. In B. L. Hankin & J. R. Z. Abela (Eds.), *Development of psychopathology: A vulnerability-stress perspective* (pp. 245-288). Thousand Oaks, CA: Sage.

Hankin, B. L., eta Abramson, L. Y. (2002). Measuring cognitive vulnerability to depression in adolescents: Reliability, validity, and gender differences. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, *31*, 491-504.

Hankin, B. L., Abramson, L. Y., Moffitt, T. E., Silva, P. A., McGee, R., eta Angell, K. A. (1998). Development of depression from preadolescence to young adulthood: Emerging gender differences in a 10 year longitudinal study. *Journal of Abnormal Psychology*, *107*(1), 128-141.

Hankin, B. L., Snyder, H. R., eta Gulley, L. D. (in press). Cognitive risks in developmental psychopathology. In D. Cicchetti (Ed.). *Developmental Psychopathology*, Wiley.

Hu, L., eta Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, *6*(1), 1-55.

Ingram, R. E., eta Price, J. M. (2001). *Vulnerability to psychopathology*. New York: Guilford Press.

Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (2006). LISREL 8.8. Scientific Software International, Inc.

Kessler, R. C., Avenoli, S., Costello, E. J., Georgiades, K., Green, J. G., Gruber, M. J., …, eta Merikangas, K. R. (2012). Prevalence, persistence, and sociodemographic correlates of DSM-IV disorders in the National Survey Replication Adolescent Supplement. *Archives of General Psychiatry*, *89*, 372-380.

Martens, M. P., eta Haase, R. F. (2006). Advanced applications of structural equation modeling in counseling psychology research. *The Counseling Psychologist*, *34*, 878-911. Metalsky, G. I., Halberstadt, L. J., & Abramson, L. Y. (1987). Vulnerability to depressive mood reactions: toward a more powerful test of the diathesis-stress and causal mediation components of the reformulated theory of depression. *Journal of Personality and Social Psychology*, *52*, 386-393.

Metalsky, G. J., Joiner, T. E., Hardin, T. S., eta Abramson, L. Y. (1993). Depressive reactions to failure in a naturalistic setting: A test of the hopelessness and self-esteem theories of depression. *Journal of Abnormal Psychology*, *102* (1), 101-109. Mezulis, A. M., Funasaki, K. S., Charbonneau, A. M., & Hyde, J. S. (2010). Gender differences in the cognitive vulnerability-stress model of depression in the transition to adolescence. *Cognitive Therapy and Research*, *34*, 501-513.

Pine, D. S., Cohen, E., Cohen, P., eta Brook, J. (1999). Adolescent depressive symptoms as predictors of adult depression: Moodiness or mood disorder? *The American Journal of Psychiatry*, *156*(1), 133-135.

Radloff, L. S. (1977). The CES-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. *Applied Psychological Measurement*, *1*, 385-401. Radloff, L. S. (1991). The use of the center for epidemiologic studies depression scale in adolescents and young adults. *Journal of Youth and Adolescence*, *20*, 149-166.

Shrout, P. E., eta Bolger, N. (2002). Mediation in experimental and nonexperimental studies: New procedures and recommendations. *Psychological Methods*, *7*, 422-445.

Spasojevic, J., eta Alloy, L. B. (2001). Rumination as a common mechanism relating depressive risk factors to depression. *Emotion*, *1*(1), 25-37.

Young, J. E. (1999). *Cognitive therapy for personality disorders: A schema-focused approach* (3rd ed.). Sarasota: Professional Resource Press/Professional Resource Exchange.

Young, J. E. (2006). *Young Schema Questionnaire-3*. New York: Cognitive Therapy Center.

Young, J. E., Klosko, J. S., eta Weishaar, M. E. (2003). *Schema therapy: A practitioner´s guide*. New York: Guilford.

Zelli, A., Dodge, K. A., Lochman, J. E., Laird, R. D., eta Conduct Problems Prevention Research Group (1999). The distinction between beliefs legitimizing aggression and deviant processing of social cues: Testing measurement validity and the hypothesis that biased processing mediates the effects of beliefs on aggression. *Journal of Personality and Social Psychology, 77*(1)*,* 150–166.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrak:

Ikerketa hau Eusko Jaurlaritzako Ikerlarien Heziketarako Bekaren bidez finantzatuta izan da.

Oharra:

Ikerlan hau hurrengo besteekin batera (mahai berdinean) aurkeztea gustatuko litzaiguke. Izan ere, mahai honetan aurkeztuko diren hiru gaiak gaur egungo arazo psikologiko desberdinei buruz, eta horiekin erlazionatuta dauden aspektu negatibo eta positiboei buruz mintzatuko dira:

Mahaia: “GAUR EGUNGO ARAZO PSIKOLOGIKOAK: AHULTASUN ETA RESILIENTZI FAKTOREAK”.

Lehenengo gaia: “Sinismen irrazionalak eta bikote gazteen arteko ziber-erasoak” (Borrajo, E.; Gámez-Guadix, M. eta Calvete, E., 2015)

Bigarren gaia: “Eskemen eta inferientzien arteko erlazioa depresioaren agerpenenan” (Mateos-Pérez, E.; Calvete, E. eta Hankin, B., prentsan)

Hirugarren gaia: Erresilientzia zailtasunei aurre egiteko prozesu bezala: Desoreka bipolarretan emandako zuzeneko esperientzia” (Echezarraga, A. eta Las Hayas, C., 2015).

# Lotura hertsien gene adierazpenaren alterazioa eritasun zeliakoan

Jauregi-Miguel A. [1], Plaza-Izurieta L. [1], Fernandez-Jimenez N. [1], Romero-Garmendia I. [1] eta Bilbao J.R. [1]

[1]*Immunogenetika laborategia, Genetika, Antropologia Fisikoa eta Animali Fisiologia Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa, Euskal Herria, Espainia*

*amaia.jauregim@ehu.eus*

## *Laburpena*

Eritasun zeliakoan (CD), heste epitelioko zelularteko loturak kaltetuak agertzen dira eta honen ondorioz, gaixoek gliadinarekiko iragazkortasuna emendatua aurkezten dute. Ikerketa honen helburua, zelularteko lotura hertsiek (TJ) eritasun zeliakioan jasaten duten kaltea karakterizatzea da. Horretarako, alde batetik, gaixoen eta kontrolen heste meheko biopsietan TJ gene hautagaien adierazpen analisiak egin dira eta bestetik, heste epitelioko C2BBe1 modelo zelularrean gliadinak TJ egituren eraketan duen eragina ikertu da. Lortutako emaitzek, patogenesian TJ bidezidorraren desregulazio orokorra dagoela egiaztatzen dute eta tratamenduan ikusitako normalizazioak prozesuaren itzulgarritasuna baieztatzen du. Gainera, gliadinak TJ egituren eraketak ekiditen dituela eta C2BBe1 monogeruzen osotasuna kaltetzen duela ikusi da. Analisi genetiko eta funtzional gehiago beharrezkoak dira hau guztia egiaztatzeko.

Hitz gakoak: Eritasun zeliakoa; Lotura hertsiak; Adierazpen analisiak; Modelo zelularra

## *Abstract*

*In celiac disease (CD), cell junctions of the intestinal epithelial are disrupted, leading to an augmented permeability to gliadin. The aim of the present study was to characterize the deregulation of epithelial tight junction (TJ) genes in CD. For that, we performed expression analyses of tight junction candidate genes in biopsies from patients and non-celiac controls. We also studied the effect of gliadin in the formation of the tight junction structures in C2BBe1 intestinal epithelial cell model. Our results confirm a general deregulation of the TJ network in CD and its normalization after gluten free diet confirmed the reversibility of the process. Moreover, we observed that gliadin inhibits TJ structures formation, leading to a disruption of the C2BBe1 monolayer integrity. Further genetic and functional analyses are necessary to confirm these findings.*

*Keywords: Celiac disease; Tight junctions; Expression analyses; Cell model*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Eritasun zeliakoa (CD), gariaren glutenarekiko zein zekale eta garagarrean agertzen diren antzeko proteinekiko intolerantziaren eraginez garatzen den enteropatia autoimmune eta kronikoa da. Glutenean dagoen gliadina proteinak, genetikoki suszeptibleak diren pertsonetan gehiegizko erantzun immunologikoa sortzen du, hesteetako mukosan lesioak eraginez. Honen ondorioz, elikagai gehienen xurgatzea nabarmen murrizten da eta gaixoek besteak beste, pisu galera, anemia, beherakoak eta masa muskularraren gutxitzea jasaten dute. Populazioan %1eko maiztasuna du eta egun, tratamendu eraginkor bakarra biziarteko glutenik gabeko dieta hertsia da.

Eritasun konplexua da zeliakia, ingurune-faktoreek eta faktore-genetikoek parte hartzen dutelarik. Arrisku genetikoaren parterik handiena Giza Antigeno Leukozitarioaren (HLA) zenbait aleloek ematen duten arren, hauen ekarpena ez da nahikoa eritasunaren garapena azaltzeko, gaixotasunaren osagarri genetikoaren %40a inguru azaltzen dutela estimatu baita (Houlston R.S. et al., 1996). Azken urteotan, eragin txikiagoa duten baina patogenia garatzeko beharrezkoak diren beste hainbat arrisku ebidentziatu dira, gehienak erantzun immunologikoarekin lotuak (Trynka G. et al., 2011). Dena den, eritasun zeliakoaren patroia oraindik ezezaguna da eta heste mukosaren suntsipenean eragina duten gertaera sekundarioen

funtzionamendua eta ekarpena azaltzeko dago. Patogenia hobeto ulertzeko egin diren analisi funtzionalek, sistema immunearen parte hartzeaz gain, beste bidezidor biologikoen eragina ere azpimarratu dute, besteak beste zelularteko loturak (Castellanos-Rubio A. et al., 2010).

Zelularteko loturek gure ehunen osotasuna mantentzen laguntzen dute. Egitura apikalenak, lotura hertsiek (TJ), zelulen artean gerriko estu eta jarrai bat eratzen dute, eta haien bidez, zelularteko fluxua kontrolatzen da, kanpo ingurunearekiko langa selektibo gisa jokatuz (Tsukita S. et al., 2001). CD gaixoek lotura hertsien morfologia eraldatua eta hesteetako iragazkortasuna emendatua aurkezten dute, gliadinaren zelularteko fluxu librea baimenduz eta immune sistemaren gehiegizko erantzuna areagotuz (Schulzke J.D. et al., 1998 eta Ménard S., et al., 2012). Disfuntzio honek oinarri genetikoa duela iradoki da, alde batetik gaixotasun goiztiarrean agertzen delako eta bestetik, glutenik gabeko dieta jarraitzen duten gaixo asintomatikoetan kalteak mantentzen direlako (Bjarnason I, 1984 eta Bjarnason I, 1985). Honen bidez, TJ bidezidorrarekin erlazionatuta dauden geneak gaixotasunaren suszeptibilitaterako hautagai potentzialak direla ondorioztatzen da.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lotura hertsiek CD patogenesian funtsezko papera dutela iradoki den arren, gutxi asko dakigu egitura hauetan parte hartzen duten proteinen elkarrekintza funtzionalari eta biokimikoari buruz. TJ bidezidorraren harira egindako ikerketek, ebidentzia berriak azaleratu dituzte. Eritasunean aurkitutako asoziazio genetikoek eta TJ morfologiaren eraldaketa sakonek, TJ egiturek barrera epitelialaren suntsipenean funtsezko papera dutela iradokitzen dute (Ciccocioppo R. et al., 2006 eta Wapenaar M.C. et al., 2008). Aurrerapen ugari egin diren arren, egun ez dakigu egitura hauekin loturiko genetikak gaixotasunean duen ekarpena eta analisi genetiko eta funtzional gehiago beharrezkoak dira irudi orokorra ulertzeko.

Ikerketa honen helburua, eritasun zeliakoan TJ bidezidorrean egon daitezken desrregulazioak karakterizatzea da. Horretarako bidezidor honetan parte hartzen duten gene hautagai sorta baten adierazpen analisia egin da eta aldaera hauen itzulgarritasuna aztertu da. Bestetik, gliadinak zelularteko loturen egiturak apurtzeko duen gaitasuna neurtu da in vitro, heste epitelioko C2Bee1 modelo zelularra erabiliz.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Lotura hertsiko geneen adierazpen analisia heste mukosan

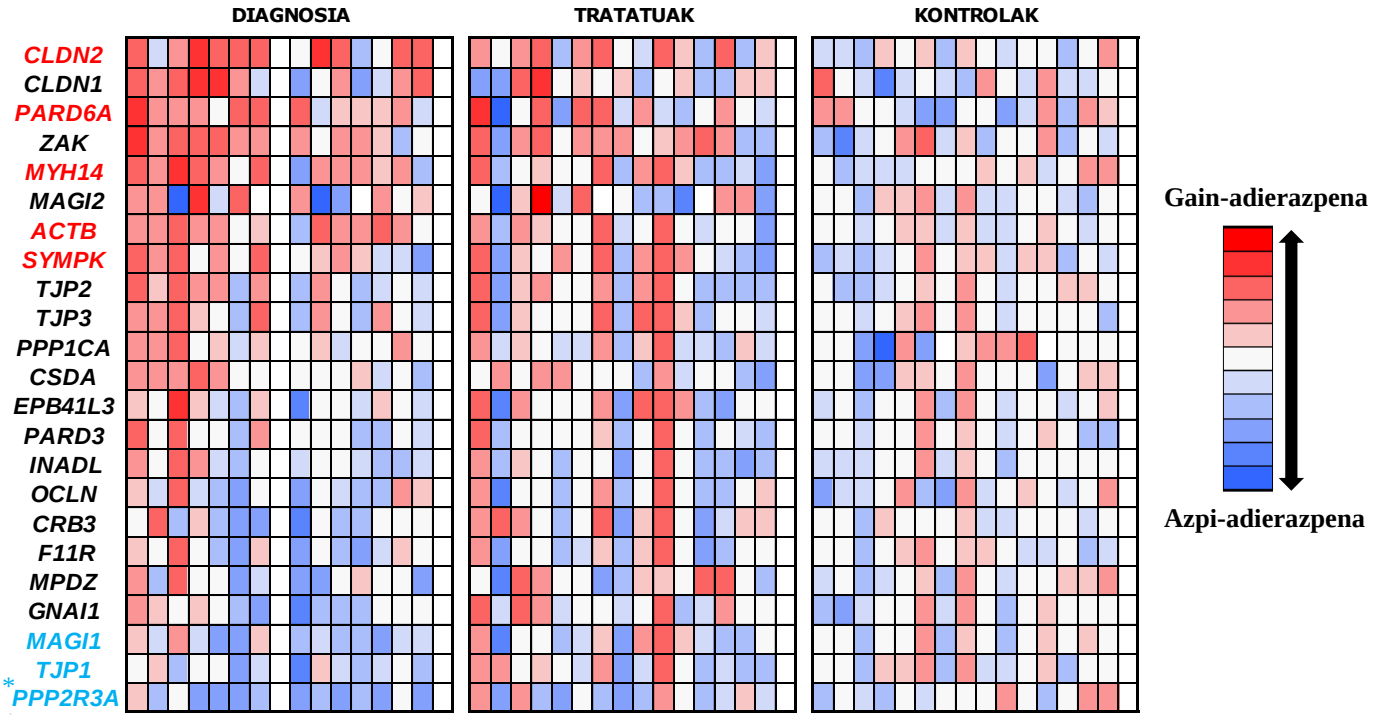
Adierazpen analisirako, bibliografian oinarriturik TJ bidezidorrean parte hartzen duten 23 gene hautatu ziren eta 16 zeliakoen (bi egoera ezberdinetan; diagnosian eta gutxienez 2 urtez glutenik gabeko dieta bat jarraitu ostean) eta 16 ez gaixoen duodenoko biopsietan gene hauen adierazpena aztertu zen (1. Irudia).

Aldaera esangarriak aurkitu ziren gaixotasun aktiboan, kontrolen adierazpen mailarekiko 5 gene gain-adierazita eta beste 3 azpi-adierazita zeudelarik (1. Irudia). Aldaera hauetako batzuk beste populazio batzuetan ere identifikatuak izan dira (Pizzuti D. et al, 2004 eta Szaka´l D.N. et al, 2010). Aldiz, dietatik glutena ezabatu ondoren, gene guzti hauen adierazpenak, *PPP2R3A*-rena izan ezik, kontrolen mailara itzuli ziren. Honek, aldaera gehiengoak patogeniaren ondorio direla adierazten du, behin antigenoaren efektua ezabatzean normaltasunera itzultzen direlarik. *PPP2R3A*-ren ixilarazpena berriz, tratamenduan zeuden gaixoen biopsietan mantendu egin zen, aldaera konstitutiboa izan daitekeela iradokiz. Hala ere, orain artean egindako asoziazio ikerketetan ez da ikusi gene hau zeliakiarekiko asoziatuta dagoenik eta ikerketa genetiko eta funtzional gehiago egin beharko lirateke zeliakiaren suszeptibilitate genetikoan inplikatuta dagoela baieztatzeko.

Adierazpen aldaerak aurkeztu zituzten geneen funtzioak aztertzean, funtzio ezberdineko proteinak transkribatzen dituztela ikusi zen, bai estrukturan parte hartzen dutenak, baita seinalizazio osagarrietan inplikatutakoak ere, besteak beste, zelulen polarizazioan eta proliferazioan. Beraz, bidezidorrean orokorrean eragiten duten aldaerak dira.

Gene hautagaien arteko koadierazpen analisiak ere egin ziren, behatutako aldaerek gene arteko elkarrekintzetan eragina zuten egiaztatzeko. Gaixotasun aktiboan, hainbat geneek, beste geneekiko zituzten elkarrekintza gehienak galdu egiten zituzten, tratatuetan eta kontroletan aurkeztutako koadierazpen patroia galduz (Jauregi-Miguel A. et al., 2014). Honek guztiak glutenaren irensketak TJ bidezidorraren desregulazioa eta desantolaketa eragiten duela isladatzen du.

**1. irudia. Lotura hertsiekin loturiko gene hautagaien adierazpena**




Lotura hertsiekin erlazionaturiko 23 geneen adierazpena 16 CD gaixoen (diagnosian eta gutxienez bi urtez glutenik gabeko dietaren ostean), eta 16 heste hanturarik gabeko kontroletan. Zutabeek pazienteetatik hartutako laginak adierazten dituzte. Gorritik urdinerako eskalak gene ezberdinen gain-/azpi-adierazpen gradientea adierazten du. Diagnosian adierazpen esangarria ($p<0.05$) zuten geneen izenak koloreztatuta agertzen dira, gorriz gain-adieraziak eta urdinez azpi-adieraziak. Asteriskoak, tratamenduan ere adierazpena esangarriki aldatuta agertzen zela adierazten du.

### 3.2 Gliadinaren kitzikapena C2BBe1 heste epitelioko monogeruzetan

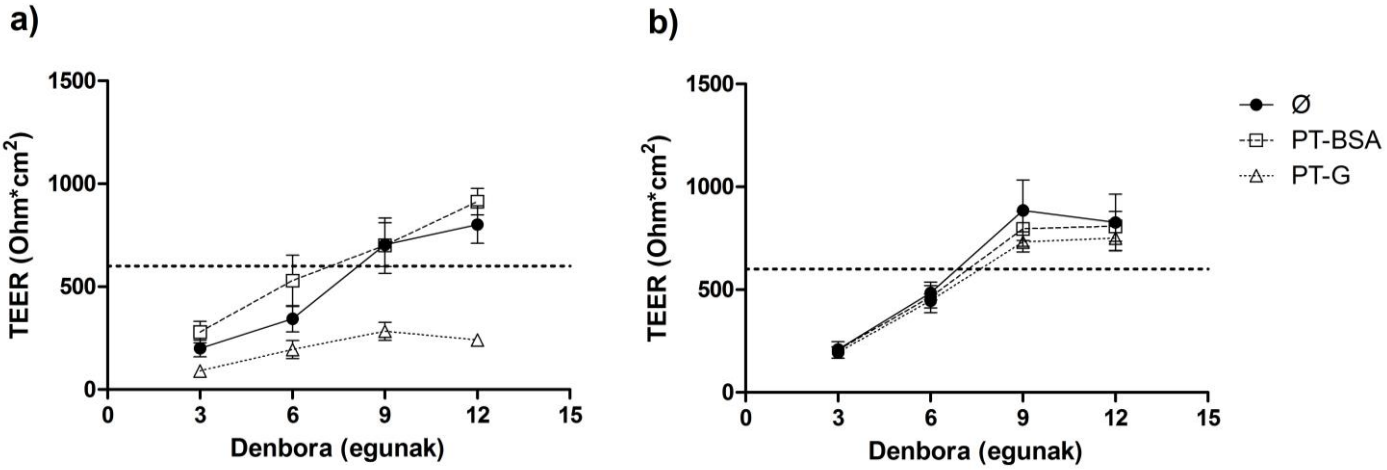
Eritasun zeliakoan, gliadinak eta beste hainbat ingurune-faktoreek (patogeno bakteriano inbasiboak adibidez) TJ osagaietan eraldaketak sor ditzakete, heste epitelioaren osotasuna kaltetuz. Mekanismoa ez da oraindik ondo ezagutzen eta hau argitzeko ikerketa funtzionalak egitea beharrezkoa da.

Modelo zelularrak, asoziatutako gene hautagaien inplikazio funtzionala ikertzeko tresna oso erabiliak dira. C2BBe1 zelulak, koloneko minbizi batetik eratorritako giza zelulak dira eta hauen kulturek giza hesteko epitelioaren ezaugarri morfologiko eta biokimiko antzekoak aurkezten dituzte. Zelula kulturak filtro baten gainean hazten direnean, diferentziatu egiten dira eta heste epitelioaren antzera, zelulen artean TJ egiturak eratu eta monogeruzak sortzen dituzte. Egitura hauen osotasuna kuantifikatzeko, monogeruzaren erresistentzia elektriko transepitelialaren (TEER) neurketa oso erabilia da. TEER balioaren hazkundeak monogeruza zelularraren konfluentzia azkarra adierazten du eta C2BBe1 zelulen kasuan, monogeruza 600ohm*cm$^2$ balioan eratzen dute.

Ikerketa honetan, patogenian ematen den lotura hertsien suntsiketa hobeto ulertzeko asmotan, C2BBe1 modelo zelularrean gliadinak TJ egituren eraketan duen eragina aztertu zen. Horretarako, zelulak filtrodun intsertoetan erein eta bi asteetan zehar tripsinaz eta pepsinaz digeritutako gliadinaz (PT-G) eta BSA-z (PT-BSA, kontrol negatiboa) kitzikatu ziren. Kitzikapena bi egoera ezberdinetan egin zen; a) zelulak hasieratik kitzikatu ziren, hots, ereinketa momentutik eta b) zelulak TJ egiturak eratu eta monogeruza sortu zuten momentutik kitzikatu ziren (TEER > 600ohm*cm$^2$) (2. Irudia).

Lehenengo esperimentuan, kontrolak (kitzikapenik gabeko zelulak) eta kontrol negatiboak (PT-BSA) 9. egunerako monogeruza sortzea lortu zuten bitartean, gliadinaz kitzikatutako zelulek (PT-G) esperimentu osoan zehar TEER balore baxuak mantendu zituzten, monogeruza sortzeko gai ez zirela adieraziz. 2. Esperimentuan aldiz, zelulek monogeruza sortu eta hurrengo egunetan zehar TEER baloreak mugaren gainetik egonkor mantendu ziren. Honek guztiak, gliadinak TJ egituren eraketa guztiz hondatzen duela iradokitzen du, monogeruzen osotasuna erabat kaltetuz . Kalte hau aldiz ez da baieztatu monogeruzak behin sortuak daudenean.

**2. irudia. C2BBe1 zelulen kitzikapena**




C2BBe1 zelulek lortutako TEER balioak denboran zehar, 3 egoera ezberdinetan: kitzikatu gabe hazitakoak (Kontrolak), pepsinaz eta tripsinaz digeritutako BSAz kitzikatuak (PT-BSA) eta pepsinaz eta tripsinaz digeritutako gliadinaz kitzikatuak (PT-G). Kitzikapenaren hasiera bi momentu ezberdinetan egin zen, a) ereinketa momentuan, b) behin monogeruza eratuta zegoenean. Marra ez jarraiak, monogeruza eratuta egoteko zelulek adierazi behar duten TEER balore minimoa markatzen du. Errore barrek bataz bestekoaren errore tipikoa adierazten dute.

## 4. Ondorioak

Eritasun zeliakoan, gliadinaren irensketak gehiegizko erantzun immunea pizten du eta ondorioz, heste meheko ehunean kalteak sortzen dira. Beste prozesu biologikoen eta genetikoen inplikazioa adierazten duten geroz eta ebidentzia gehiago daude, besteak beste, heste epitelioaren iragazkortasun alteratua. Prozesu honetan lotura hertsiek funtsezko papera dutela iradoki da baina funtzionamendua oraindik ez da ezaguna. Gure emaitzek, TJ egituren disfuntzioan bitartekari diren prozesu zelularrak eta molekularrak ezagutzeko informazio berria argitaratzen dute, patogeniaren garapenean eragina izan dezaketen hainbat faktore nabarmenduz.

Alde batetik, lotura hertsietan parte hartzen duten geneek heste epitelioaren suntsiketan inplikatuta daudela ikusi dugu. Gene hautagai batzuen gain-/azpi-adierazpenak eta koadierazpen patroiaren alterazioak mekanismo erregulatzaile komun bat dagoela eta hau gaixotasun aktiboan alteratuta eta kaltetuta dagoela adierazten dute. Alterazio gehienak, glutenik gabeko dieta baten ostean normalizatu egiten dira, prozesuaren itzulgarritasuna baieztatuz. Hala ere, *PPP2R3A* genearen ixilarazpen konstitutiboak, gaixotasunean TJ bidezidorrak jasaten dituen kalteak oinarri genetikoa ere baduela iradokitzen du.

Bestalde, modelo zelularrean egindako esperimentuek, gliadinak lotura hertsien eraketa zapuzten duela baieztatu dute, barrera epitelialaren osotasuna erabat kaltetuz. Hala ere, gliadinak TJ egituretan duen eragina zehazteko analisi funtzional sakonagoak beharrezkoak dira.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa honetan, TJ bidezidorra eritasun zeliakoan kaltetuta dagoela eta kalte honetan gliadinak funtsezko papera duela ikusi dugu. Dena den, aurkitutako alterazioak mRNA adierazpenaren mailakoak dira eta ez dute zertan proteina mailan gertatzen ari dena islatu behar. Beraz, hurrengo pausua, aldaera hauek barrera epitelialaren suntsipenean duten ekarpena zehaztea da. Horretarako proteina mailako analisi funtzionalak beharrezkoak dira, bai zelula kulturetan baita heste ehunetan ere.

Horretaz gain, asoziazio azterketen bidez *PPP2R3A* genea suszeptibilitate genetikoan inplikatuta dagoela baieztatu beharko litzateke, eta ondoren analisi funtzionalen bidez patogeniaren garapenean funtsezko funtziorik duen frogatu.

## 6. Erreferentziak

SEEC (2014): “La expresión de los genes tight junction en las monocapas celulares del epitelio intestinal”. Congreso Nacional de la Enfermedad Celíaca, Ahozko komunikazioa, Valentzia..

———————

Bjarnason I. eta Peters TJ. (1984): “In vitro determination of small intestinal permeability: demonstration of a persistent defect in patients with coeliac disease.”. Gut 1984;25:145–50.

Bjarnason I., Marsh M.N., et al. (1985): “Intestinal permeability in patients with coeliac disease and dermatitis herpetiformis”. Gut 1985;26:1214–9

Castellanos-Rubio A., Santin I., et al. (2010): “Long-term and acute effects of gliadin on small intestine of patients on potentially pathogenic networks in celiac disease”. Autoimmunity 2010;43:131–9.

Ciccocioppo R, Finamore A, et al. (2006). “Altered expression, localization, and phosphorylation of epithelial junctional proteins in celiac disease”. Am J Clin Pathol 2006;125:502–11.

Houlston, RS. eta Ford D. (1996): “Genetics of coeliac disease”. QJM 1996;89:737–43.

Jauregi-Miguel A, Fernandez-Jimenez N, et al. (2014). “Alteration of tight junction gene expression in celiac disease.” J Pediatr Gastroenterol Nutr. 2014 Jun;58(6):762-7.

Ménard S., Lebreton C. et al. (2012): "Paracellular versus transcellular intestinal permeability to gliadin peptides in active celiac disease" Am J Pathol. 2012 Feb;180(2):608-15.

Pizzuti D, Bortolami M, et al. "Transcriptional downregulation of tight junction protein ZO-1 in active coeliac disease is reversed after a gluten-free diet." Dig Liver Dis 2004;36:337–41.

Schulzke JD, Bentzel CJ, et al. (1998): "Epithelial tight junction structure in the jejunum of children with acute and treated celiac sprue". Pediatr Res 1998;43:435–41.

Szaka´l DN, Gyorffy H, et al. (2010). "Mucosal expression of claudins 2, 3 and 4 in proximal and distal part of duodenum in children with coeliac disease." Virchows Arch 2010;456:245–50.

Trynka G., Hunt K.A., et al. (2011): "Dense genotyping identifies and localizes multiple common and rare variant association signals in celiac disease". Nat Genet 2011;43:1193–201.

Tsukita S, Furuse M, et al. (2001): "Multifunctional strands in tight junctions.". Nat Rev Mol Cell Biol 2001;2:285–93.

Wapenaar MC., Monsuur AJ., et al. (2008): "Associations with tight junction genes PARD3 and MAGI2 in Dutch patients point to a common barrier defect for coeliac disease and ulcerative colitis" Gut. 2008 Apr;57(4):463-7.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau nazioarteko artikulu batetik (Jauregi-Miguel A. et al., 2014) eta kongresu nazional batetik (SEEC, 2014) eratorria da. Ikerketa hau ISCIII (PI10/310) ikerketa proiektuaren bitartez finantzatu zen. Egileek SGIkerrek (UPV/EHU, MICINN, GV/EJ, EGEF eta EGIF) emandako laguntza teknikoa eta gizatiarra eskertzen dute.

# Hiperkolesterolemia familiarra: LDLR, APOB eta PCSK9-en mutazioen balioztapen funtzionala diagnostiko zehatz baterako.

Etxebarria A[1], Benito-Vicente A[1], Palacios L[2], Ostolaza H[1], Martin C[1].

*[1]Biofisika Unitatea (CSIC, UPV/EHU) eta Biokimika eta Biologia Molekularra Saila, UPV/EHU. 48080 Bilbo. [2] Progenika Biopharma,Grifols, Derio, Spain.*
*Kontakturako e-posta: aitor_etxebarria@hotmail.com; cesarbakio@gmail.com*

***Laburpena***

Hiperkolesterolemia familiarra (HF) gaixotasun autosomiko dominantea da eta gizabanakoen heterozigosiaren forma 1:500-maiztasun batekin agertzen da. HF-aren oinarri genetikoa *LDLR, APOB* eta *PCSK9* geneetan kokatutako mutazioren baten ondorio izan ohi da. Nahiz eta geneko mutazio funtzionalen detekzioak HF-egoeraren nolabaiteko diagnosi bat hornitu, oraindik gene horien aldaera asko funtzionalki karakterizatu gabe daude. Ikerketa honen helburuak honakoak izan dira: HF-an agertzen diren mutazioen ezagumendua zabaldu eta diagnosi zehatz bat hornitu gertaera kardiobaskularren arriskua murrizteko.

Hitz gakoak: Hiperkolesterolemia familiarra, LDLR, ApoB-100, PCSK9.

***Abstract***

Familial hypercholesterolemia (FH) is a common autosomal codominant disease with a frequency of 1:500 individuals in its heterozygous form. The genetic basis of FH is most commonly mutations within the LDLR, APOB and PCSK9 genes. Although the detection of functional mutations provides an unequivocal diagnosis of the FH condition, there are many variants whose pathogenicity is still unknown. The aims of this study were to expand our knowledge of mutations responsible for FH, providing an accurate diagnosis and leading to early treatment to reduce the risk of premature cardiovascular events.

Keywords: Familial hypercholesterolemia, LDLR, ApoB-100, PCSK9.

## 1. Sarrera eta motibazioa

Hiperkolesterolemia familiarra (HF), gizartean oso hedatua dagoen gaixotasun autosomiko dominantea da. HF, normalean, *LDLR*-an, *APOB*-en edo *PCSK9*-an mutazioren baten ondorio izan ohi da. Ezaugarri nagusi moduan, odoleko kolesterola maila altua dakar. Gaixotasun hau pairatzen duten pertsonek, tendoietako xantoma, kornea inguruko eraztuna eta betazal-xantelasma nabarmenak izaten dituzte; halaber, arterien barne-geruzan lipidoz, makrofagoz, muskulu-zelulaz, ehun konektiboz eta bestelako odol-zelulez osaturiko metaketak ageri dira, aterosklerosi eta bihotzeko gaixotasun goiztiarrak sortzen dituztenak (Hata et al. 1981). HF delakoa zelulek kolesterolaren barneraketa-mekanismoan sortutako akatsen ondorio izan ohi dela esan beharra dago.

Munduko Osasun Erakundeak (OMS) esaten duenaren arabera, zenbat eta HF-aren diagnostikoa goiztiarrago egin, are eta onuragarriagoak izango dira tratamendu bitarteko onurak. Hori dela eta, gaixotasunaren diagnostiko goiztiar bat lortzeko estrategia baten garapena ezinbestekoa da, arazoa konpontzeko analisi genetiko azkar eta zorrotz bat bide egokia izan daitekeelarik. Azken hau, ordea, ez da guztiz fidagarria, kasu gehienetan adierazita dauden mutazioak ez baitaude funtzionalki karakterizatuta. Ondorioz, mutazio hauen izaera ezagutzeak diagnostiko genetiko guztiz fidagarri bat lortzeko garrantzi handia dauka (Nordestgaard et al. 2013).

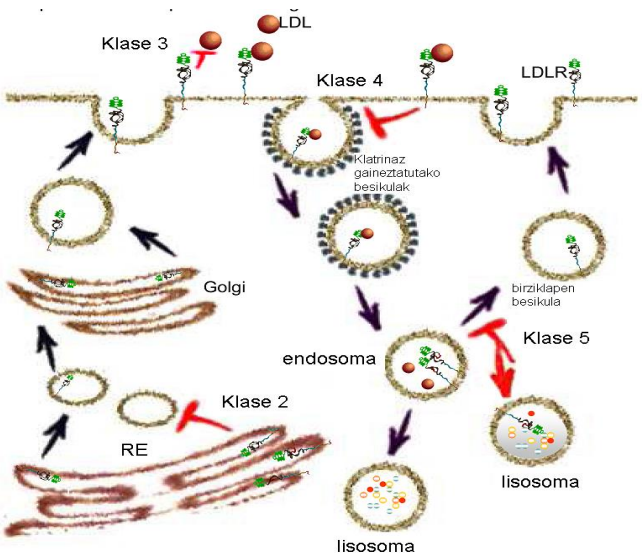
Kolesterola, eta haren esterrak, uretan ia erabat disolbaezinak direnez, sorleku duten ehunetik (gibeletik batez ere) metatu edo kontsumituko duten ehunetara plasmako dentsitate txikiko lipoproteinen bidez (LDL) garraiatzen dira. ApoB-100 LDL-aren proteina nagusia da, eta inguruetako ehunetara iristean bere hartzaile espezifikoa den LDLR-aren bidez, LDL eta bide batez kolesterola, zeluletara sartzen da (Rader et al. 2003).

*LDLR* genea 19p kromosoman kokatzen da eta I klaseko transmintza proteina kodetzen du (Lindgren et al. 1985). LDLR proteina erretikulu endoplasmatikoan sintetizatzen da eta mintz plasmatikoan LDL-aren ApoB-100 proteina ezagutzen duenean klatrinaren menpeko endozitosiaren prozesuari hasiera ematen dio. Endozitosiaren ostean, endosomak azidifikatuta

duen medioan, LDLR eta ApoB-100 proteinen arteko afinitatea jaisten da. Honen ondorioz, LDL endosomaren lumenean aske geratzen da eta hartzaileak konformazioz aldatzen du, ostean, alde batetik, LDLR mintz plasmatikora birbideratzen da, eta beste alde batetik, LDL lisosomara joango da bere degradadazioaren bidezidorra jarraituz (Innerarity 2002).

LDLR-aren genean 1200 mutazio baino gehiago aurkitu dira (Usifo et al. 2012). LDLR-aren mutazioek LDLR funtzionamendu arruntari nola eragiten dioten arabera bost talde handitan bana daitezke: 1go klasekoak, LDLR-aren adierazpenaren galera sortzen duten mutazioak dira; 2. klasekoak, LDLR mintzera heltzeko gaitasuna, partzialki edo osorik, galarazten duten mutazioak dira; 3. klasekoak, LDL eta LDLR arteko lotura galarazten duten mutazioak dira; 4. klasekoak, Klatrina bidezko endozitosia galarazten duten mutazioak aurkituko ditugu; eta azkenik, 5. klasekoak Birziklapenean galera sortzen duten mutazioak dira (Etxebarria et al. 2015) (1. irudia).

**1. irudia: LDLR-aren mutazioek LDLR funtzionamendu arruntari nola eragiten dioten arabera bost talde handitan bana daitezke.**




LDL hartzailean aurkitu diren hainbat mutazioekin alderatuz, ApoB eta PCSK9 proteinetan, ordea, gaixotasun-eragile diren mutazio gutxi batzuk aurkitu eta egiaztatu dira (Austin et al. 2004). ApoB-100 proteinak bi funtzio nagusi ditu: LDL partikularen osotasuna mantentzea eta LDL-LDLR arteko batuketa ahalbidetzea, honen ondorioz, LDLR-ek bideratzen duen barneraketa prozesua dela medio, zirkulazioan dauden LDL partikulen garbiketa eraginez. HF-aren eragile diren *APOB* mutazioen maiztasuna Europako hainbat populazio kaukasianoetan 1/300-1/700 pertsonetakoa da. ApoB proteinan identifikatutako eta bereizitako lehen mutazioa, ApoB3500 edo ApoB3527 ere deitua, 1980. hamarkadaren bukaeran deskribatu zen (Soria et al. 1989).

2003-an LDL-aren bidezidorra erregulatzen duen azkenetariko proteina bat aurkitu zen, PCSK9 deritzona (Abifadel et al. 2003). PCSK9 (ingelesetik, *Proprotein Convertase Subtilisin Kexin type 9*) plasmako proteina bat da eta honek zelulak gainazalean daukan LDLR kopurua erregulatzen du. PCSK9-k LDLR lotzen du, ApoB-100 proteinak lotzen duen gune desberdin batean. Behin endozitatua, endosomaren medio azidoan, PCSK9 eta LDLR-ren arteko afinitatea, jaitsi egin beharrean, LDL-arekin gertatzen den bezala, areagotzen da. Honek ez du LDLR-aren konformazio aldaketa baimentzen eta ondorio gisa, hartzailea ezin da mintzera itzuli eta lisosoman degradatzen da (Fisher et al. 2007).

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Datu klinikoekin konbinatzen den LDLR, ApoB-100 eta PCSK9 proteinen aldaeren detekzio goiztiarrek LDL-C (LDL-ean dagoen kolesterola) mailen eta HF edo hiperkolesterolemia familiar konbinatuaren (FCHL) fenotipoekin asoziazioa egitea ahalbideratzen dute. Asoziazio ikasketa hauetan, datuak baieztatzeko eta fenotipoan LDLR, ApoB-100 eta PCSK9 proteinek duten eginkizun zehatza identifikatzeko familia kopuru handiak beharrezkoak dira. Azken aldi

honetan, aldaera hauek LDL-C maila kontrolatzeko duten betebehar biologikoen aurkikuntzarako funtzio-azterketen beharra izan da. Ikerketa honen helburu nagusia LDLR, ApoB-100 eta PCSK9 proteinetan agertzen diren hainbat mutazioen balioztapen funtzionala izan zen, aukeratutako mutazioak LIPOchip ® plataformak (Progenika-Biopharma) aurkitutako Espainako estatuko HF gaixoetan agertzen direnak izanik (Alonso et al. 2009, Tejedor et al. 2006, Tejedor et al. 2005). Lan honek gaixotasunaren diagnostiko zuzen bat finkatzea baimentzen du, diagnosi genetikoak ekar ditzakeen positibo faltsuak ekidinez eta mutazioak dakarren akatsaren larritasuna zehaztuz.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1-LDL-aren aldaerak

Estatuko populazioan detektatu diren mutazio ohikoenen efektuak aztertu genituen, hau da, 4 kasu-indize baino gehiago dituztenak. Hori dela eta, proteinen funtzioa aztertzeko CHO zelulak mutazio desberdinak daramatzaten plasmidoekin transfektatu ziren. LDLR-aren aktibitatea fluxuzko zitometria bidez (FACS) neurtu zen. Alde batetik, LDL-aren batuketa eta barneraketa zehazteko, fluoreszenteki markatutako LDL-ak erabili genituen LDLR aldaera guztietarako. Bestalde, mintz zelularretako LDLR-aren adierazpen maila aztertu genuen, anti-LDLR-aren antigorputz primarioa eta Alexa Fluor 488-konjugatutako bigarren antigorputz bat erabiliz. Patogenizitatea argitzeko helburuarekin, neurtutako hartzaile-aldaeren aktibitatea eta adierazpena jatorrizko tipoko proteinarekin konparatu ziren. Lan honetan karakterizatu ditugun 18 LDLR-ren aldaerak 1. taulan agertzen dira. Patogenizitateaz gain, mikroskopia konfokalaren bidez aztertutako (aurkeztu ez diren emaitzak) mutazioaren klasea ere adierazten da.

**1. taula. LDLR aldaeren karakterizazio funtzionala eta mutazioaren sailkapena.**

| Kokapena | DNA Kodetzailea | Proteina | Domeinua | Klasea |
|---|---|---|---|---|
| Exoi 3-4 | c.191-?_694+?del | p.[L64S];[S65_A232del] | Batzeko domeinua | 3. Klase |
| Exoi 4 | c.346T > C | p.Cys116Arg | Batzeko domeinua | 3. klase |
| Exoi 5 | c.806G>A | p.Gly269Asp | Batzeko domeinua | funtzionala |
| Exoi 6 | c.862G>A | p.Glu288Lys | Batzeko domeinua | 3. klase |
| Exoi 6 | c.902A > G | p.Asp301Gly | Batzeko domeinua | 3. klase |
| Exoi 9 | c.1246C>T | p.Arg416Trp | β-propeller | 5. klase |
| Exoi 12 | c.1729T>G | p.Trp577Gly | β-propeller | 2. klase |
| Exoi 13 | c.1871_1873delTCA | p.Ile624del | β-propeller | 2. klase |
| Exoi 13 | c.1942T>C | p.Ser648Pro | β-propeller | 2. klase |
| Exoi 14 | c.2053C>T | p.Pro685Ser | EGF-C | 2. klase |
| Exoi 18 | c.2575G>A | p.Val859Met | isatsa-zitoplasmatikoa | funtzionala |
| Introi 3 | c.313+2dupT | p.[L64S];[S65_P105del] | Batzeko domeinua | 2. klase |
| Introi 8 | c.1186+5G>A | p.G396fs*26 | EGF aitzindari-modukoa | E/Z (Ez zehaztuta) |
| Introi 12 | c.1845+1G>C | p.Glu615fs*25 | EGF aitzindari-modukoa | E/Z |
| Exoi 4 | c.346T > C | p.Cys116Arg | Batzeko domeinua | 3. klase |
| Exoi 4 | c.514G > A | p.Asp172Asn | Batzeko domeinua | 3. klase |
| Exoi 5 | c.769C > T | p.Arg257Trp | Batzeko domeinua | funtzionala |
| Exoi 5 | c.806G>A | p.Gly269Asp | Batzeko domeinua | funtzionala |

E/Z: Ez zehaztuta.

### 3.2-ApoB-100 proteinaren aldaerak

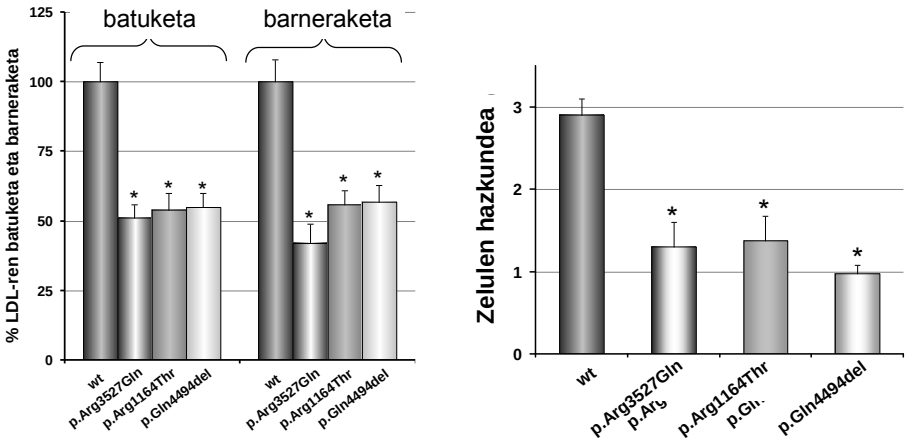
ApoB-100 proteinan aurkitu diren aldaerek nagusiki LDL eta LDLR-aren arteko batuketari eragiten diote (Pejic 2014).

Lan honetarako, fluxu zitometria eta U937 zelularen hazkundea erabiliz, Espainako populazioan oso ohikoa diren 3 aldaera ikertu ditugu.

ApoB-100-en patogenizitatea karakterizatzeko fluxu zitometriaz, aktibatutako linfozitoak 4 orduz inkubatzen ditugu FITC-LDL-arekin, 37ºC-tan LDL-aren barneraketa neurtzeko eta 4ºC-tan batuketa neurtzeko. 2. irudian ikusi daitekeen moduan p.Arg3527Gln, p.Arg1164Thr eta p.Gln4494del-en batuketa, jatorrizko tipokoarekin (wt, ingelesetik *wild type*) konparatzen genuenean, gutxituta agertzen zen (wt: 100 ±7; p.Arg3527Gln: 51 ±5; p.Arg1164Thr: 54 ±6; p.Gln4494del: 55 ±5). Bestalde, LDL-aren barneraketa aztertu zenean oso emaitza antzekoa lortu zen (wt: 100 ±8; p.Arg3527Gln: 42 ±7; p.Arg1164Thr: 56 ±5; p.Gln4494del: 57 ±6).

U937 zelulek kolesterolaren *de novo* sintesirako ezinbestekoa den HMG-CoA erreduktasa entzima suntsituta dutenez, kanpotik jasotzen duten kolesterolaren iturriaren menpe daude. Ezaugarri honetan oinarrituz ApoB-100 aldaerak dituzten LDL-ak kolesterol iturri bakarra izanda U937 zelulen hazkundea jarraitu zen ApoB-100-en patogenizitatea detektatzeko. 2. irudian ikusi daitekeen moduan, U937 zelulak ApoB-100 aldaerak dituzten LDL-ekin inkubatu zirenean zelulen hazkundearen murrizketa agerikoa da (wt: 2.9 ±0.2; p.Arg3527Gln: 1.3 ±0.3; p.Arg1164Thr: 1.38 ±0.3 ; p.Gln4494del: 0.98 ±0.1).

**2. irudia: ApoB-100 proteinaren mutazioak.**




## 3.3-PCSK9-ren aldaerak

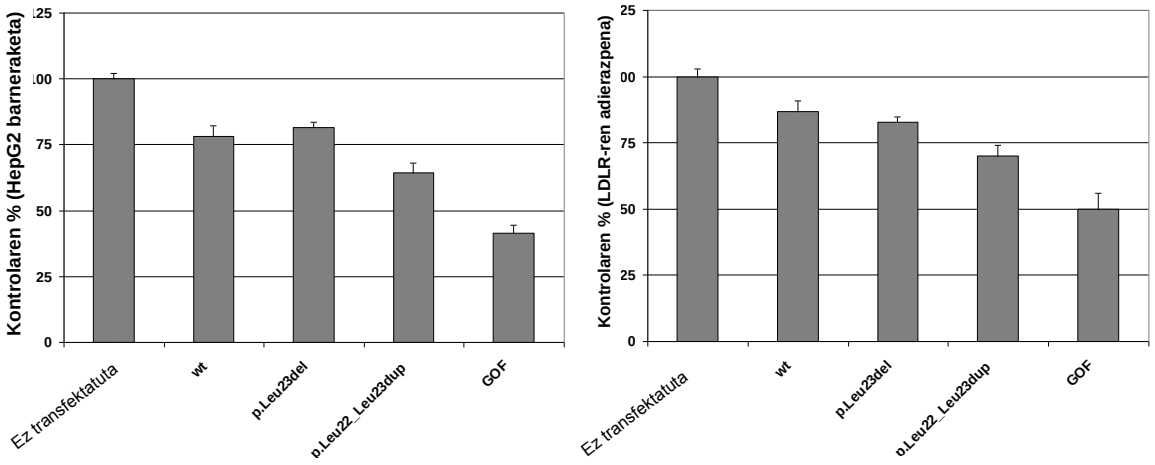
PCSK9-ren aldaerak bi motatakoak izan daitezke: funtzio areagotzaileak (GOF, ingelesetik *Gain Of Function*) edo funtzio galtzaileak (LOF, ingelesetik *Loss Of Function*). GOF aldaerak HF-aren kasuekin erlazionatuta daude zelularen gainazaletik LDLR gehiegi kentzen dutelako; LOF aldaerek, aldiz, babes efektua ematen diete LOF aldaerei (Cameron et al. 2006).

Ikerketa honetan, fluxu zitometria teknika nagusi moduan erabiliz p.Leu22_Leu23dup eta p.Leu23del oso ohikoak diren aldaerak karakterizatu ditugu.

PCSK9-ren aldaerek zelularen gainazalaren LDLR-aren adierazpenean duten efektua aztertzeko, HepG2 zelulak **p.Leu22_Leu23dup, p.Leu23del**, wt, eta GOF aldaerak zeramatzaten plasmidoekin transfektatu ziren. PCSK9-ren efektua ikusteko, oso ohikoa da zelula mota hau erabiltzea, oso LDLR kantitate handia adierazten baitute. Horretarako, bi metodo desberdin erabili ziren: metodo zuzen bat, PCSK9-ren aldaeren efektua LDLR-aren espresioaren galera isladatzen duena; eta beste metodoa, zeharkako metodoa alegia, LDL-aren barneraketaren murrizketa bezala agertzen dena.

3 irudian, p.Leu23del aldaera wt-arekin konparatuta efekturik ez daukala ikus dezakegu, hau da, aldaera hori guztiz funtzionala dela, eta aldiz p.Leu22_Leu23dup aldaera funtzio areagotzaile bat dela, nahiz eta kontrol moduan erabili dugun GOF aldaera baino efektu gutxiago izan. Honez gain, p.Leu22_Leu23dup GOF bat bihurtzearen zergatia zein den jakiteko ikerketa gehiago egitea beharrezkoa da.

**3. irudia: PCSK9-ren mutazioak**




## 4. Ondorioak

Gaur egun, LDLR, ApoB-100 eta PCSK9-an agertzen diren barianteen karakterizazio funtzionala egitea beharrezkoa da, diagnosi zehatz bat egiteko eta ondorioz, HF tratamendua hobetzeko.

Lan honetan Estatu Espainolean ohikoenak diren HF-an parte hartzen duten gene nagusien aldaeren balioztapen funtzionala burutu da, mutazio hauen inguruko ondorengo informazio berriaren ekarpena eginez: patogenizitatea edo eza, patogenizitate maila edo hala badagokio, LDL-aren barneraketaren bidezidorrean kaltetutako prozesua.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Gaixotasun kardiobaskularrak hilkortasun-kausa nagusietako bat izanik, pazienteak lehenbailehen identifikatzea oso garrantzitsua da, bai diagnostiko goiztiar bat izateko bai tratamendu egoki bat emateko. HF-ak mendebaldeko gizartean duen inpaktu soziala kontuan hartuta, diagnostiko genetiko baten bidez gaixoak diagnostikatzeko HF-an inplikatuta dauden proteinen akzio mekanismoak eta gene horien aldaera patogenoak sakonago ezagutzea interes handikoa da. Aldaeren karakterizazioak eta sailkapenek pertsonalizatutako tratamenduak baimenduko dituzte. Bestalde eta bukatzeko, HF-an parte hartzen duten gene berrien aurkikuntzak eta ikasketak estrategia terapeutiko berriak proposatzeko aukera irekiko lukete.

## 6. Erreferentziak

Abifadel, M., Varret, M., Rabes, J. P., Allard, D., Ouguerram, K., Devillers, M., Cruaud, C., Benjannet, S., Wickham, L., Erlich, D., Derre, A., Villeger, L., Farnier, M., Beucler, I., Bruckert, E., Chambaz, J., Chanu, B., Lecerf, J. M., Luc, G., Moulin, P., Weissenbach, J., Prat, A., Krempf, M., Junien, C., Seidah, N. G. and Boileau, C. (2003), Mutations in PCSK9 cause autosomal dominant hypercholesterolemia, Nat Genet, 34(2): 154-156.

Alonso, R., Defesche, J. C., Tejedor, D., Castillo, S., Stef, M., Mata, N., Gomez-Enterria, P., Martinez-Faedo, C., Forga, L. and Mata, P. (2009), Genetic diagnosis of familial hypercholesterolemia using a DNA-array based platform, Clin Biochem, 42(9): 899-903.

Austin, M. A., Hutter, C. M., Zimmern, R. L. and Humphries, S. E. (2004), Genetic causes of monogenic heterozygous familial hypercholesterolemia: a HuGE prevalence review, Am J Epidemiol, 160(5): 407-420.

Cameron, J., Holla, O. L., Ranheim, T., Kulseth, M. A., Berge, K. E. and Leren, T. P. (2006), Effect of mutations in the PCSK9 gene on the cell surface LDL receptors, Hum Mol Genet, 15(9): 1551-1558.

Etxebarria, A., Benito-Vicente, A., Palacios, L., Stef, M., Cenarro, A., Civeira, F., Ostolaza, H. and Martin, C. (2015), Functional characterization and classification of frequent low-density lipoprotein receptor variants, Hum Mutat, 36(1): 129-141.

Fisher, T. S., Lo Surdo, P., Pandit, S., Mattu, M., Santoro, J. C., Wisniewski, D., Cummings, R. T., Calzetta, A., Cubbon, R. M., Fischer, P. A., Tarachandani, A., De Francesco, R., Wright, S. D., Sparrow, C. P., Carfi, A. and Sitlani, A. (2007), Effects of pH and low density lipoprotein (LDL) on PCSK9-dependent LDL receptor regulation, J Biol Chem, 282(28): 20502-20512.

Hata, Y., Shigematsu, H., Tsushima, M., Oikawa, T., Yamamoto, M., Yamauchi, Y. and Hirose, N. (1981), Serum lipid and lipoprotein profiles in patients with xanthomas: a correlative study on xanthoma and atherosclerosis (I), Jpn Circ J, 45(11): 1236-1242.

Innerarity, T. L. (2002), Structural biology. LDL receptor's beta-propeller displaces LDL, Science, 298(5602): 2337-2339.

Lindgren, V., Luskey, K. L., Russell, D. W. and Francke, U. (1985), Human genes involved in cholesterol metabolism: chromosomal mapping of the loci for the low density lipoprotein receptor and 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase with cDNA probes, Proc Natl Acad Sci U S A, 82(24): 8567-8571.

Nordestgaard, B. G., Chapman, M. J., Humphries, S. E., Ginsberg, H. N., Masana, L., Descamps, O. S., Wiklund, O., Hegele, R. A., Raal, F. J., Defesche, J. C., Wiegman, A., Santos, R. D., Watts, G. F., Parhofer, K. G., Hovingh, G. K., Kovanen, P. T., Boileau, C., Averna, M., Boren, J., Bruckert, E., Catapano, A. L., Kuivenhoven, J. A., Pajukanta, P., Ray, K., Stalenhoef, A. F., Stroes, E., Taskinen, M. R., Tybjaerg-Hansen, A. and European Atherosclerosis Society Consensus, P. (2013), Familial hypercholesterolaemia is underdiagnosed and undertreated in the general population: guidance for clinicians to prevent coronary heart disease: consensus statement of the European Atherosclerosis Society, Eur Heart J, 34(45): 3478-3490a.

Pejic, R. N. (2014), Familial hypercholesterolemia, Ochsner J, 14(4): 669-672.

Rader, D. J., Cohen, J. and Hobbs, H. H. (2003), Monogenic hypercholesterolemia: new insights in pathogenesis and treatment, J Clin Invest, 111(12): 1795-1803.

Soria, L. F., Ludwig, E. H., Clarke, H. R., Vega, G. L., Grundy, S. M. and McCarthy, B. J. (1989), Association between a specific apolipoprotein B mutation and familial defective apolipoprotein B-100, Proc Natl Acad Sci U S A, 86(2): 587-591.

Tejedor, D., Castillo, S., Mozas, P., Jimenez, E., Lopez, M., Tejedor, M. T., Artieda, M., Alonso, R., Mata, P., Simon, L., Martinez, A. and Pocovi, M. (2006), Comparison of DNA array platform vs DNA sequencing as genetic diagnosis tools for familial hypercholesterolemia, Clin Chem, 52(10): 1971-1972.

Tejedor, D., Castillo, S., Mozas, P., Jimenez, E., Lopez, M., Tejedor, M. T., Artieda, M., Alonso, R., Mata, P., Simon, L., Martinez, A., Pocovi, M. and Spanish, F. H. G. (2005), Reliable low-density DNA array based on allele-specific probes for detection of 118 mutations causing familial hypercholesterolemia, Clin Chem, 51(7): 1137-1144.

Usifo, E., Leigh, S. E., Whittall, R. A., Lench, N., Taylor, A., Yeats, C., Orengo, C. A., Martin, A. C., Celli, J. and Humphries, S. E. (2012), Low-density lipoprotein receptor gene familial hypercholesterolemia variant database: update and pathological assessment, Ann Hum Genet, 76(5): 387-401.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Esker onak Rocío Alonso teknikariari (UPV-EHU) bere laguntzagatik.

# Egoera funtzionala eta dependentzia adineko pertsona instituzionalizatuetan: zeharkako ikerketa

Elordi U (1), Ruiz F (2), Arrieta H (2), Ugartemendia M (1), Zinkunegi N (1), Mendiluce N (3), Calvo J (3), Irazusta A(4), Garrués MA(2).

*Donostiako Erizaintza Unibertsitate Eskola (UPV/EHU)(1), Medikuntza eta Odontologia Fakultatea (UPV/EHU) (2), Zorroaga Fundazioa (3),*

*Leioako Erizaintza Unibertsitate Eskola (UPV/EHU) (4).*

*udane.elordi@ehu.es*

***Laburpena***

Gaur egun zahartzaroaren zahartzea ematen ari da. Adineko pertsona instituzionalizatuetan biztanleriak beherakada funtzionala izaten du eta hau eguneroko bizitzan egingo dituen jardueratan izango duen dependentzia mailari lotuta dago. Zeharkako ikerketa honen helburua independentzia-dependentzia eta egoera funtzionalean izaten diren aldaketak aztertzea izan da ibileran oinarrituz. Lan honetan dependentzia maila, egoera funtzionalaren beherakadarekin lotuta dagoela ikusi da. Beraz, parametro objektiboen bitartez egoeraren berri izatea lagungarria izan daiteke adineko pertsonaren beharrak identifikatzeko eta lehen edo bigarren mailako prebentzio esku-hartzeak aurrera eramateko.

Hitz gakoak: ibileraren abiadura, zahartzaroa, hauskortasuna, dependentzia, instituzionalizazioa, zeharkako ikerketa

***Abstract***

*We attend to an aging of aging itself. Long term institutionalization is characterized by an accused loss of function which is associated to a status of dependence for activities of daily living. The aim of this transversal study is to analyse changes in the status of independence-dependence, and functionality with gait speed parameter. The study evidence a significant decreased in functionality and a marked trend to higher levels of dependency. Increased knowledge in this field and the use of objective measures of functionality could allow identifying needs and the development of Secondary Prevention interventions for geriatric population.*

*Keywords: walking speed, aging, frailty, dependence, institutionalization, transversal study*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Gaur egungo gizartea aldaketa demografikoak pairatzen ari da azken belaunaldian; aldaketa hauek, mende honen lehen zatian Espainia, mundu mailan pertsona nagusien ehuneko handiena duen lurraldea izango dela aurreikusten dutelarik (Morley, 2004). Honetaz gain, kontutan izan behar da bizi itxaropenaren handitzea, honek zahartzaroaren etapa luzatzen baitu. Pertsona nagusi gehiago eta bizi itxaropen luzeagoa izateak, gizartean aldaketak sortzen ari da; bai sozialki eta baita osasun aldetik ere, askotan urte gehiago bizitzea ez baitago bizitza kalitate onarekin zuzenki loturik. Hortaz, bizi itxaropenaren handitzeak ezgaitasun tasaren igoera bat sortzeaz gain, familia estrukturaren berreraldatze bat ere eragingo du; askotan, familiaz gain, laguntza komunitario edo instituzionalak behar izanez gaixoaren autonomia sustatu eta mantentzeko (Evans et al., 2001).

Zahartzaroan, pertsonak bere prozesu naturalean hainbat aldaketa fisiologiko pairatzen ditu, bertan direlarik ezgaitasunak, dependentzi agerpenak eta ibilera abiaduraren aldaketak. Datu hauek izanda, ezinbestekoa da zahartzaroak eta ariketa fisikoak gure biztanleriaren osasunean eta egunerokotasunean duen inpaktua aztertzea, honela ondorio desatseginak prebenituz, ongizatea bultzatuz eta beraien ingurunera egokitzen irakatsiz ondoan ditugun pertsona nagusiei, beraien beharrei erantzun egokia eman ahal izateko.

Azken urteotan, ikaragarria da zahartzaroak aztergai gisa piztu duen interesa. Gainera zehazten hasita; interes hori ezgaitasun-dependentzia eta hauskortasunaren inguruan zentratu da. Zahartzaro fasean hainbat aldaketa ematen dira organismoan; muskulu eskeletikoaren galera mailakatua eta honen indar gutxitzea (Evans, 1997; Evans, 1999). Galera honen ondorioz, motrizitate murrizpena dator, ahalmen funtzionala asaldatuz eta bizitza kalitatea kolokan jarriz.

Ibileraren abiadura ere aztertua izan da; alde batetik, beheko gorputz-adarren funtzionamendua zehaztu ahal izateko eta, bestetik, efektu kaltegarrien iragarpen faktore potentzial gisa (Bohannon eta Andrews, 2011); (Studenski et al., 2011); instituzionalizazioa beherakada funtzional handiari lotuta baitago.

Ikerketa honetan sei metrotan lortutako ibileraren abiadura eta independentzia funtzionalaren arteko lotura aztertu da epe luzeko zaharren egoitzetan. Ezgaitasun gabeko adineko pertsona instituzionalizatuetan 1.1 m/s baino handiagoa den ibileraren abiadura normaltzat kontsideratzen da. Aldiz, ibileraren abiadura 0.8 m/s baino gutxiagokoa denean, parametro honek mugikortasunaren asaldurak identifikatzen ditu (Montero et al., 2005) eta, aldi berean, erorketak iragar ditzake. 1 m/s baino txikiagoa den gorte puntu bat, hauskortasunaren markagailu on bat kontsideratzen da (Cesari et al., 2005).

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Bibliografian oinarrituz ikus daiteke bizi itxaropena handitzean gure artean gero eta pertsona zahar gehiago dugula bizirik. Famili estrukturak ere berraldatzen doaz eta gero eta pertsona nagusi gehiago aurkitzen da instituzio geriatrikoetan. Errealitatea da baita, bizi itxaropena luzatu arren askotan, urte horiek ez datozela bat bizi kalitatearekin. Bestetik ikusi beharrekoa, urte gehiago bizitze prozesu horretatik zenbat igarotzen dituzten bizi kalitate onaz eta independentzi autonomiaz eta zenbat ezgaitasun eta dependentzi egoeran. Aztergai hauek ebaluatu ahal izateko 2011. urtean eta 2013. urtean lagina irizpide berdinak jarraituz baloratua izan da. Horrela bi urtetan populazio honek ze aldaketa, berdintasun edo bitxikeri bizi izan dituen aztertu ahal izateko.

Lan honen helburua 65 urtetik gorako pertsona instituzionalizatuetan, independentzia-dependentzia eta egoera funtzionalean izaten dituzten aldaketak aztertzea izan da. Honetarako gorputz-masaren indizea (GMI), Barthel eskala, laguntza teknikoen presentzia eta ibileraren abiadura kontutan hartu dira.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Diseinua

Bi urte eta erdian zehar, zeharkako ikerketa bat burutu zen Donostiako Zorroaga Zentro Gerontologikoan.

### 3.2 Lagina

2011. urtean, 65 urtetik gorakoak ziren eta denbora luzeko zentro instituzionalizatuan ingresatuta zeuden 143 adineko pertsona aukeratu ziren, aurrez adosturiko irizpideen arabera; 65urtetik gorakoak izatea, hitzezko kontsignak ulertzeko gaitasuna azaltzea eta 10 metro oinez independenteki ibiltzeko gaitasuna izatea. Bi urte eta erdi geroago berriz ere aztertuak izan ziren. Zeharkako azterketaren fluxu-diagraman ikus daitezke (1. irudian) izandako biztanleriaren galera eta arrazoiak, eta baita 2011ko ekainetik 2013ko abendura aurrez ezarritako irizpideen eboluzioa ere.

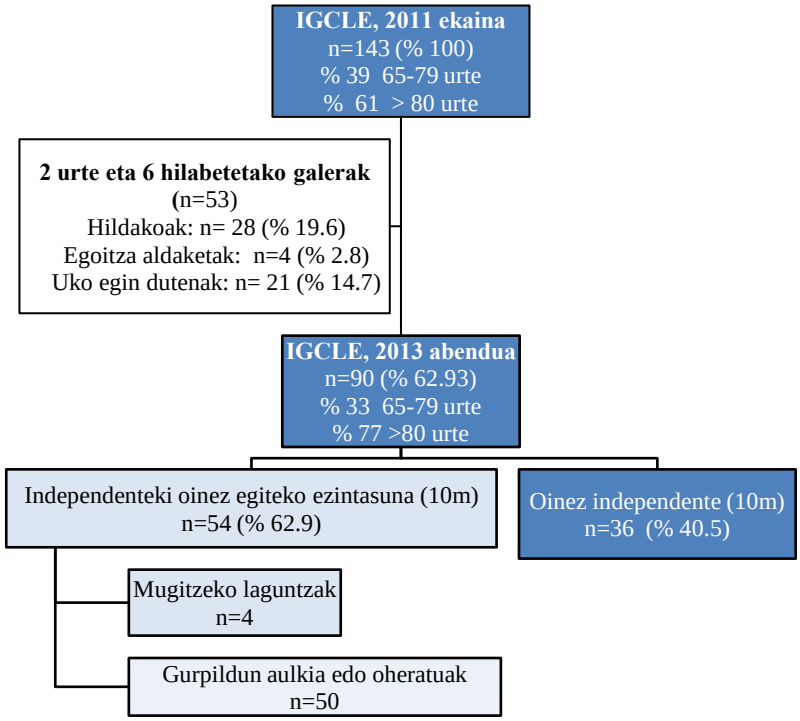
### 3.3 Balorazio metodoak

Barthel eskalaren (0-100) bitartez dependentzi-independentzi egoeren maila kategorizatuak ezarri ziren (Mahoney eta Barthel, 1965) (Gil, 2011); ezarritako mailak hauek izanik: dependente totala(0), dependente larria (<5-45), dependente moderatua(45-60), dependente arina(>65-95) eta independente totala(100). Mugikortasuna, ohiko mugikortasun independentziaren arabera baloratu zen (Holden et al.,1984); mugikortasunaren adaptazioa ondorengo maila kategorizatuetan oinarrituz (0-4): laguntzarik gabe, makila/makulua, taka-taka eta gurpildun aulkia. Ibileraren funtzionalitatea, zelula fotoboltaikoen bidez, 6 metrotan zehar ohiko ibilera neurtzen duen testaren bidez neurtu zen (Bohannon eta Andrews, 2011). Kasu honetan 0.8m/s-ko abiadura gorte puntutzat ezarri zen. Bukatzeko, gorputzaren konposizioa, gorputz masa indizearen (kg/m2) bitartez baloratu zen (Shetty eta James, 1994); ezarritako maila kategorizatuak hauek izanik: obesitatea( >30), gain-pisua (25-30), pisu normala (18.5-25) eta pisu baxua(<18.5)

### 3.4 Analisi estatistikoa

Ikerketan, azterturiko aldagai kategorizatuen frekuentziaren balioa eta ehunekoa aurkezten dira. Aldagai kategorialengan denborak sorturiko efektua aztertzeko, lagin erlazionatuen test ez parametrikoak erabili ziren. Adierazgarritasun maila gisa $p < 0.05$ ezarri zen.

**1. irudia: Zeharkako azterketaren fluxu-diagrama**[1]




1. taulan ikus daitekeenez zahartze prozesuak, biztanleria instituzio geriatrikoetan, gehiago eragiten du emakumeetan gizonezkoetan baino.

**1. taula: Laginaren ezaugarriak**[2]

| | | GUZTIRA | | Gizona | | Emakumea | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2011 n (%) | 2013 n (%) | 2011 n (%) | 2013 n (%) | 2011 n (%) | 2013 n (%) |
| Adina (urte- kategoriak) | 65 - 80 | 28 (31) | 21 (23) | 12 (50) | 10 (42) | 16 (24) | 11 (17) |
| | > 80 | 62 (69) | 69 (77) | 12 (50) | 14 (58) | 50 (76) | 55 (83) |
| | GUZTIRA | 90 (100) | | 24 (27) | | 66 (73) | |

Ibileraren abiadura kategorien, Barthel eskalaren, mugitu ahal izateko ohiko laguntza teknikoen erabileraren eta gorputz-masa indizearen eboluzioaren analisi ez parametrikoek gutxitze esanguratsua adierazten dute 2011tik 2013ra ($p<0.000$).(2. taula).

[1] IGCLE= Egonaldi luzeko instituzionalizazio geriatriko kronikoa.
[2] Baloreek frekuentziak eta ehunekoak adierazten dituzte.

**2. taula: Ibileraren abiaduraren, Barthel eskalaren, mugitu ahal izateko ohiko laguntza teknikoen erabileraren eta gorputz-masa indizearen kategorien eboluzioa 2011tik 2013ra[3]**

| Aldagai ordinalak | n (%) | Adierazgarritasun asintotiko aldebikoa (p) |
|---|---|---|
| IA (Ibileraren abiadura kategoriak) | | |
| Kategoriaz jaitsi (< 0.8m/sg-1) | 18 (20) | |
| Kategoriaz igo (> 0.8m/sg-1) | 2 ( 2) | *** |
| Kategoria mantendu (< 0.8m/sg-1 edo > 0.8m/sg-1) | 70 (78) | |
| Barthel (Dependentzi-independentzi egoera) | | |
| Kategoriaz jaitsi | 41 (50) | |
| Kategoriaz igo | 3 ( 4) | *** |
| Kategoria mantendu | 38 (46) | |
| Laguntza teknikoen presentzia mugitu ahal izateko | | |
| Kategoriaz jaitsi | 2 ( 3) | |
| Kategoriaz igo | 45 (52) | *** |
| Kategoria mantendu | 39 (45) | |
| GMI (GMI kategoriak) | | |
| Kategoriaz jaitsi | 41 (49) | |
| Kategoriaz igo | 4 ( 5) | *** |
| Kategoria mantendu | 38 (46) | |

## 4. Ondorioak

Datuak aztertu ondoren esan genezake, biztanleria zaharkitzen doala, gehiengoa osatuz emakumeak ditugularik (% 73).

Funtzionalitate eremua aztertzerakoan argi ikusten da % 50ak, Barthel eskalak dioenaren arabera, dependentzi agerpen gehiago izango dituela eguneroko bizitzako aktibitateak egiteko; kategoriaz jaisten baitira. Eta laguntza teknikoei dagokienez ere % 52a laguntza tekniko gehiago behar izatera iristen da 2013. urtean.

GMI-aren baloreak aztertu ondoren ere ikus daiteke, % 49a kategoriaz jaisten dela. Honekin lotu dezakegu intentzio gabeko pisu galera bat pairatu dutela. Gorputz-masaren gutxiagotzea muskulu horren indarra eta funtzionalitate galerarekin erlaziona daitezke, azken hau ahalmen funtzionalaren gutxiagotzearekin asoziatuz.

Beste aldetik, IA baloreak ikusiz, ikus daiteke 2011tik 2013ra 0.8 m/s baino gehiagoko ibileraren abiadura duten pertsonen ehunekoa 37.8tik 20ra jaitsi dela, aldiz, 0.8 m/s baino gutxiagoko abiadura duten pertsonen ehunekoa 62.2tik 80ra igotzen dela. Honekin lotu dezakegu azterturiko biztanleriaren gehiengoak bi urte igaro ostean mugikortasun arazo gehiago dituela.

Hortaz, datu hauekin interpreta daiteke pertsona zahar instituzionalizatuek denboraren eboluzioan aldaketa funtzional ezberdinak pairatzen dituztela.

Bukatzeko, dependentzi gehiago, laguntza tekniko gehiago, gorputz-masa galera eta ibileraren abiadura galera ikusten ditugu.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Mugikortasunaren funtzionalitate galera identifikatzeko eta bigarren mailako efektuen agerpena modu objektiboan iragartzeko interesgarria izango litzateke instituzio geriatrikoetan

[3] IA = Ibileraren abiadura. Kategoriak: >0.8m/sg-1; <0.8m/sg-1
Barthelaren kategoriak: Dependente totala = 0; Dependente larria < 5-45; Dependente moderatua 45-60; Dependente arina > 65-95; Independente totala =100
Laguntza teknikoaren kategoriak: Laguntza teknikoak; Laguntzarik gabe; Makila/makulua; Taka-taka; Gurpildun aulkia.
GMI = Pisua (Kg)/altuera2(m); Gorputz-masa Indizearen Kategoriak: Obesitatea > 30; Gain-pisua 25-30; Pisu normala 18.5-25; Pisu baxua <18.5
*** = p < 0.0001

ibileraren abiadura froga ezartzea, bera baita eskuartean dugun metodo azkar, merke eta fidagarriena.

Bestetik, garrantzitsua izango litzateke aurrerantzean aurre-hauskortasun egoera horretatik egoera normalera bueltatzeko ariketa fisikoen programa bat burutzea, non aktibitate fisiko progresiboa, ahalmen aerobikoa eta indarra lantzen direlarik; maiztasuna, intentsitate eta iraupen jakin batekin.

## 6. Erreferentziak

Bohannon, R.W. eta Andrews, A.W. (2011). Normal walking speed: a descriptive meta-analysis, *Physiotherapy*, 97,182-189

Cesari et al. (2005). Prognostic value of usual gait speed in well-functioning older people-results from the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 53, 1675-1680

Evans et al. (2001). Apocalypse no: population aging and the future of health care systems. *Can J Ageing*, 20(Suppl 1), 160-91

Evans, WJ. (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc*, 31, 12-17

Evans, W. (1997). Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *J Nutr*, 127, 998S-1003S

Fried et al. (2004). Untangling the concepts of disability, frailty and comorbidity: implications for improved targeting and care, *J Gerontol A biol Sci Med Sci*, 59(3), 255-63

Gil, P. (2011). *Manual del residente en Geriatría*, Ed. Grupo ENE Life, Madrid

Holden et al. (1984). Clinical gait assessment in the neurologically impaired. Reliability and meaningfulness. Phys Ther, 64(suppl 1), 35-40

Mahoney, F. eta Barthel, D. (1965). Functional evaluation: the Barthel Index. Maryland State Med J, 14, 61-5

Montero et al. (2005). Gait velocity as a single predictor of adverse events in healthy seniors aged 75 years and older. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60, 1304-1309

Morley, JE. (2004). The top 10 hot topics in aging. *J Gerontol a Biolsci Med Sci*, 59, 24-33

Shetty, P.S. eta James, W.P.T. (1994). Body mass index: a measure of chronic energy deficiency in adults. *FAO Food and Nutrition Paper*, 56, 10-11

Studenski et al. (2011). Gait speed and survival in older adults, *Jama*, 305, 50-8

# Gaixotasun zeliakoarekin lotutako eskualde genomiko berrien bilaketa jatorri genetikoan oinarritua

Garcia-Etxebarria K, Plaza-Izurieta L eta Bilbao JR

*Genetika, Antropologia Fisikoa eta Animalien Fisiologia Saila, BioCruces Osasun Ikerketako Institutua, Euskal Herriko Unibertistatea-UPV/EHU, Leioa, Bizkaia*
*koldo.garcia@ehu.eus*

## *Laburpena*

Gaixotasun zeliakoak oinarri genetiko konplexua du. Gaixotasunean eragin dezaketen hainbat eskualde genomiko identifikatu badira ere, hauek populazioz populazio alda daitezke. Hortaz azpipopulazioen banaketan oinarritutako hurbilketa proposatzen dugu eta hau Estatu Espainoleko hainbat indibiduo aztertzeko erabili dugu pilotu modura. Indibiduoak beren jatorri genetikoaren arabera sailkatuta asoziazio-analisiak egiten badira, azpipopulazio bakoitzean agertzen diren gaixotasunarekin lotutako eskualde genomikoak ezberdinak dira eta orain arte gaixotasun zeliakorekin ez lotuak. Azkenik, etorkizunean, hurbilketa hau Europa osoko indibiduoetan erabiltzeko asmoa daukagu eskualde genomiko berriak aurkitzeko.

Hitz gakoak: gaixotasun zeliakoa, asoziazio-analisia, estratifikazioa

## *Abstract*

*Celiac disease has a complex genetic basis. Although various genomic regions that could be related to the disease have been identified, these could vary among populations. Thus, we propose an approach based on the separation of subpopulations and we test it as pilot to analyze individuals from Spain. When association analyses are performed after individuals are classified by their genetic origin, the genomic regions that are related to the disease are different in each population and not previously related to the celiac disease. Finally, in the future, we will use this approach in a large European sample to find new genomic regions.*

*Keywords: celiac disease, association analisis, stratification*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Gaixotasun zeliakoa gaixotasun autoimmune bat da zeinean hainbat zerealek duten gliadinaren aurrean hesteko zelulen aurka erantzun immunea gertatzen den. Gaixotasun kroniko hau Europar jatorriko populazioan nahiko komuna da eta oinarri genetiko konplexua du., 6. kromosoman kokatzen den HLA eskualdeak gaixotasunaren osagai genetikoaren %40a azaltzen duenez gaixotasun zeliakoarekin lotuta egon daitezkeen beste eskualde genomiko aurkitzeko interes handia dago. Beste eskualde horiek detektatzeko *Immunochip* deitutako lanabesa erabili izan da. Lanabes honen bidez gaixotasun autoimmuneekin lotuta dauden eskualdeen azterketa sakona egiten da eskualde horretako SNP kopuru handia aztertzen baitira (Trynka et al., 2011; Fernandez-Jimenez et al., 2014). SNPak (nukleotido bakarreko polimorfismo) gaixotasun genetikoak aztertzeko erabili ohi diren markatzaile genetikoak dira, aztertzeko errezak eta informatiboak baitira. Behin indibiduo bakoitzaren SNPak zehaztu ostean, SNP hauen maiztasuna gaixoetan eta ez-gaixoetan konparatuta, gaixotasuna edukitzeko arriskua kalkultzen da asoziazio-analisia deritzon lanabes estatistikoaren bidez. *Immunochip*ak asoziazio-analisiak interesgarriak izan daitezkeen eskualde genomikoetan egitea ahalbidetzen ditu.

Esan bezala, *Immunochip*a gaixotasun zeliakoa aztertzeko erabili da eta gaixotasunarekin 40 eskualde genomiko erlazionatuta egon daitezkela ondorioztatu da (Trynka et al., 2011). Analisi horretan, gaitasun estatistikoa handitzeko, jatorri ezberdinetako indibiduoak nahastu ziren, baina populazio bakoitzeko emaitzek ez dute zertan etorri behar emaitza orokorrarekin. Hortaz, aztertutako indibiduoek azpipopulazioak eratu ditzazketenez, azpipulazioa hauek aztertu nahi ditugu gaixotasun zeliakoarekin lotuta egon daitezkeen eskualde berriak bilatzeko. Orain arte, azpoipoluazioetako banaketa indibiduoen jatorri etno-geografikoaren arabera egin izan da; gure

proposamena ordea, ikerketa honetan bertan aztertutako SNPekin eraikitako profil genetikoaren arabera sailkatu ditugu, aurreiritzirik ezarri gabe.

## 2. Ikerketaren helburuak

Gaixotasun zeliakoa aztertzeko egindako asoziazio analisiak indibiduo guztiak batera aztertuta egin direnez interesgarriak izan daitezkeen gaixotasun zeliakoarekin lotutako eskualde genomikoak ezkutuan egon daitezke eta oraindik ezezagunak izan. Hortaz, ihes egiten zaizkigun balizko eskualde genomiko horiek aztertzeko, lehen pausu eta azterketa-pilotu bezala, Estatu Espainoleko laginak aztertu ditugu helburu hauekin:

- Aztertutako indibiduen distantzia genetikoetan oinarritutako azpipopulazioak eratzeko SNP egokienak aukeratu, hau da, informazio gehien ematen dutenak eta zarata gutxien sartzen dutenak.
- SNP horietan oinarrituta azpipopulazioak eratzeko metodo egokiena aukeratu. Horretarako bi metodo erkatuko dira: bata distantzia matematikoetan oinarritua, bestea indibiduoen jatorri genetikoan oinarritua.
- Behin metodorik onena aukeratuta, azpipopulazioetan oinarritutako asoziazio analisiak burutu eta horrela gaixotasun zeliakoarekin lotuta egon daitezkeen eskualde genomiko berriak aurkitu.

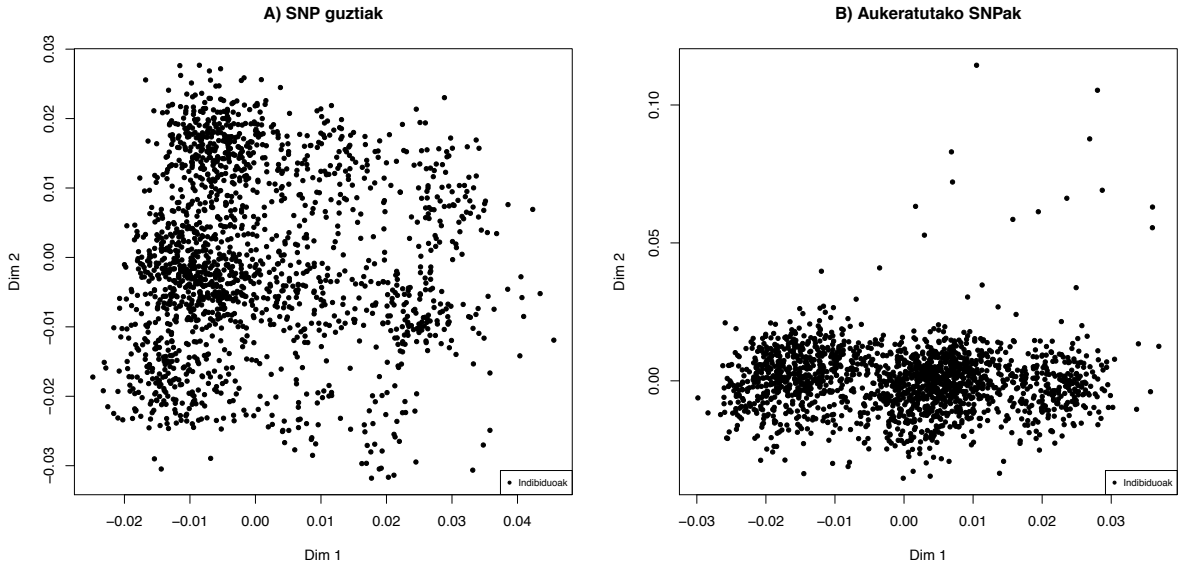
## 3. Ikerketaren muina

Lan honetarako Estatu Espainoleko 1863 indibiduoren (1052 gaixo, 711 ez-gaixo) 152468 SNP erabili dira aurretik publikatutako datuetan oinarrituta (Trynka et al., 2011).

### 3.1 Markatzaileen aukeraketa

Lan honetan erabiltzen diren datuak *Immunochip*ean oinarrituta daudenez, lehen pausua *Immunochip*ean presente dauden SNPetatik zeintzuk erabiliko diren hautatzea da. Pausu hau beharrezkoa da *Immunochip*a hainbat eskualdetan SNP asko baititu eta hauek beraien artean beti batera joan daitezkeelako bloke bat eratuz. Batera doazen SNPen bloke hauen eragina indibiduoen arteko antzekotasunaren kalkuluan saihesteko bloke hauek zeintzuk diren ebatzi ostean bloke bakoitzetik zoriz SNP bat aukeratu da.

**1. irudia: Aztertutako indibiduoen banaketa erabilitako SNPen arabera. Puntu bakoitzak indibiduo bat adierazten du eta Puntuen arteko distantziek indibiduoen arteko distantzia genetikoa adierazten dute**

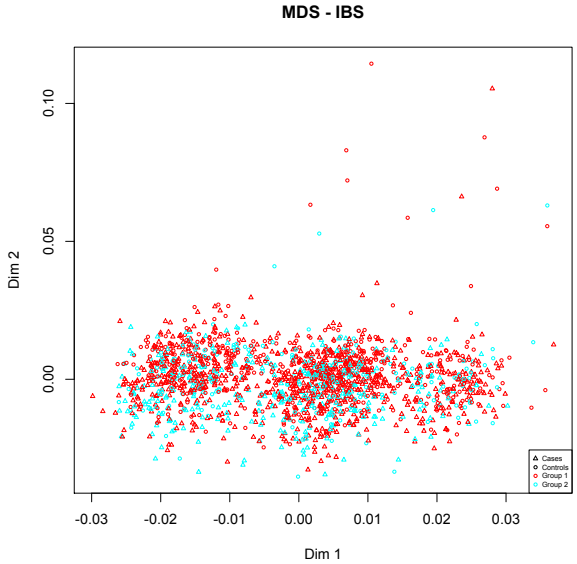


Azterketa-pilotu bezala erabili ziren indibiduoak eta erabilgarriak ziren SNPak aztertuta, lehenengo blokeak definitu ziren eta gero gaixotasunarekin erlazioa izan zezaketen SNPak kendu ziren, guztira 5761 SNPekin geldituta. Analisi hau Plink (Purcell et al., 2007) programaren bidez burutu zen. Programa honekin ere aztertutako indibiduoen arteko distantzia genetikoa kalkulatu zen IBS (Identity-by-state) prozedura erabilita eta distantzia hauek MDS (multidimensional scaling) bidez irudikatu ziren. SNP guztiak eta bloke bakoitzetik SNP bakarra hautatuta egindako MDSak konparatuta (1. irudia) aukeratutako SNPak erabilita talde trinkoagoak osotzen zirela ikusi zen. Hortaz, bloke bakoitzetik SNP bakarra erabiltzea lehenestea erabaki genuen.

### 3.2 Taldekatze metodoa

Behin bloke bakoitzetik SNP bat erabiliko dela zehaztuta indibiduoak taldekatzeko metodologia aukeratu zen. Horretarako bi hurbilketa proposatu genituen.

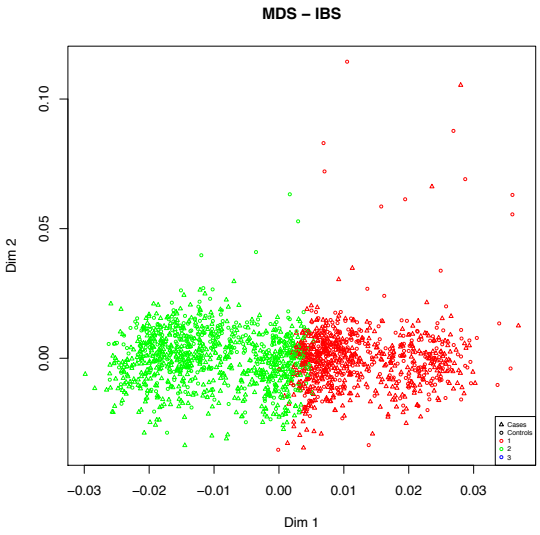
**2. irudia: Indibiduoen sailkapena PAM metodoa erabilita. Puntu bakoitzak indibiduo bat adierazten du, puntu gorriak 1 azpipopulazioan sailkatu direnak eta zelesteak 2 azpipulazioan. Puntuen arteko distantziek indibiduoen arteko distantzia genetikoa adierazten dute.**




Lehenengo hurbilketa distantzietan oinarritu zen. Horretarako aldez aurretik zenbat azpitalde nahi ziren definitu behar zenez, ahalik eta modu objektiboenean egiteko, R lengoaian (R Development Core Team, 2008) eskuragarri dagoen “Cluster” paketea (Maechler et al., 2015) erabili zen. PAM metodoa erabilita azpitalde kopuru optimoa 2 zela kalkulatu zen. Hala ere, aztertutako indibiduoak 2 azpitalde horietan sailkatzerakoan, grafikoki behintzat, ez ziren bi azpitaldeak argi banatzen (2. irudia).

Bigarren hurbilketa indibiduoen jatorri genetikoa erabiltzea izan zen. Zenbat jatorri erabiliko ziren zehaztu behar zenez, Admixture (Alexander et al., 2009) programa erabilita hainbat jatorri kalkulatu ziren (1 eta 15 artean) eta balidazio gurutzatuaren emaitzetan oinarrituta jatorri kopurua definitu zen. Kopuru optimoa 2 jatorri finkatzea izan zen eta indibiduo bakoitza jatorri genetiko horien arabera taldekatu zen (3 irudia). Jatorri genetikoan oinarrituko irizpide hau erabilita bi taldeak nahiko argi banatzen ziren eta, hortaz, lan honetan proposatzen diren helburuak betetzeko behintzat, hurbilketa hau aproposena zirudien.

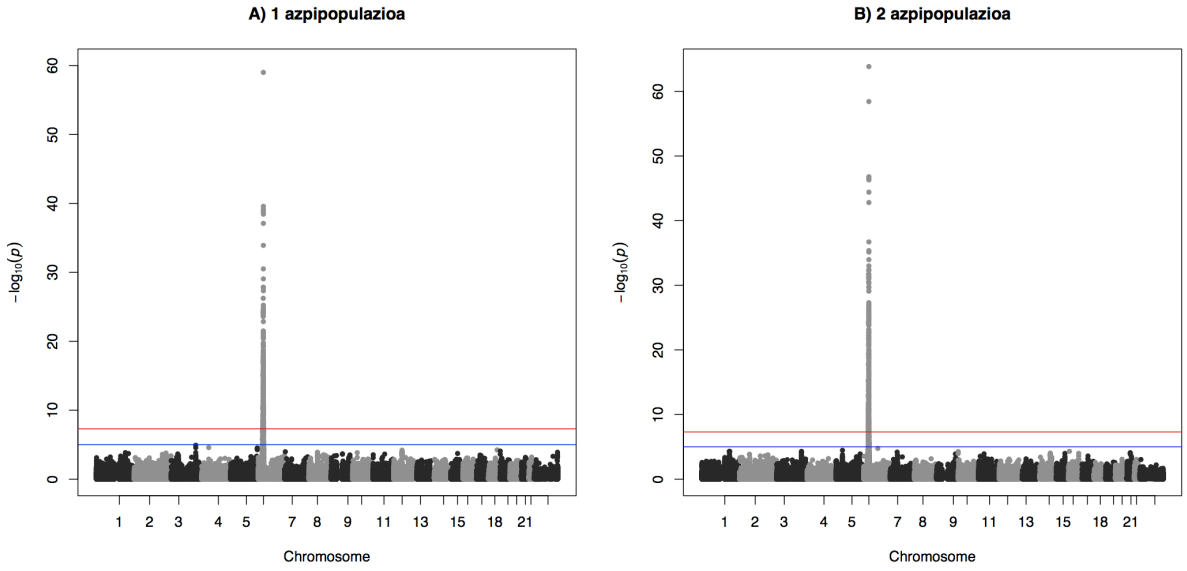
**3. irudia: Indibiduoen sailkapena bere jatorria erabilita. Puntu bakoitzak indibiduo bat adierazten du, puntu gorriak 1 azpipopulazioan sailkatu direnak eta berdeak 2 azpipulazioan. Puntuen arteko distantziek indibiduoen arteko distantzia genetikoa adierazten dute.**




### 3.3 Azpipopulazioen asoziazio-analisiak

Indibiduoak jatorrian oinarritutako bi azpipopulaziotan banatu ostean gaixotasunarekiko asoziazio analisia burutu zen bakoitzean (4. irudia). Itxaron zitekeen moduan, 6. kromosoman kokatu ziren seinalerik esangarrienak baina eremu horretatik kanpo, azpipopulazio bakoitzean gaixotasun zeliakoarekin lotuta egon zitezkeen eremu genomiko desberdinak identifikatu ziren.

**4. irudia: Asoziazio analisiak azpipopulazio bakoitzean. Puntua gero eta gorago SNP horren lotura gaixotasunaekin esangarriagoa da. Marra gorriak Bonferroni zuzenketa estatistikoaren maila adieraztu du; urdinak konbentzioz erabiltzen den $p<10^{-5}$ muga.**




1 azpipopulazioan (1. taula) 6 eremu ezberdinetako 9 SNP esangarri aurkitu ziren eta 2 azpipopulazioan (2. taula), ordea, 9 eremu ezberdinetako 17 SNP. Gainera eskualde hauek ez zien gainjarri, hots, azpipopulazio bakoitzean gaixotasun zeliakoan ere eragin dezaketen eskualde genomikoak ezberdinak izan ziren. Salbuespen bakarra 3. kromosomako eskualde bat izan zen, 1 azpipopulazioan mutur bat esangarria bait zen eta 2 azpipopulazioan beste muturra.

Bestalde, aipatutako 3. kromosomako eskualdea izan ezik, ez ziren mota honetako indibiduo gehiagorekin egindako lanean aurkitu eta lan horretan gaixotasun zeliakoarekin aurkitu ziren eskualde genomikoak ez ziren hurbilketarekin detektatu (Trynka et al., 2011).

**1. taula: 1 azpipopulazioko 6. kromosomatik kanpo dauden SNP esangarriak.**

| SNP | Chr | Pos | Genea |
|---|---|---|---|
| imm_3_161095192 | chr3 | 159612498 | SCHIP1 |
| imm_3_161103127 | chr3 | 159620433 | |
| rs12331086 | chr4 | 47281414 | GABRB1 |
| 1kg_5_173269741 | chr5 | 173337135 | CPEB4 |
| 1kg_5_173330278 | chr5 | 173397672 | |
| 1kg_5_173348013 | chr5 | 173415407 | C5orf47 |
| imm_12_54675560 | chr12 | 56389293 | ANKRD33 |
| rs2156336 | chr18 | 58117967 | |
| rs6510868 | chr19 | 655608 | RNF126 |

Esangarriak ziren SNP hauen kokapenari dagokiola, 1 azpipopulazioko SNPak 6 gene ezberdinetan kokatu ziren eta 3 SNP gene arteko eskualdeetan (1. taula); 2 azpipopulazioaren kasuan, 6 gene ezberdinetan eta 6 SNP gene arteko eskualdeetan (2. taula). Azpipopulazio bakoitzean aurkitu ziren geneak ez dira orain arte gaixotasun zeliakoarekin lotu eta gene arteko eskualdeetan kokatzen ziren SNPen funtzioa zehazteke dago.

**2. taula : 2 azpipopulazioko 6. kromosomatik kanpo dauden SNP esangarriak.**

| SNP | Chr | Pos | Genea |
|---|---|---|---|
| imm_1_181641341 | chr1 | 183374718 | SRGAP2 / NMNAT2 |
| imm_1_181643509 | chr1 | 183376886 | SRGAP2 / NMNAT2 |
| imm_1_181645752 | chr1 | 183379129 | SRGAP2 / NMNAT2 |
| imm_1_181646901 | chr1 | 183380278 | SRGAP2 / NMNAT2 |
| imm_1_181652935 | chr1 | 183386312 | SRGAP2 / NMNAT2 |
| imm_1_181653795 | chr1 | 183387172 | SRGAP2 / NMNAT2 |
| rs35100811 | chr3 | 161084046 | C3orf57 |
| rs2404341 | chr3 | 161092405 | |
| rs2404342 | chr3 | 161092562 | |
| rs11710489 | chr3 | 161093332 | |
| ccc-5-40593683-C-T | chr5 | 40557926 | |
| rs1525235 | chr7 | 46875785 | POLR2J2 / DQ599799 |
| vh_10_1058639 | chr10 | 1068639 | IDI2 / C10orf110 |
| 1kg_14_87673873 | chr14 | 88604120 | |
| rs11077049 | chr16 | 6604090 | A2BP1 |
| rs2070370 | chr21 | 36157698 | |
| rs2268278 | chr21 | 36184939 | AML1/AMP19 fusion RUNX1 |

## 4. Ondorioak

Lan-pilotu honen emaitzen harira:

- Azpipopulazioak eratzeko markatzaile egokienak independenteki banatzen diren SNP bana erabiltzea da, horrek analisiari bereizmena eta argitasuna eman dio.
- Azpipopulazioak eratzeko metodo egokiena jatorriaren arabera sailkatzea da. Horrela eginez gero eratzen diren taldeak argiagoak dira eta biologikoki zentzua daukate.
- Azpipopulazio bakoitzean gaixotasun zeliakoarekin lotuta egon daitezkeen eskualde genomikoak ezberdinak dira eta hautagai berriak bilatzeko erabilgarria. Honekin gaixotasuna aztertzeko bide berriak irekitzea espero dugu.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Gaixotasun zeliakoarekin lotutako eskualde genomiko berriak bilatzeko indibiduoak jatorriaren arabera sailkatzea hurbilketa aproposa izan daitekeela ikusita, metodologia hau lagin kopuru handiago batekin erabiliko dugu. Horretarako lehenago aipatutako *Immunochip*arekin egindako gaixotasun zeliakoaren azterketan (Trynka et al., 2011) erabilitako datu guztiekin hurbilketa hau erabiliko dugu. Behin emaitzak lortuta gaixotasun zeliakoarekin lotutako eskualde genomiko berriak proposatzea espero dugu eta hauek gene arteko eskualdeak badira, karakterizazio sakonago bat egin.

## 6. Erreferentziak

Alexander, D.H., Novembre, J. eta Lange K. (2009): Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals, *Genome Research*, 19, 1655–1664.

Fernandez-Jimenez, N., Plaza-Izurieta L., eta Bilbao J. R. (2014): Genetic Markers in Celiac Disease, in L. Rodrigo eta A. S. Peña (arg.), *Celiac Disease and Non-Celiac Gluten Sensitivity*, OmniaScience, Barcelona, 103-121.

Maechler, M et al. (2015): cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.0.1.

Purcell, S. et al. (2007): PLINK: a toolset for whole-genome association and population-based linkage analysis, *American Journal of Human Genetics*, 81, 559-575.

R Development Core Team (2008): R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria.

Trynka, G. et al. (2011): Dense genotyping identifies and localizes multiple common and rare variant association signals in celiac disease, *Nature genetics*, 43, 1193-1201.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Trunka, G et al (2011) artikuluan parte hartu zuten ikertzaile eta kolaboratzile guztieei eskerrak eman nahi dizkiegu.

Lan honek *Wellcome Trust Case- Control Consortium*ek sortutako datuak erabiltzen ditu. Datuen sortzean lagundu duten ikertzaileen zerrenda osoa www.wtccc.org.uk helbidean eskuragarri dago. Egitasmoarentzako diru-funtsa *Wellcome Trust*ek emana da 076113, 085475 eta 090355 sarietan.

This study makes use of data generated by the Wellcome Trust Case- Control Consortium. A full list of the investigators who contributed to the generation of the data is available from www.wtccc.org.uk. Funding for the project was provided by the Wellcome Trust under award 076113, 085475 and 090355.

# Hipoxia-iskemiaren kalteak arratoien entzumen sisteman eta behe kolikuluko neuronetan eta antioxidatzaileen eragin onuragarriak.

Revuelta M[1], ArteagaO[1], Martinez-Ibargüen A[2], Hilario E[1], Alvarez A[1]
Biologia Zelular eta Histologia saila[1], Otorrinolaringologia eta Oftalmologia saila[2], Medikuntza eta Odontologia fakultatea. EHU
e-posta: mrevuelta006@ikasle.ehu.es

## *Laburpena*

Entzumen bidearen garapena, nerbio sistema zentralaren mielinizazioaren menpekoa da eta entzefalopatia hipoxiko-iskemikoa bezalako gaitzengatik kaltetua gerta daieteke. Gure helburua, entzumen bidearen funtzio egokia ebaluatzea eta metodo histologiko eta molekularren bitartez sortutako kaltea ikustea izan da eta ondoren antioxidatzaileen bitartez tratatzea, 7 eguneko Sprague Dawley arratoiak erabiliz.Gure emaitzek antioxidatzaileen onurak baieztatzen dituzte bai entzumen gaitasunean zeinentzefalo enborreko neuronen morfologian ere.

Hitz gakoak**:** Hipoxia-iskemia (HI), entzumen gaitasuna, entzefalo enborreko entzumeneko erantzuna (ABR), behe-kolikulua, arratoiak

## *Abstract*

*Maturation of the auditory pathway is dependent upon central nervous system myelination and it can be affected by pathologies such as neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy. Our aim was to evaluate the functional integrity of the auditory pathway and to visualize by histological and molecular methods, the damage to the brainstem using a neonatal rat model of hypoxic-ischemic brain injury. Our results support the hypothesis that antioxidant treatments have a protective effect on the functional changes of the auditory pathway and on the morphological damage after hypoxic ischemic insult.*

***Keywords:*** *Hypoxic- ischemic injury(HI), auditory threshold,auditory brainstem response (ABR), inferior colliculus, rats.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Mundu osoan zehar 70 milloi pertsona inguruk entzumen gaitasunen bat pairatzen duela uste da gizakiaren ohiko gaitz neurosentsorial bat izanik. Heldu garaian, entzumen ezintasuna, lehen 10 gaixotasun nagusien artean sailka dezakegu, gizon zein emakumeei era berean kaltetzen dituen gaixotasunen sailkapenetatik 5.a lekuan izanik.

Entzumen ezintasunen zergaitien artean, arazo perinatalak %18 dira (Birgit Mazurek et al., 2006), 1000 jaio berrietatik 2tan gertatzen den gaitza delarik, eta arazoaren aurkikuntza azkarrak teknika berezien beharra dauka, jaiotze momentuan bertan erabili ahal direnak hain zuzen ere (Moreno-Aguirre et al., 2012).

## Soinuaren monitorizazioa

Jaio berrien entzumen gaitasuna neurtzeko metodo espezifiko zein sentikorrak beharrezkoak dira eta gehien erabiltzen direnen artean emizio otoakustikoak eta entzumeneko potentzial ebokatuak aurki ditzakegu (Bogacz et al., 1985). Potentzial ebokatu hauek, estimulu akustiko baten ostean sortzen diren eta entzumen bidean zehar gertatzen diren boltaje aldaketak neurtzen ditu. Potenzial hauek ondorengo arrazoiengatik gertatu ahal dira:

- Neuronaren despolarizazioaren ostean sortzen diren akzio potentzialak.
- Potentzial postsinaptikoak kitzikatzaileak edo inhibitzaileak izan daitezkeenak. (Plourde, 2006)

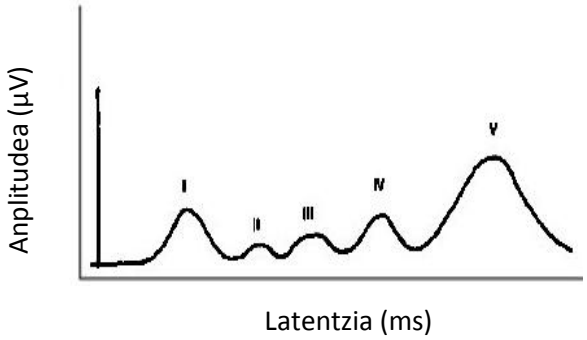
Estimuluaren intentsitatearen aldaketek, uhinen anplitude zein latentzian aldaketak dakartzate baina baita beraien morfologian ere.

## Soinuaren interpretazio zein errepresentazioa

Entzefaloko enborraren entzumeneko erantzunaren (ABR) neurketa egitean, uhin baten 5 tontor desberdindu ditzakegu (1.irudia), hauetariko bakoitza egitura anatomiko baten erantzunari dagokiona. Estimuluaren intentsitateak entzumen ataria sortzen du eta era honetan 40dB tik beherako atariak dituzten pertsonen hipoakuak diagnostikatzea ahalbidetzen digu.

- Entzumen nerbioa = I. tontorra
- Koklear nukleoak = II.tontorra
- Goi oliba = III.tontorra
- Aldeko leminiskoa = IV.tontorra
- Behe kolikulua = V.tontorra

**1.irudia: Estimulu akustiko baten ondorioz sortutako entzefalo enborraren entzumeneko erantzuna non uhinaren 5 tontorrek egitura anatomiko baten erantzunari dagozkien.**




## Entzefalopatia Hipoxiko Iskemikoa

Entzefalopatia Hipoxiko Iskemikoa (HI), oxigeno kontzentrazioa murriytearen eraginez ($O_2$) edo odol fluxuaren gutxitzearen eraginez gertatzen da, asfixia baten ondorioz gerta daitekeena (Caplan, 2000; Volpe, 1995). Asfixia perinatalak arazo neurologiko ugari dakartza, erditzeren ostean agertzen direnak, hala nola, esnatzeko arazoak, muskuluko tonoen aldaketak eta erantzun motor eta reflexuen galtzea. Kaltearen nolakoa asfixia mailaren eta iraupenaren araberakoa da (Johnston, 1998; Hilario et al., 2006; Alvarez-Díaz et al., 2007) eta baita ahultasun mailaten araberakoa ere, hau selektiboa baita zelularekiko. Azken honek, zelula batzuk hiltzea eta beste batzuk ilunantz iskemiko batean sartzea eragiten du, aurrerago nekrosi edo apoptosian sar daitezkeenak (Heriotza atzeratua).

Asfixia (hipoxia) eta iskemia batek, kalte fisiologikoetaz gain, zelula mailan ere kalte ugari sortzen ditu, batez ere neuronetan, oxigeno murrizketaren aurrean ahulenak diren zelulak direlako, baina hauetaz gain zelula glialak ere kaltetuak ager daitezke (Hilario et al., 2005; Goñi-de-Cerio et al., 2007). Egoera hauetan, oligodendrozito zein astrozitoak kitzikatzeko gaitasun handiagoa dute eta baita erradikal askeak sortzeko ere eta ondorioz, apoptosi bidezko heriotza pairatzeko arrisku gehiago ere (Inder eta Volpe, 2000; Alvarez et al., 2007).

## Entzefalopatia hipoxiko iskemikoa eta entzumena

Ikerketa esperimental zein klinikoek, hipoxia-iskemiak entzumen gaitasunaren galeran eragina duela baieztatu dute. Izan ere, entzun bide neuralen garapena nerbio sistema zentralaren mielinizazioarekin erlazionatuta dago (Hepper eta Shadidullah, 1994) eta mielinizazio eta garapen egokia kaltetuak gerta daitezke hainbat gaitzen ondorioz, hauetariko bat entzefalopatia hipoxiko iskemiko neonatala izanik.

Entzumen atariaren aldaketak

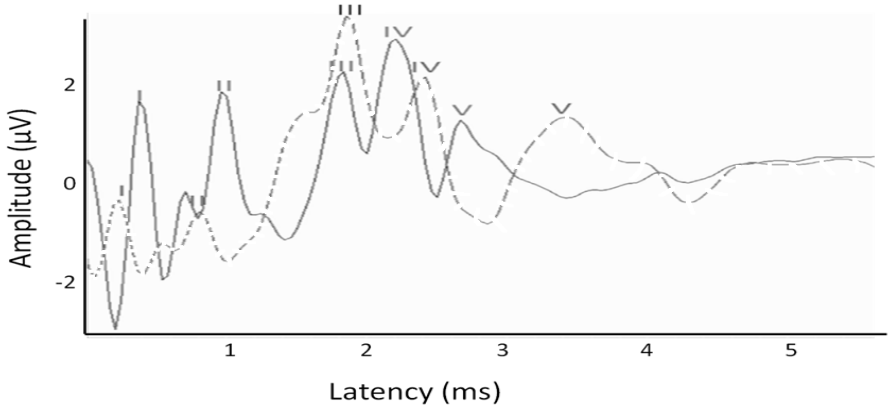
Aurretik egindako hainbat ikerketek, ABRek oxigeno kontzentrazioarekiko sentikortasun handia dutela erakutsi dute, hain zuzen ere, kontzentrazio hau gutxitzeak, Cortiren organoan kalte neurosentsorialak eragiten ditu eta baita entzefaloko enborreko nukleoen galera ere, hala nola, koklear nukleoen eta behe kolikuloko neuronen galera (Freeman, 1991; Johnston, 2001). Kaltea neurtzeko orduan, V. tontorraren latentzia zein I. tontorretik V.-era dagoen latentzia tarteak dira gehien erabiltzen diren parametroak, parametro hauek neuronen garraioarekin guztiz eralzionaturik daudelarik eta baita funtzio sinaptiko zein mielinizazioarekin ere (Tomimatsu et al., 2003).

Parametro hauen aldaketak, latentzia zein anplitudeak aldaturik daudela esan nahi du eta ondorioz entzumen bidean arazoak daudela (Jiang et al., 2008).

Honela, lehen tontorraren latentzia normala baino atzeratuagoa badago, entzumen sistema periferikoko estrukturak kaltetuak daudela esan nahi du eta kaltea entzefalo enborreko barne sisteman kokatzen bada berriz, IV-V. tontorren latentzien denboraren atzerapenekin edo hauen desagerpenekin erlazionatzen da (Wilkinson eta Jiang, 2006; Simpson et al., 1985).

Hipoxia-iskemia baten ostean ABRen aldaketak aurkitu dira aurreko ikerketa batzuetan, hala nola, erantzun atariaren handiagotzea, latentzien handiagotzea, garraio denbora luzatzea, anplitudea murriztea, eta baita lehen eta azken tontorren arteko tarteen anplitude zein latentzien aldaketa ere (Hecox eta Cone, 1981; Jiang et al., 2009; Wilinson eta Jiang, 2006) (2.irudia).

**2.irudia. 7 eguneko Sprague Dawley arratoiaren entzumen gaitasunaren irudi adierazgarria non estimulu akustiko baten ostean entzumen bidearen lehen 10 ms etako egitura anatomiko ezberdinen erantzunak agertzen diren. Zuzen baten bitartez animali kontrol bat eta marra etenen bitartez animalia hipoxiko-iskemiko bat.**




Elektrofisiologian aurkituriko kalte hauek ikerketa histopatologikoekin erlazionatzen dira, entzefalo enborreko behe kolikuloko neuronak kaltetuak agertzen direla hain zuzen HI baten ondorioz. Gainera, gaur egun ditugun ezagutza biokimiko zein molekularrei esker, geroz eta alternatiba terapeutiko gehiago frogatzen ari dira, asfixia perinatalak dakartzan ondorioak ekiditeko edo murrizteko.

Oxigenoaren espezie erreaktiboak HI ostean sortzen direnez,galera honen tratamendu bezala antioxidatzaileak aztertu dira neuronen (Moosmann eta Behl, 2002; McMahon et al., 2006). Antioxidatzaile ugari izan dira aurretik aztertu direnak baina guk hipokanpoan eragin onuragarriak baieztatu dituzten antioxidatzaileen ikerketetan sakondu nahi izan dugu eta honen arabera, Melatonina, Resberatola, DHA (azido dekosaenoikoa) eta Nicotinaren azetilkolina hartzailea (nAChR) erabili ditugu gure ikerketetarako. DHA, lehenagotik deskribatu da antioxidatzaile neuroprotektore bezala hipoxia iskemia baino 1h-3h artean ematen denean (Pan HC, 2009), Resberatrola HI baino 10-15 min lehenago ematen denean (Huang, 2000; West et al., 2007) eta Nicotina 2 ordu lehenago ematen denean (Chen et al., 2013). Melatoninaren eragina ordea, kaltearen ostean administratzen denean babes maila altuagoa duela ikusi da (Carloni et al., 2008; Cetincaya et la., 2011; Alonso-Alconada, 2012).

## Helburua

Gure lanaren helburua hainbat antioxidatzailek behe kolikuloko neuronetan eta entzumen bidearen elektrofisiologian duen eragina ikustea izan da, HI baten ondorioz gertatzen diren entzumen bideko kalteak murriztu ahal izateko 7 egunetako arratoietan. Honetarako, Resberatrola, DHA, Melatonina eta Nikotina erabili ditugu antioxidatzaile bezala eta hainbat froga histologiko, elektrofisiologiko zein molekularren bitartez kaltea nolakoa izan den eta kalteak murriztu diren edo ez aztertzen saiatu gara.

## Metodologia

Gure lana burutzeko, 7 eguneko Sprague Dawley arratoiak erabili ditugu 6 talde esperimentaletan banaturik: Kontrolak, HI taldea, HI + Nikotina, HI+ Melatonina, HI + Resberatrola eta HI+ DHA taldea. Tratamenduak hipoxia eragin aurretk zein ostera eman genituen, aurrerago emandako bibliografia kontuan izanda:

| Tratamendua | Dosia | Disoluzioa | Administration denborak |
|---|---|---|---|
| Nikotina (N) | 1.2 mg/kg | Serum gazia | Hipoxia baino 2h lehenago |
| Melatonina (M) | 15 mg/kg | Serum gazia eta DMSO 5% | Hipoxiatik 10 minutura |
| Resberatrola (RV) | 20 mg/kg | DMSO | Hipoxia baino 10 min lehenago |
| Docosahexaenoic acid (DHA) | 1 mg/kg | HSA %25 Serum gazian disolbatuta | Hipoxia baino 10 min lehenago |

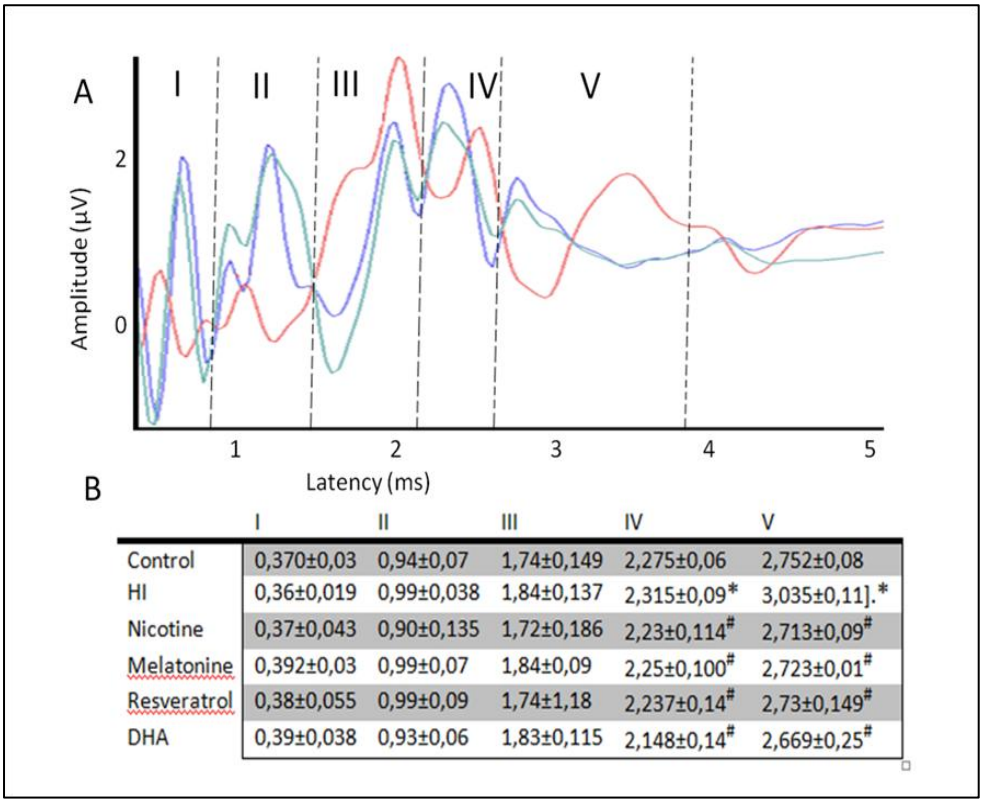
Elektrofisiologia neurtzeko ABR-ak erabili ditugu, hau da entzefaloko enborraren entzumeneko erantzunak eta ondoren azterketa histologiko zein molekularrak egin ditugu, elektrofisiologia lortutako emaitzetan gehiago sakontzeko. Histologia aztertzeko hematoxilina-eosina tindaketa egin dugu, neuronen morfologia ikusteko, ondoren mielyn binding protein (MBP) tindaketa oligodendrozitoak aztertzeko eta glial fibrilary acid protein (GFAP) astrozitoak aztertzeko.Azkenik azterketa molekularra egin dugu mitokondrioen potentzial eta integritatea aztertuz fluxuzko zitometria bitartez, honetarako bi florokromo erabiliz, Rhodamina 123 eta NAO (Nonyl Acridine Orange).

## 2. Ikerketaren muina

Gure emaitzek lehen aldiz baieztatzen dute antioxidatzaileekin egindako tratamendua burmuineko beste toki batzuetan bezala, entzumen-bidean zehar ere HI baten ondorioz gertatutako kalteak murrizten dituztela.

Alde batetik, elektrofisiologiari dagokionez IV zein V. tontorren denborarekiko luzapena gertatzen dela ikus dezakegu hipoxia iskemiaren ostean eta tontor hauen latentziaren luzera ez dela agertzen antioxidatzaileen kasuan, hau da, animalia kontrolen antzeko elektrofisiologia dute animalia tratatu gehienak (3.irudia). IV.tontorra leminiskoak egiten duen erantzunari dagokio eta V.a berriz behe kolikuloak egiten duen erantzunari. Histologian behe kolikuloan soilik ikusi ditugunez aldaketa morfologikoak, behe kolikuloko azterketetan oinarrituko gara hemendik aurrera.

**irudia: 7 eguneko Sprague-Dawley arratoien elektrofisiologiaren emaitza adierazgarriak. A) Egitura anatomiko ezberdinen erantzunen latentzia zein anplitudeak B) Antioxidatzaileekin tratatutako animalien elektrofisiologiako erantzunen batazbestekoak.**



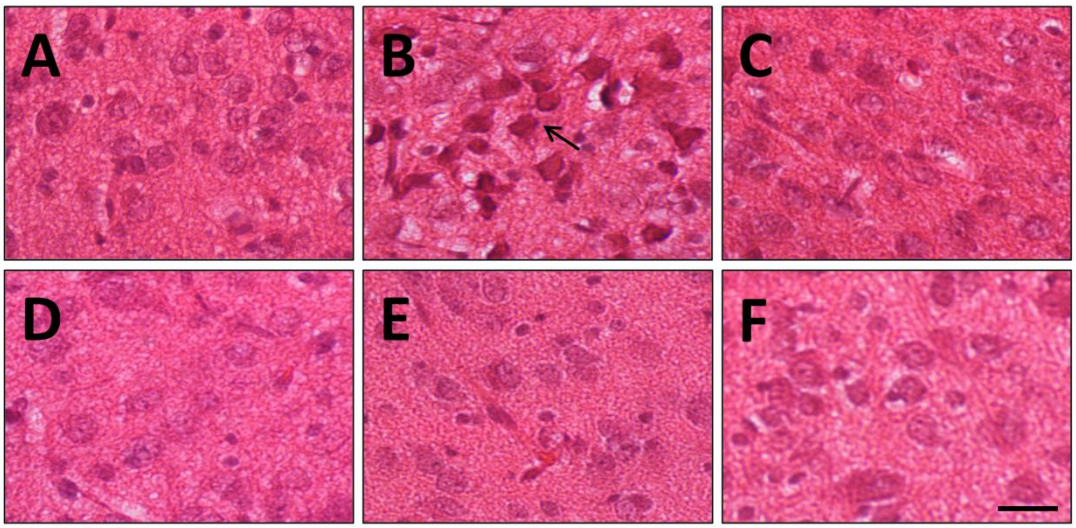

B

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 0,370±0,03 | 0,94±0,07 | 1,74±0,149 | 2,275±0,06 | 2,752±0,08 |
| HI | 0,36±0,019 | 0,99±0,038 | 1,84±0,137 | 2,315±0,09* | 3,035±0,11].* |
| Nicotine | 0,37±0,043 | 0,90±0,135 | 1,72±0,186 | 2,23±0,114# | 2,713±0,09# |
| Melatonine | 0,392±0,03 | 0,99±0,07 | 1,84±0,09 | 2,25±0,100# | 2,723±0,01# |
| Resveratrol | 0,38±0,055 | 0,99±0,09 | 1,74±1,18 | 2,237±0,14# | 2,73±0,149# |
| DHA | 0,39±0,038 | 0,93±0,06 | 1,83±0,115 | 2,148±0,14# | 2,669±0,25# |

Histologiari dagokionez berriz, behe kolikuloko neuronen morfologia mantentzen dela ikusi dugu antioxidatzaileekin tratatuz gero, hipoxikoen kasuan zitoeskeletoa kontzentratua agertzen delarik, morfologia aldakorrak eta tamaina handiak, kaltetuak dauden seinale hain zuzen ere (4. irudia) . Astrozitoen kasuan ere, astrogliosia aztertzerako orduan hipoxikoen kasuan erreaktibitate maila handiagoa da kontrolekin konparatzen baditugu eta hau ez da gertatzen tratatutako animalietan.

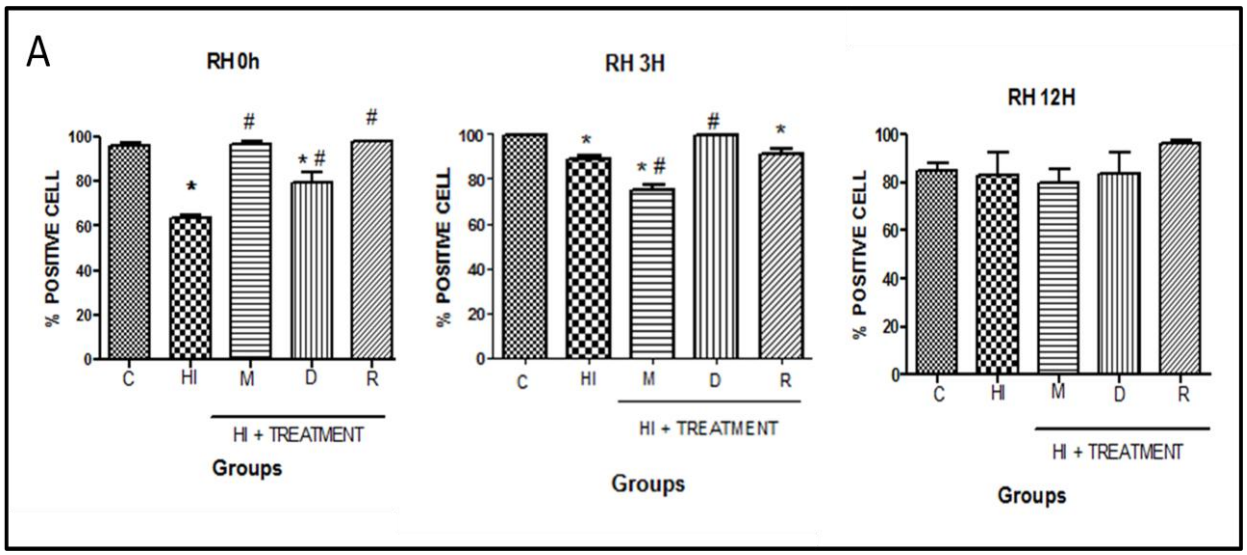
Oligodendrozitoak aztertzean, mielina kontzentrazio baxuagoa dute animali hipoxikoek eta hau ez da horrela antioxidatzaileekin tratatutako animalietan, kaltea txikiagoa den seinale izan daitekeelarik.

**4.irudia: Hematoxilina-eosinaz tindaturiko laginak non neuronak desberdin ditzakegun. A)Animalia kontrolak, B) HI, C-F) Tratatutako animaliak.**



Azkenik, mitokondriari dagokionez ere, mitokondriaren potentzial zein integritatea guztiz kaltetua agerzen da animali hipoxikoetan eta trataturiko animalietan desberdintasunak azaltzen dira kaltearen lehenengo orduetan (5.irudia).

**5.irudia: Rhodamina 123 markatzailea, mitokondriaren interitatea adierazten duena, fluxuzko zitometrian neurtuta kaltearen ostean eta ordu ezberdinetan. Taldeen batazbestekoak ikus ditzakegu HI ostean, 9 ordutara, 3 ordutara eta 12 ordutara. Datuak taldeen batazbestekoak + SEM bezala daude adierazita (* p < 0.05 vs. Kontrolak eta # p< 0.05 vs HI, ANOVA).**




## 3. Ondorioak

Gure emaitza guztiak kontuan hartzen baditugu, lehen ardiz aurkezten dugu morfologia eta funtzionalitatearen arteko korrelazioa entzumen sisteman zehar HI baten ostean eta antioxidatzaileen onurak kalte honen ostean neuronen babesa bermatzen dutelarik asfixia perinatal baten ostean. Guk dakigunez hau da lehen aldia non Nikotina, Melatonina, Resberatrola eta DHA antioxidatzaileen babesa forgatzen den bai funtzionalki zein histologikoki eta molekularki ere entzumen gaitasunean eta behe kolikuloko neurona, glia zein mitokondrien integritatean.

## 4. Etorkizunerako planteamendua

Ikerketa guzti hau 7 egunetako Sprague Dawley animalietan egin da eta honetarako aurretikan egindako ikerketetan oinarritu gara. Izan ere, erabilitako antioxidatzaileak burmuineko beste eskualde batzuetan onuragarriak izan daitezkeela frogatuta dago baina inork ez zeukan aurretikan aztertua entzumen bidearen kalteak ezta behe kolikuloko neuronen kalteak ere. Beraz gure helburua, tratamentu hauen onurak ikusi ostean, gizakiarekin antz gehiago duen beste animalia modelo batetan ikerketa gauzatzea da, esaterako, txerrian, zeinetan bere entzumen bidea aztertu, hipoxia iskemiaren eraginak ikusi eta azken planteamendu bezala tratamentu hauen eragina aztertu beharko litzake.

## 5. Erreferentziak

Alonso-Alconada D, Alvarez A, Lacalle J, Hilario E. (2012). Histological study of the protective effect of melatonin on neural cells after neonatal hypoxia-ischemia. *Histol. Histopathol* . 27. 771-783.

Alvarez A, Hilario E, Goñi de Cério F, Valls-i-Soler A, Alvarez-Díaz FJ. (2007). Hypoxic-Ischemic Injury in the Immature Brain-Key Vascular and Cellular Players. *Neonatology.* 92. 227-235.

Bogacz J, Chouza C, Romero S, Bogacz A, Correa H, Barbeau A. (1984). Visual evoked potentials and brain stem auditory potentials in Friedreich's ataxia--a longitudinal study. *Can J Neurol Sci*. 11.565-9.

Caplan LR.(2000). Do transient ischemic attacks have a neuroprotective effect? *Neurology*. 28. 55(10)-1596.

Carloni S, Perrone S, Buonocore G, Longini M, Proietti F, Balduini W. (2008). Melatonin protects from the long-term consequences of a neonatal hypoxic-ischemic brain injury in rats. *J. Pineal Res* .44. 157-164.

Cetinkaya M, Alkan T, Ozyener F, Kafa IM, Kurt MA, Koksal N. (2011). Possible neuroprotective effects of magnesium sulfate and melatonin as both pre- and post-treatment in a neonatal hypoxic-ischemic rat model. Neonatology. 99. 302-10.

Chen Y, Nie H, Tian L, Tong L, Yang L, Lao N, Dong H, Sang H, Xiong L. (2013). Nicotine-induced neuroprotection against ischemic injury involves activation of endocannabinoid system in rats. *Neurochem. Res.* 38. 364-370.

Freeman DT. (1991). Computer recognition of brain stem auditory evoked potential wave V by a neural network. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care*. 305-309.

Goñi-de-Cerio F, Alvarez A, Caballero A, Mielgo VE, Alvarez FJ, Rey-Santano MC, Gastiasoro E, Vallsi-Soler A, Bilbao J, Hilario E. (2007). Early cell death in the brain of fetal preterm lambs after hypoxic-ischemic injury. *Brain Res*. 2.161-71.

Hecox KE, Cone B (1981). Prognostic importance of brainstem auditory evoked responses after asphyxia. *Neurology.* 31. 1429-1434.

Hepper PG, Shahidullah BS.(1994). Development of fetal hearing. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 71. F81–F87.

Hilario E, Rey-Santano MC, Goñi-de-Cerio F, Alvarez FJ, Gastiasoro E, Mielgo VE, Caballero A, Valls-i-Soler A, Gómez-Urquijo S, Alvarez A. (2005). Cerebral blood flow and morphological changes after hypoxic-ischaemic injury in preterm lambs. *Acta Paediatr*. 94. 903-11.

Hilario E, Alvarez A, Alvarez FJ, Gastiasoro E, Valls-i-Soler A.(2006). Cellular Mechanisms in Perinatal Hypoxic-Ischemic Brain Injury. *Current Pediatric Rev*. 2. 131-141.

Huang SS, Tsai MC, Chih CL, Hung LM, Tsai SK. (2001).Resveratrol reduction of infarct size in Long-Evans rats subjected to focal cerebral ischemia. Life Sci.69, 1057-65.

Inder TE, Volpe JJ.(2000). Mechanisms of perinatal brain injury. *Semin Neonatol*.5. 3-16.

Jiang ZD, Liu XY, Shi BP, Lin L, Bu CF, Wilkinson AR. (2008). Brainstem auditory outcomes and correlation with neurodevelopment after perinatal asphyxia. *Pediatr Neurol.* 39. 189-195.

Jiang ZD, Wu YY, Wilkinson AR. (2009). Age-related changes in BAER at different click rates from neonates to adults. *Acta Paediatr* .98. 1284-1287.

Johnston MV.(1998). Selective vulnerability in the neonatal brain. *Ann Neurol*. 44. 155-156.

_____ (2001). Excitotoxicity in neonatal hypoxia. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*. 7. 229-234.

Mazurek B, Haupt H, Georgiewa P, Klapp B, Reisshauer A. (2006). A model of peripherally developing hearing loss and tinnitus based on the role of hypoxia and ischemia. *Medical Hypotheses*. 67. 892–899.

McMahon S, Charbonneau M, Grandmont S, Richard DE, Dubois CM. (2006). Transforming growth factor beta1 induces hypoxia-inducible factor-1 stabilization through selective inhibition of PHD2 expression. *J. Biol. Chem*. 281. 24171-24181.

Moosmann B, Behl C. (2002). Antioxidants as treatment for neurodegenerative disorders. *Expert Opin. Investig. Drugs*. 11. 1407-1435.

Moreno-Aguirre AJ, Santiago-Rodríguez E, Harmony T, and Fernández-Bouzas A.( 2012). Effect of Hearing Aids on Auditory Function in Infants with Perinatal Brain Injury and Severe Hearing Loss. *PLoS One*.7.4100.

Pan HC, Kao TK, Ou YC, Yang DY, Yen YJ, Wang CC, Chuang YH, Liao SL, Raung SL, Wu CW, Chiang AN, Chen CJ. (2009). Protective effect of docosahexaenoic acid against brain injury in ischemic rats. J Nutr Biochem. 20. 715-25.

Plourde G.(2006). Auditory evoked potentials. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 20. 129–139.

Revuelta R, Alvarez A, Arteaga O, Montalvo H, Alonso-Alconada D, Cañavate ML, Hilario E, Martínez-Ibargüen A. (2014).Correlation between auditory threshold and the auditory brainstem response (ABR) in rats. A possibility for the experimental study of the auditory impairments. *Microscopy: advances in scientific research and educationA. Méndez-Vilas (Ed.).* 1. 311-317.

Simpson GV, Knight RT, Brailowsky S, Prospero-Garcia O, Scabini D.(1985). Altered peripheral and brainstem auditory function in aged rats. *Brain Res*. 1.28-35.

Tomimatsu T, Fukuda H, Endoh M, Mu J, Kanagawa T, Hosono T, Kanzaki, T, Doi K, Kubo T, Murata Y.(2003). Long-term neuroprotective effects of hypothermia on neonatal hypoxic-ischemic brain injury in rats, assessed by auditory brainstem response. *Pediatr. Res*.53. 57-61.

Volpe JJ.(1995). Hypoxic-ischemic encephalopathy: Clinical aspects. *Neurology of the Newborn*. 314-369.

West T, Atzeva M, Holtzman DM. (2007). Pomegranate polyphenols and resveratrol protect the neonatal brain against hypoxic-ischemic injury. *Dev. Neurosci*.29. 363-372.

Wilkinson AR, Jiang ZD. (2006) Brainstem auditory evoked response in neonatal neurology. *Semin Fetal Neonatal Med*. 6. 444-451.

## 6. Eskerrak

Lan honen egileek Eusko Jaurlaritzaren (IT-773-13) laguntza jaso dute.
Lan hau beste lan batetik eratorria da (liburu kapitulua). (Revuelta, 2014)

# Gaixotasun neurodegeneratiboetarako terapia geniko ez-birala, eman bide ez-inbaditzaileak erabiliz

Villate I, Zarate J, Puras G, Agirre M, Ojeda E, Pedraz JL.
*NanoBioCel taldea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Vitoria-Gasteiz.*
*joseluis.pedraz@ehu.eus*

### *Laburpena*

Alzheimer gaitza da neuroendekapenezko gaixotasun ugariena adineko pertsonen artean, eta gaur egun ez dago horri aurre egiteko tratamendu eraginkorrik. Hala ere, zientzia komunitatea estrategia itxaropentsuak ari da garatzen, eta horietako bat da faktore neurotrofiko eta angiogenikoen erabilera. Faktore horiek terapia genikoaren bidez garuneko zeluletan txerta daitezke tokiko ekoizpen iraunkorra lortzeko. Bektore ez-biralak aukera egokia izan daitezke interesatzen zaizkigun faktoreak kodifikatzen dituzten plasmidoak garunera bideratu eta bertako zelulak transfektatzeko. Gainera, berriki argitaratutako datuek iradokitzen dute bektore ez-biralak sudur barneko bidetik (eman bide ez-inbaditzailetik) helarazi daitezkeela garunera. Beraz, eskuartean dugun proiektuak bide berritzaile eta itxaropentsua eskaintzen du Alzheimerraren aurkako tratamenduen ikerketan aurrera egiteko.

Hitz gakoak: terapia geniko, bektore ez-biral, eman bide ez-inbaditzaile, Alzheimer, neuroendekapen.

### *Abstract*

*Alzheimer disease (AD) is the most extended neurodegenerative disorder among old-aged people, and no effective treatments exist so far. However, the scientific community is currently developing some promising approaches to target AD, and one major strategy involves the use of neurotrophic and angiogenic factors that can be internalized in neurons for a local and sustained expression. Non-viral vectors have the potential to carry plasmids codifying the factors of interest into the brain and to transfect cerebral cells. Moreover, recent evidence suggests that non-viral vectors can be administered intranasally to target the central nervous system, which constitutes a non-invasive route of administration. Therefore, the present project provides an innovative and promising approach to address AD, as well as other neurodegenerative disorders.*

*Keywords: gene therapy, non-viral vector, non-invasive route, Alzheimer disease, neurodegenerative.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Zahartzaroari lotutako gaixotasunak arazo larria dira herrialde garatuetako osasun sistementzat. Bizi-itxaropenaren luzapenaren ondorioz, nerbio sistema zentralari (NSZri) eragiten dioten gaixotasunek gora egin dute nabarmen azken urteetan. Horien artean, gaixotasun neurodegeneratiboentzat -adibidez, Alzheimerra, Parkinsona edo Huntingtona bezalako gaitzentzat- tratamendua bilatzea aparteko erronka bilakatu da. Neuroendekapenezko gaitzek funtzio neurologikoak gutxitzen dituzte eta, askotan, nerbio-zelulen heriotza ere eragiten dute. Oraindik ez dira zehatz ezagutzen gaitz horiek eragiten dituzten mekanismo molekularrak, eta oraingoz ez da behin betiko tratamendu terapeutiko eraginkorrik lortu [1]. Gaixotasun neurodegeneratiboen %60 Alzheimerrari dagokio, osasungintzan eta gizartean, orokorrean, horrek dakarren kostuarekin. Gainera, Alzheimerraren intzidentziak gora egiten jarraitzekotan, arazoa larriagotu egingo da datozen urteetan.

Beraz, Alzheimerrari eta gainontzeko eritasun neurodegeneratiboei aurre egiteko estrategien ikerketak garrantzi handia du gaur egun. Gaitz horien progresioa eten edo murriztuko lukeen medikamentu baten aurkikuntzak, diagnostiko goiztiarrarekin batera, onura handiak ekarriko lituzke bai gaitzak jota dauden pertsonentzat eta baita osasun- eta gizarte- sistemarentzat ere.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

NSZri eragiten dioten gaixotasunei aurre egiteko medikamentuen garapenak hainbat zailtasun biltzen ditu. Aipagarriena hesi hematoentzefalikoa (HHE) da zalantzarik gabe, farmakoen %98ari sarrera oztopatzen baitio. Arazo horri aurre egiteko hainbat estrategia ikertu dira. Esate baterako, substantzia terapeutikoak NSZra bideratu daitezke HHEko zelulekin interakzionatzen duten nanopartikulak erabiliz. Horrela, farmako nanoenkaptsulatuek HHE gaindi dezakete garunaren funtzio normala kaltetu gabe [2]. Nahiz eta arlo horretan aurrerapenak egin diren, zain barnetik emandako nanopartikulen oso portzentaje txikia iristen da garunera (%3 inguru).

Gure ikerketa taldeak urteak daramatza gaixotasun neurodegeneratiboei aurre egiteko tratamenduen ikerketan, eta garrantzi handia eman zaio kapsularatutako faktore trofikoak eta angiogenikoak garun kortexera eta garuneko parenkimara helarazteari [3.4]. Faktore neurotrofiko eta angiogenikoak modu seguruan garunera bideratzeko, nahiz eta oraindik munduan ikerketa ezagutzen diren, bektore ez-biraletan (nanopartikuletan) oinarritutako terapia genikoa aukera aproposa izan daiteke. Bestalde, eman bide ez-inbaditzaileen ikerketak interes handia piztu du, tratamendu erosoagoak lortze aldera. Dagoeneko ikertzaile batzuek argitaratu dituzte zenbait emaitza sudurretik abiatuta eta nanopartikulak erabilita farmakoak garuneraino bideratzea posible dela frogatzen dutenak. Hala ere, ez da oraindik sudur barnetik NSZrako terapia geniko eraginkorrik lortu. Beste eman bideetatik baino, errazago gainditu daiteke HHE sudur barnetik. Ondorioz, eman bide egokia izan daiteke terapia geniko ez-biralaren bitartez gaixotasun neurodegeneratiboen tratamendurako [7].

Proiektu honetan, VEGF faktore angiogenikoa hautatu dugu Alzheimerraren terapia genikoa bideratzeko. Gure helburua da garuneko zeluletan VEGF produzitzen duen genea txertatzea, faktore hori kantitate handiagotan ekoiztu dadin garunean. VEGF faktoreak odol-hodien sorrera, angiogenesia, eragiten du eta beta-amiloide plakak (Alzheimer gaixotasunaren sintomen erantzule nagusiak direnak) gutxitzen laguntzen du. Aurretik egindako ikerketetan efektu onuragarriak lortu dira VEGF eman zaien Alzheimer animalia ereduetan. Ikerketa horietan, faktorea zuzenean txertatu da garunean. Gure estrategia, aldiz, sudur barnetik administratu ostean garuneko zeluletan VEGF kodifikatzen duen genea transfektatzea da, faktorea garunean bertan behin eta berriro produzitua izateko aukera ematen duelako eta, horrela, eman beharreko dosiak gutxituko liratekeelako.

Doktoretza-tesiaren helburu orokorra faktore neurotrofikoak eta angiogenikoak (batez ere VEGF faktore angiogenikoa) kodifikatzen dituzten plasmidoak garuneraino garraiatuko dituzten bektore ez-biralen garapena da. Bektoreak sudurretik emanda Alzheimerrarentzako tratamendua garatu nahi da.

Bestalde, proiektuaren helburu espezifikoak honakoak dira:

1) Niosometan oinarritutako bektore ez-biralen garapena, sudur barnetik emandako bektoreek faktore neurotrofikoak eta angiogenikoak kodifikatzen dituzten plasmidoak garunera garraiatu ditzaten.
2) Nioplexoen -niosomak eta plasmidoak elektrostatikoki elkartuta eratutako nanopartikulen- karakterizazio fisiko-kimikoa burutzea eta egokienen aukeraketa egitea.
3) Nioplexoen transfekzio efizientzia eta ekoitzitako faktoreen bioaktibitatea *in vitro* aztertzea.
4) Esperimentazio animalien garunean biodistribuzio eta eraginkortasun entseguak egitea formulazioak sudur barnetik administratu ostean.
5) Alzheimer animalia ereduetan nioplexo optimizatuen eraginkortasun terapeutikoa *in vivo* aztertzea.

## 3. Ikerketaren muina

Proiektua hasi berria denez, atal honetan doktoretza-tesiaren proiektuan jarraituko den metodologia eta lan plangintza azaltzen da. Helburuei jarraituz, proiektu honen lan plangintza bost fasetan banatzen da.

### 3.1 Nioplexoen prestaketa eta karakterizazioa

Lehen fase honetan, lehenik eta behin terapia geniko ez-biralerako *niosoma* eta *nioplexo*en elaborazio metodoa definituko dugu.

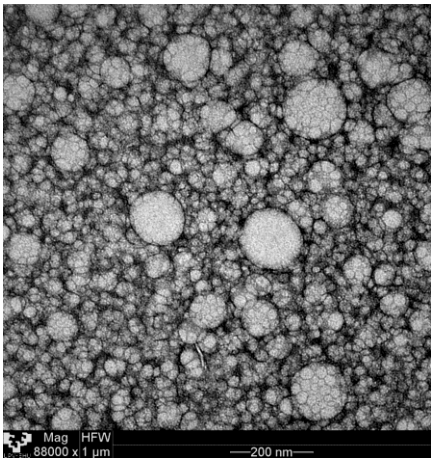
Niosomak karga positibodun besikula lipidikoak dira, eta bi mintzeko egitura dute. Niosomak farmakoak garraiatzeko erabiltzeaz gain, terapia genikoan, bektore ez-biral gisa, geneak garraiatzeko ere erabiltzen dira. Niosomen formulazioak hiru elementu nagusiz osatuta daude: surfaktante ez inoniko bat (esate baterako, polisorbatoa, sorbitano esterrak, etab.), lipido laguntzailea edo *helper* lipidoa (adibidez, kolesterola, eskualenoa, etab.) eta lipido kationikoa (formulazioari karga positiboa ematen diona. Esate baterako, DOTMA, DOTAP. etab.)) [8]. Niosomen formulazioei material genetikoa eranstean (interesatzen zaigun transgenea daraman DNA molekula, hau da, gure kasuan, VEGF faktorearen genea daraman DNA molekula), nioplexoak sortzen dira. Beraz, niosoma besikula lipidikoa edo bektore hutsa da, eta, nioplexoa, berriz, DNA molekula daukan niosoma.

Niosoma eta nioplexoen elaborazio prozesua ondo definituta dago gure ikerketa taldean, eta hainbat etapa biltzen ditu. Niosomak prestatzeko, alde batetik fase organikoa eta, bestetik, fase urtsua prestatuko ditugu eta, ondoren, bi faseak batu eta sonikatu egingo ditugu, emultsioa eratzeko. Fase organikoan lipido kationikoa eta lipido laguntzailea (edo *helper* lipidoa) disolbatuko ditugu disobatzaile organiko bat (diklorometanoa) erabiliz. Fase urtsuanan, berriz, ur distilatuan aukerako substantzia surfaktantea disolbatuko dugu. Bi faseak prest ditugunean, nahastu egingo ditugu eta sonikatu minutu batez. Azkenik, formulazioak irabiagailuan utziko ditugu bi orduz, diklorometanoa guztiz lurrundu dadin eta arrastorik utz ez dezan. Pausu hori oso garrantzitsua da, diklorometanoa oso toxikoa baita gure zelulentzat.

Behin niosomen formulazioak prest edukita, DNA molekulak lotuko dizkiegu. Niosoma eta DNA proportzio ezberdinak prestatu behar izaten dira, entsegu bakoitzak proportzio jakin bat eskatzen baitu.

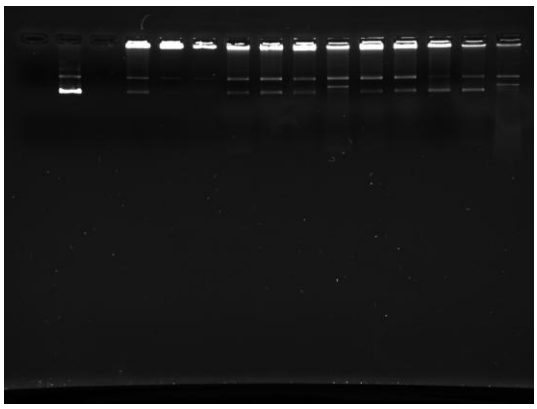
Jarraian, niosomak eta nioplexoak fisiko-kimikoki karakterizatuko ditugu. Tamaina eta karga neurtzeko, *Dynamic Light Scattering* (*DLS*) teknikan oinarritzen den *ZetaSizer* izeneko aparatu bat erabiliko dugu . *In vitro* entseguak egin nahi diren zeluletan ahalik eta nanopartikula gehien sartzeko tamaina egokiko niosomak lortzea da helburua. Horrez gain, niosomek karga positiboa izatea garrantzitsua da; batetik, niosomen formulazio zenbat eta positiboagoa izan egonkorragoa delako, eta bestetik, karga negatiboa duen DNAri lotu ahal izateko. Indar elektrostatiko bidez lotzen dira niosomak eta DNA molekulak nioplexoak eratzeko. Bukaerako nioplexoen tamainak eta kargak ere garrantzi handia daukate zelulan barneratu daitezen. Normalean, nahiz eta zelula motaren araberakoa izan, 100 nm inguruko partikula positiboak lortzen saiatzen gara zelulan barneratze gaitasuna altua izan dadin. Niosoma eta nioplexoen morfologia ikertzeko, transmisio bidezko mikroskopia elektronikoa (TEM) erabiliko dugu (1. Irudiak niosoma emultsio baten TEM bidezko argazkia erakusten du).

**1. Irudia. TEM bidezko nanopartikula emultsioaren argazkia.**




Gainera, elektroforesi tekniken bitartez, garatutako nanopartikulek DNA molekulak degradazio entzimatikotik babesteko, lotuta mantentzeko eta behar den unean askatzeko duten gaitasuna aztertuko ditugu (2. Irudiak elektroforesiaren bidez gelean lortutako emaitzak erakusten ditu).

**2. Irudia. Elektroforesi bidez ateratako gelaren argazkia.**



Bestalde, niosomen formulazioa oso ezegonkorra denean edo 100 nm baino txikiagoak diren niosomak egin nahi ditugunean, presio altuko *Microfluidics* homogenizatzailea erabiliko dugu. Partikulen tamaina txikitzea interesgarria da sudur barneko eman biderako, mukosatik xurgatzen diren partikulak zenbat eta txikiagoak izan, orduan eta hobeto barneratuko baitira.

Azkenik, gure taldean liofilizazio tekniketan esperientzia handia dugunez, nanopartikulak hauts bihurtu eta denbora luzez modu egonkorrean mantentzeko niosomen formulazioak liofilizatzen saiatuko gara.

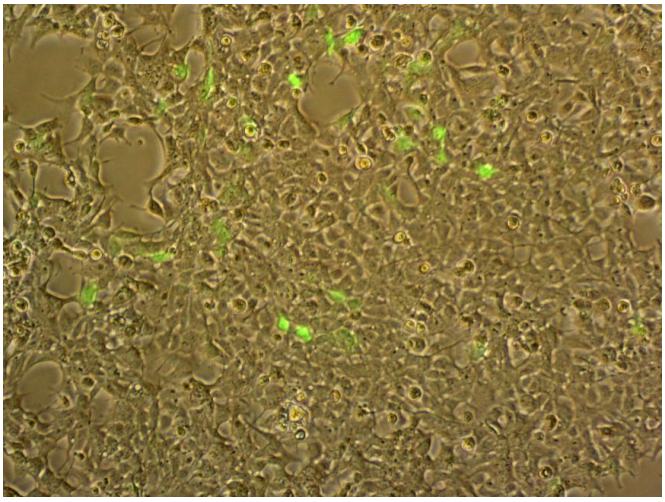
### 3.2 Eraginkortasun eta bioaktibitate entseguak

Bigarren fase honetan, lehenik eta behin nioplexoek garuneko zeluletan (neuronetan eta glia zeluletan) transfektatzeko duten gaitasuna ikertuko da. Horretarako, gene terapeutikoarekin (gure kasuan VEGF) batera proteina berde fluoreszentea (GFP) sortzen duten plasmidoak erabiliko dira. GFPak zelulen barnean fluoreszentzia berdea eragiten du eta fluxu zitometria bidez neurtu daiteke. Geneak transfektatzea lortzen bada bi proteinak (GFP eta VEGF) batera sortzen direnez, fluoreszentzia berdearen presentziak zeluletan bi faktoreak produzitu direla adierazten du. Hala ere, gene terapeutikoaren produkzioa zuzenean egiaztatu beharra dago. Horretarako, hainbat teknika erabiliko dira: PCR (VEGFren RNA mezularia detektatzeko),

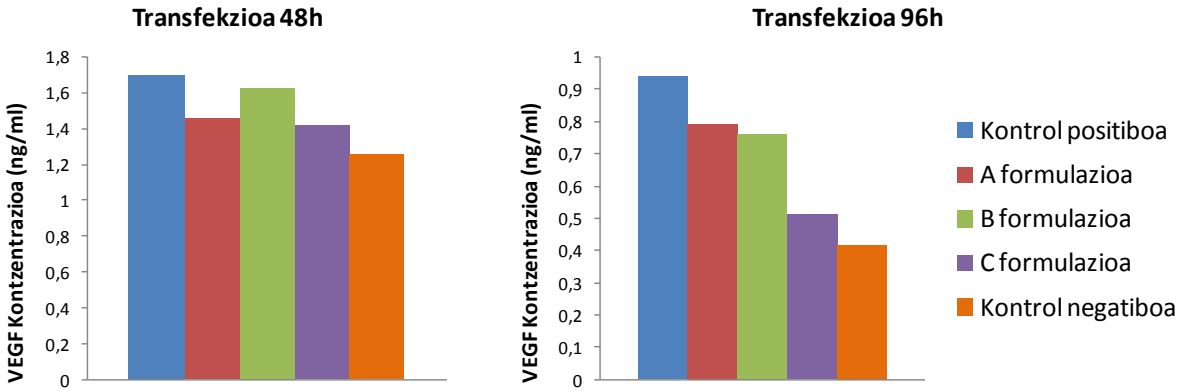
Western Blot (antigorputz espezifikoen bidez VEGF detektatzeko) eta ELISA (antigorputzen espezifikoen bidez, VEGF detektatzeko).

Orain arte, gure laborategiko neuroendekapenezko gaixotasunen ikerketa lerroan soilik GFP ekoizten duten plasmidoak erabili izan dira, eta pausu handia da guretzat GFPaz gain faktore terapeutikoa kodifikatzen duten plasmidoekin lanean hastea. GFP plasmidoak begiko gaitzetarako terapia genikoan erabili ditugu aurretik, eta tramsfekzio maila altuak lortu ditugu *in vitro* eta *in vivo* entseguetan (3. Irudiak HEK zeluletan –transfekzioetan zelula-eredu gisa erabiltzen diren giltzurrunetik eratorritako zeluletan- egindako entseguaren emaitza erakusten du. Fluoreszentzia berdea antzeman daiteke zeluletan, transfekzioa era egokian egin den seinale). Plasmido berriarekin egin ditugu atariko zenbait entsegu in vitro, erretinako ARPE zelulak erabilita. Emaitza positiboak lortu ditugu entsegu horietan, bi proteinak (GFP eta VEGF) espresatzea lortu baitugu (4. Irudian VEGF faktorearen presentzia detektatzeko egindako ELISA entseguaren emaitzak erakusten dira grafikoki).

**3. Irudia. Transfekzioa HEK zeluletan GFP plasmidoa erabilita.**



**4. Irudia. VEGF detektatzeko ELISA entseguaren emaitzak.**




**4. Irudia**. ELISA entsegu honetan GFP eta VEGF faktoreak kodifikatzen dituen plasmidoa erabili zen ARPE zelulak (erretinako zelulak) transfektatzeko. Plasmidoak zeluletara garraiatzeko, gure taldean garatutako 3 formulazio ezberdin erabili genituen (A-C formulazioak). Hirurak nioplexoak dira, baina lipido kationiko eta *helper* lipido ezberdinez osatuta daude. Kontrol positiboa *Lipofectamina*ri dagokio, transfekzio maila altua lortzen duen lipido kationiko komertziala. Kontrol negatiboa, berriz, transfektatu gabeko zelulek osatzen dute. VEGFren produkzioa zeluletan transfekzioa egin ondoren 48 eta 96 ordutara neurtu genuen. Grafikoetan ikusten denez, transfektatu gabeko zeluletan ere antzematen da VEGF faktorea, gure zelulek berez ere ekoizten baitute. 96 ordutara A eta B formulazioek lortu dute transfekzio mailarik altuena, horiek garraiatu dute, beraz, plasmido gehien zeluletara. Zelulak gai izan dira, formulazio guztietan, plasmidoak kodifikatutako VEGF faktorea ekoizteko.

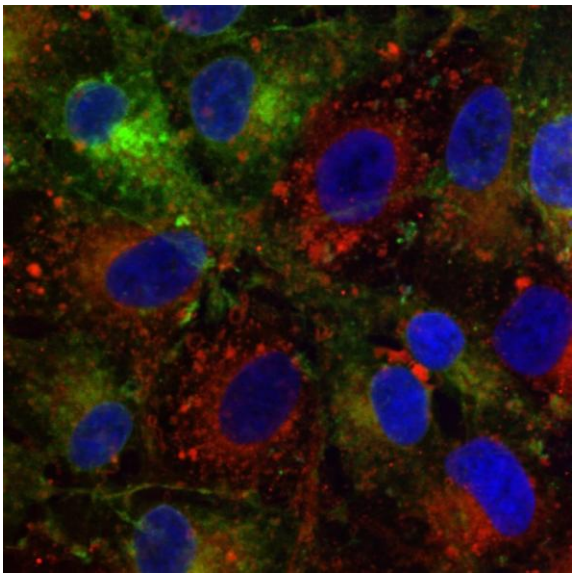
Jarraian, plasmido terapeutikoen faktoreen bioaktibitate entseguak egingo ditugu. Sortutako faktoreak zeluletan aktibitate biologikoa daukan edo ez frogatuko da. Izan ere, gerta daiteke nioplexoen elaborazio prozesuan zehar plasmidoaren egitura kaltetzea eta, ondorioz, horrek sortutako faktoreek aktibitatea galtzea.

Azkenik, zitotoxizitate entseguak egingo ditugu, gure formulazioek zelulen bideragarritasunean duten eragina aztertzeko. Horretarako, CCK8 entsegua egingo dugu.

### 3.3 Plasmidoaren barneratze entseguak

Hirugarren fasean fluoreszeina isozianatoz (FITC) markatutako plasmidoak erabiliko ditugu. FITCekin markatutako plasmidoa barneratu duten zelulen portzentajea eta igorritako fluoreszentziaren intentsitatearen batazbestekoa neurtuko ditugu zitometria bidez. Gainera, zelulen endozitosi (barneratze) bideak markatzaile fluoreszenteekin markatuko ditugu eta, plasmidoaren eta sarrera bideen arteko kolokalizazioa kuantifikatuz, gure partikulak gehien erabiltzen duen sarbidea zehaztuko dugu (5. Irudiak gure laborategian formulazio polimeriko batekin NT2 zeluletan –neuronen prekurtsoreak diren zeluletan- lortutako kolokalizazioa erakusten du; urdinez, zelulen nukleoak ageri dira, gorriz, plasmidoa garraiatzen duten nanopartikulak eta, berdez, zelularen klatrina bidezko sarbidea). Kolokalizazioa kuantifikatzeko Mandersen koefizientea kalkulatzen digun programa informatikoa (*ImageJ version 2.0.0*) erabiltzen dugu laborategian (kolokalizazio portzentajea adierazten du).

**5. Irudia. Kolokalizazio entsegua NT2 zeluletan.**



### 3.4 Faktore trofikoek garunean duten distribuzioaren analisia

Atal honetan, gure formulazioak garunera iristeko sudur barnetik eman ostean, horiek ekoizten dituzten faktoreak garuneko zein eremutan antzematen diren ikertuko dugu. Formulazioak sudur barnetik emateko, saguak Isofluorano izeneko anestesia arin batekin lokartzen dira, eta 10 mikrolitroko pipeta baten bidez ematen dira formulazioak pixkanaka. Normalean, 4 mikrolitro ematen dira aldi bakoitzean, sudurzuloak txandakatuz eta administrazioen artean denbora tarte laburra utziz (minutu bat). Dosi egokira iristeko, hainbat egunetan zehar errepikatu behar izaten dira administrazioak, egun bakoitzean sagu bakoitzari gehienez 25 mikrolitroko bolumena eman ahal zaiolako.

Formulazioak garunera iritsi direla jakiteko eta garuneko zeluletan nanopartikulek garraiatutako geneak espresatu direla ziurtatzeko, saguen garunak aztertu beharra dago. Horretarako, animaliak perfusio bidez sakrifikatu behar dira, teknika horren bidez gorputzeko

ehunak garbitu edota fixatu egin daitezkelako, beharraren arabera. Perfusioa egin ostean, garunen estrakzioa egin behar da analizatu ahal izateko. Garunak teknika ezberdinen bidez aztertuko ditugu: fluxu zitometria (fluoreszentzia berdea duten zelulen portzentajea aztertzeko), inmunohistokimika, PCR, Western Blot eta ELISA. Proba horiek guztiak baliagarriak dira sudur barnetik administratutako nioplexoek NSZean duten transfekzio gaitasuna ebaluatzeko.

### 3.5 Sudurretik barneratutako nioplexoek Alzheimer animalia ereduan duten eragin terapeutikoaren azterketa

Formulazioak optimizatu, NSZera iristeko duten ahalmena aztertu eta bertan faktore aktiboak sortzeko gaitasuna ikertu ostean, azken atal honetan formulazio horien eraginkortasun terapeutikoa ikertuko da Alzheimer animalia eredu batean (APP/Ps1). Horretarako, animalien portaera testak egingo dira, esate baterako, T-maze esplorazio joera neurtzeko, eta objektuen ezagutze testa epe laburreko memoria neurtzeko. Bestalde, atal honetan inmunohistokimika entseguak ere egingo dira garunean transfekzio maila aztertzeko, eta baita odol-hodi berrien sorrera, plaka amiloideen presentzia, tau proteina hiperfosforilatuaren maila eta kaspasen (zelulen heriotzaren markatzaileen) presentzia neurtzeko ere. Alzheimer ereduko animalien portaera ikerketak Madrilgo Instituto de investigación Hospital 12 de Octubre zentroko neurozientzia taldearekin dugun kolaborazioari esker bideratuko ditugu.

## 4. Ondorioak

Proiektu honetan estrategia berritzaile gisa sudur barneko eman bidea aurkezten da, neuroendekapenezko gaixotasunentzat nioplexoz osatutako bektore ez-biraletan oinarritutako terapia genikoa garatzeko. Terapia genikoan sudurreko eman bidearen ikerketak hastapenetan daude oraindik, baina badira bide horren egokitasuna eta baliagarritasuna iradokitzen duten hainbat ikerketa. Garuneko gaitzak tratatzeko, aukera aproposa izan liteke eman bide hori, HHE gainditzea ahalbidetzen duelako eta, beste eman bide batzuekin alderatuz, ez-inbaditzailea delako. Bestalde, terapia genikoan bektore ez-biralak erabiltzea erronka handia da, birusek baino transfekzio efizientzia txikiagoa erakusten dutelako. Hala ere, bektore ez-biralak seguruagoak dira eta, gainera, azido nukleiko molekula handiagoak garraiatzeko ahalmena dute, errazagoak dira produzitzeko eta kostua baxuagoa da. Beraz, transfekzio efizientzia hobetzea lortuta, bektore ez-biraletan oinarritutako terapia genikoa oso baliagarri gerta daiteke era askotako gaixotasunen plataforma terapeutikoak eraikitzeko.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Aurreko atalean aipatu bezala, bektore ez-biraletan eta eman bide ez-inbaditzaileetan oinarritutako terapia genikoko estrategiak pil-pilean daude ikerketa munduan, eta espero izatekoa da teknika horiek etorkizun oparoa izatea. Proiektu honetan proposatutako helburuak lortzekotan, oso interesgarria litzateke arlo honetan ikerketan jarraitzea, eta Alzheimerrerako erabilitako plataforma terapeutikoa beste gaixotasun neurodegeneratibo batzuk (Parkinsona, Huntingtonen gaitza, besteak beste) tratatzeko moldatu eta hedatzea.

Bestalde, gorputzeko beste ehun batzuetan eragiten duten gaixotasunentzat ere eman bide ez-inbaditzaileek garrantzi handia hartu dute ikerketa munduan. Esate baterako, begian, erretinako gaixotasunei aurre egiteko, edota biriketako zenbait gaixotasun tratatzeko. Eman bide ez-inbaditzaileek abantaila ugari dituzte eta aipagarrienak gaixoentzako erosotasuna eta zeharkako efektuen gutxitzea dira.

Azkenik, bide luzea dago oraindik bektore ez-biral eraginkorrak eskuragarri izateko. Erronkarik handiena horien transfekzio gaitasuna areagotzea da, eta ikertalde ugari dago gaur egun horretan lanean. Gainera, bektore ez-biral idealaren edo formulazio unibertsalaren kontzeptua bazterrean geratu da, tratamendua eman beharreko gaixotasunaren eta ehunaren arabera ezaugarri ezberdinak izan beharko baitituzte. Beraz, erronka da etorkizunean ehun eta gaixotasun bakoitzera egokitutako formulazio eraginkorrak sortzea , eta eman bide ez-inbaditzaileetarako bideragarriak direnak.

## 6. Erreferentziak


1- Thomas MB, Mansoor MA. (2009): Challenges and opportunities in CNS delivery of therapeutics for neurodegenerative diseases. *Expert Opin Drug Deliv*, 6(3):211–25.

2- Denora N, Trapani A, Laquintana V, Lopedota A, Trapani G. (2009): Recent advances in medicinal chemistry and pharmaceutical technology-strategies for drug delivery to the brain. *Curr Topics Med Chem*, 9:182–196.

3- Herrán E, Requejo C, Ruiz-Ortega JA, Aristieta A, Igartua M, Bengoetxea H, Ugedo L, Pedraz JL, Lafuente JV, Hernández RM (2014): Increased antiparkinson efficacy of the combined administration of VEGF- and GDNF-loaded nanospheres in a partial lesion model of Parkinson's disease. *Int J Nanomedicine*, 27;9:2677-87.

4- Herrán E, Pérez-González R, Igartua M, Pedraz JL, Carro E, Hernández RM (2013). VEGF-releasing biodegradable nanospheres administered by craniotomy: a novel therapeutic approach in the APP/Ps1 mouse model of Alzheimer's disease. *J Control Release*, 28;170(1):111-9.

5- Harmon BT, Aly AE, Padegimas L, Sesenoglu-Laird O, Cooper MJ, Waszczak BL (2014): Intranasal administration of plasmid DNA nanoparticles yields successful transfection and expression of a reporter protein in rat brain. *Gene Ther*, 21(5):514-21. doi: 10.1038/gt.2014.28. Epub 2014 Mar 27. PubMed PMID:24670994.

6- Kim ID, Shin JH, Kim SW, Choi S, Ahn J, Han PL, Park JS, Lee JK. (2012): Intranasaldelivery of HMGB1 siRNA confers target gene knockdown and robust neuroprotection in the postischemic brain. *Mol Ther*, 20(4):829-39. doi:10.1038/mt.2011.291. Epub 2012 Jan 17. PubMed PMID: 22252450; PubMed Central PMCID: PMC3321593.

7- Jeffrey J. Lochhead, Robert G. Thorne. (2012): Intranasal delivery of biologics to the central nervous system. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64 (2012) 614–628.

8- Ojeda E1, Puras G, Agirre M, Zárate J, Grijalvo S, Pons R, Eritja R, Martinez-Navarrete G, Soto-Sanchez C, Fernández E, Pedraz JL.(2015) Niosomes based on synthetic cationic lipids for gene delivery: the influence of polar head-groups on the transfection efficiency in HEK-293, ARPE-19 and MSC-D1 cells. Org Biomol Chem,13(4):1068-81. doi: 10.1039/c4ob02087a. Epub 2014 Nov 21. PubMed PMID:25412820.


## 7. Eskerrak eta oharrak

Proiektu honen babesleak dira Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU, Ikerketa eta Formakuntza Unitatea UFI 11/32), Eusko Jaurlaritza (Doktoreak ez diren ikertzaileak prestatzeko Doktoratu Aurreko Programako laguntza), Espainiako Gobernua (Ministerio de Economía y Competitividad, Programa estatal de investigación, desarrollo e innovación orientada a los retos de la sociedad. Mineco 2013 código SAF2013-42347-R) eta Mexikoko Gobernua (Grant of the National Council of Science and Technology, CONACYT).

.

# Masa-espektrometriaren bidezko giza-malkotako peptidoen analisia eta peptido antimikrobiarren identifikazioa

Mikel Azkargorta[1], Javier Soria[2], Claudia Ojeda[4], Fanny Guzmán[3], Arantxa Acera[2], Ibon Iloro[1], Iraide Escobes[1], Tatiana Suárez[2], Felix Elortza[1]

[1]*Proteomikako Plataforma, CIC bioGUNE, CIBERehd, ProteoRed-ISCIII, Bizkaia Zientzia eta Teknologia Parkea, Derio, Bizkaia;*

[2]*Bioftalmik Applied Research, Bizkaia Zientzia eta Teknologia Parkea, Derio, Bizkaia;*

[3]*Núcleo Biotecnológico de Curauma (NBC), Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile:*

[4]*Instituto de Biología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile*

*mazkargorta@cicbiogune.es edo felortza@cicbiogune.es*

**Laburpena**

Malkoak begia lubrifikatu eta babesten duten jariakinak dira. Bertan hainbat molekula desberdin daude, eta hauen artean peptido naturalak aurkitzen dira. Peptido hauek malkoaren babes-mekanismoen parte dira, izan ere aktibitate antimikrobiarra izan baitezakete. Malkoen peptido naturalen edukia sakonean karakterizatu gabe dirau gaur egun. Masa-espektrometria erabiliz, lan honetan malkotan inoiz identifikatu den peptido naturalen zerrenda handiena aurkezten da: 25 proteina desberdinetatik eratorritako 234 peptido. Identifikatutako bi peptidoren aktibitate antimikrobiarra frogatu da, erabilitako prozedura peptido antimikrobiarrak aurkitzeko eta karakterizatzeko baliogarria dela frogatuz.

**Abstract**

*The tear film, an aqueous secretion protecting the eye, contains antimicrobial peptides involved in the protection against exogenous pathogens. In contrast to tryptic peptide studies, mass spectrometry analysis of endogenous peptides is difficult because of their heterogeneity. Therefore, we combined three mass spectrometry methods, leading to the generation of the biggest dataset of endogenous tear peptides to date. The antimicrobial activity prediction analysis performed in silico revealed different putative antimicrobial peptides among them. Two of the extracellular glycoprotein lacritin peptides were de novo synthesized, and their antimicrobial activity was confirmed in vitro. Our findings provide a useful approach for the discovery of peptides with antimicrobial activity.*

Hitz gakoak: malkoak, peptidoak, peptidoma, peptido antimikrobiarrak, masa-espektrometria.

## 1. Sarrera eta motibazioa

Giza malkoak jariakin konplexua dira, non lipidoak, proteinak, peptidoak eta molekula organiko txikiak dauden (Donald *et al.* 2002). Malkoek, begiko kornea eta konjuntiba estaliz, ondoko funtzioak betetzen dituzte: lubrifikazioa, begi azaleko epitelioko zelulen elikadura, eta kanpoko patogenoekiko babesa. Patogenoekiko babes hau, hein batean, bertan dauden peptido antimikrobiarrek (PAM) betetzen dute, bakterioen hazkuntza gelditzeko zein hauek hiltzeko gai baitira (Fleiszig *et al.* 2002). PAMak modu konstitutiboan sortzen dituzte zelulek, baina baldintza berezietan hauen sorrera induzitu egin daiteke, zauriak egitean edo mikrobioen presentzian, adibidez (Zasloff 2007). Bakterioek orokorrean ez dute peptido hauen aurkako erresistentzia-mekanismo

eraginkorrik garatu, eta horregatik PAMak antibiotikoen garapenerako eredu baliotsutzat hartzen dira (Peschel eta Sahl 2006). Hortaz, peptido hauen identifikazio eta karakterizazioa interes handikoa da (McDermott 2013).

Gaur egun proteinak identifikatzeko teknikarik erabiliena masa-espektrometria (MS) da. Horretarako, proteinak proteasa batekin tratatzen dira (tripsina orokorrean), eta prozesamendu horren ondorioz sortutako proteina-zatikiak (peptidoak) masa-espektrometroan aztertzen dira. Masa-espektrometroak peptido hauen tamaina neurtzen du, eta peptidoak fragmentatu ostean hauen sekuentziaren inguruko informazioa ematen du. Lortutako informazioa proteina identifikatzeko erabili daiteke: programa informatiko espezifikoak erabiliz datu-baseetan bilaketak egin daitezke, eta esperimentalki lortutako informazioak datu-basean dagoen informazioarekin bat eginez gero, proteina identifikatutzat jo daiteke. MS eta kromatografia likidoa (LC) konbinatuz gero (LC-MS), peptido eta proteina ugari identifikatu daitezke esperimentu bakarrean (Cotrell 2011).

Halere, peptido naturalek zenbait berezitasun dituzte, eta orokorrean proteinen azterketarako erabiltzen diren hurbilketek ez dute balio izaten hauen azterketarako. Alde batetik, lagin prestaketari begira, ez dira tripsinarekin tratatzen, zuzenean aztertzen bait dira. Bestalde, beraien izaera heterogeneoa dela eta (Sasaki *et al* 2013), peptido naturalen MS-bitarteko azterketa zaila da. Horregatik, lan honetan peptido naturalen azterketarako metodo espezifikoak jarraitu ziren, eta laginaren edukinean ahal bezain beste sakontzeko asmoz peptidoak masa-espektrometroan fragmentatzeko hiru metodo osagarri erabili ziren. Metodo hauek CID (Collision Induced Dissociation), ETD (Electron Transfer Dissociation) eta HCD (Higher Collision Dissociation) izan ziren (Shen *et al*. 2011).

Horrela, 25 proteinatik eratorritako 234 peptido desberdin identifikatu ziren, gaur egun ezagutzen den giza-malko basaleko peptidoen katalogo handiena lortuz. Peptido hauek karakterizatu eta beraien artean aktibitate antimikrobiarra izan zezaketen zenbait peptido identifikatu ziren. Hauetariko bi sintetizatu eta beraien aktibitate antimikrobiarra testatzeko zenbait froga egin ziren, aktibitate hau konfirmatu zelarik.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Giza-malkotako peptido naturalen azterketa sakona oraindik egin gabe dago. Malkoetako proteinak ikertzeko egin diren hurbilketa gehienetan proteomika klasikoa erabili izan da, non proteinak tripsinarekin tratatzen diren analisi aurretik, sortutako peptidoak masa-espektrometriaren bitartez identifikatuz. Honela, de Souza eta lankideek 491 proteina identifikatu zituzten 2006an (de Souza 2006), eta sei urte beranduago Zhou eta lankideek 1500 proteina inguru (Zhou *et al*. 2012). Halere, lagin-prestaketa eta prozesamendua direla eta, peptido naturalen azterketa ikerketa horietatik kanpo gelditzen da; peptido naturalen azterketak metodo espezifikoak beharrezkoak ditu. Zentzu honetan, Hayakawak eta taldekideek giza-malko erreflexuan (negarra induzituz) lortutako peptido naturalen lehen analisia burutu zuten duela gutxi (Hayakawa *et al*. 2013). Horretarako, kromatografia likidoa egin eta gero MALDI-TOF/TOF teknika erabili zuten. Analisi horretan 30 peptido desberdin identifikatu zituzten, giza malkotako peptido naturalen lehen katalogoa sortuz. Halere, peptido kopurua murritza izateaz gain, malko erreflexua erabili izanak garrantzia kentzen dio ikerketari.

Hau guztia dela eta, gure ikerketaren helburuak honakoak izan ziren:

-Giza-malko basaletako peptido naturalen azterketa sakona egin.

-Peptido hauen artean aktibitate antimikrobiarra izan dezaketen peptidoak antzeman.

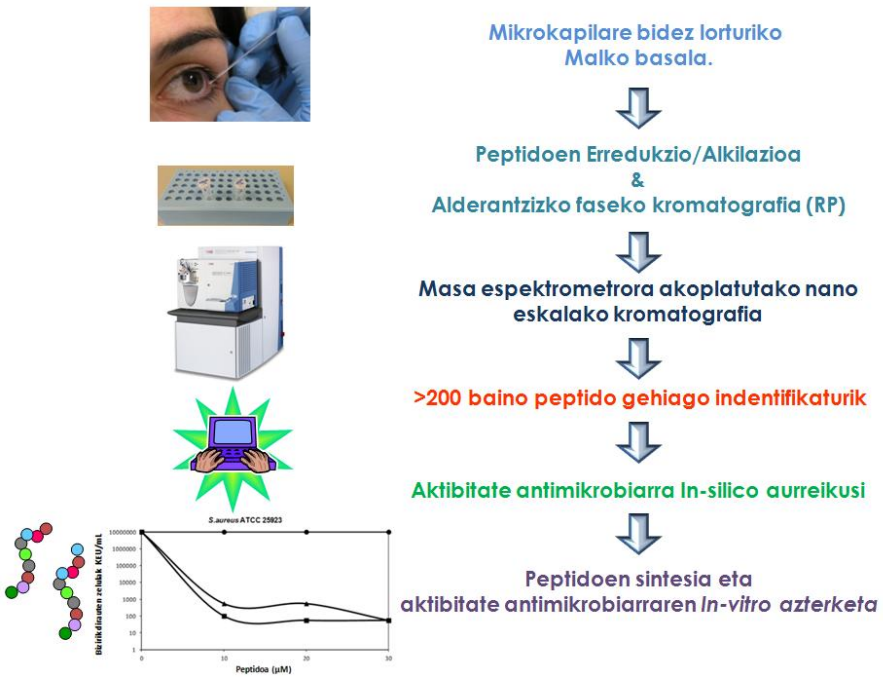
-Aukeratutako peptido hauen aktibitate antimikrobiarra frogatu.

## 3. Emaitzak

Malko basalen laginak egun ezberdinetan zehar eta bost pertsona osasuntsuen bi begietatik kapilar bat erabiliz lortu ziren. Proteinen disulfuro zubiak hausteko erredukzio

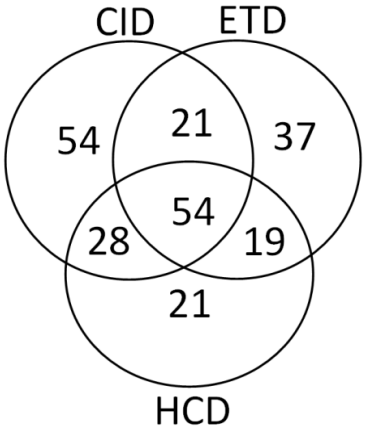
eta alkilazio prozedura burutu zen ditiotreitol (DTT) eta iodoazetamida (IAA) erabiliz. Ondoren, laginaren gatzak garbitzeko eta bertako peptidoak kontzentratzeko, fase errebertsuko alderantziko faseko (RP) mikrozutabeak erabili ziren. Peptido naturalak aztertzeko, laginak nano eskalako kromatografia likidozko ekipoan (Waters) ziztatu ziren, eta kromatografian banandutako peptidoak zuzenean LTQ Orbitrap XL-ETD (Thermo-Fisher) masa espektrometroan aztertu ziren. Laginak CID, ETD eta HCD fragmentazioetan oinarritutako metodoak erabiliz aztertu ziren. Horretaz gain, %5 DMSO kromatografia-gehigarria erabiliz ere aztertu ziren laginak.

Guztira, 25 proteinatik eratorritako 234 peptido identifikatu ziren. Laginaren izaerarekin bat eginez, peptido asko jariatutako proteinetatik zein mintz-proteinetatik eratorriak zirela ikusi zen. Proteinak kontutan hartuz gero, babes-mekanismoekin erlazionatutako proteinen presentzia nabaria aurkitu zen (aktibitate antimikrobiarra, bakterioen aurkako erantzuna e.a.).




**1 Irudia. Malkoen peptidomika: erabilitako hurbilketaren eskema orokorra.**

Peptidoen identifikaziorako erabilitako hiru teknikek informazio osagarria eman zuten. Hiru teknikek identifikatutako peptido komunak 54 ziren bitartean, teknika bakoitzak espezifikoki identifikatutakoak guztira 112 izan ziren: 54 CIDrekin, 37 ETDrekin eta 21 HCDrekin. Beraz, teknika bakoitzak informazio osagarria eman zuen, laginaren karakterizazio sakonagoa ahalbidetuz.



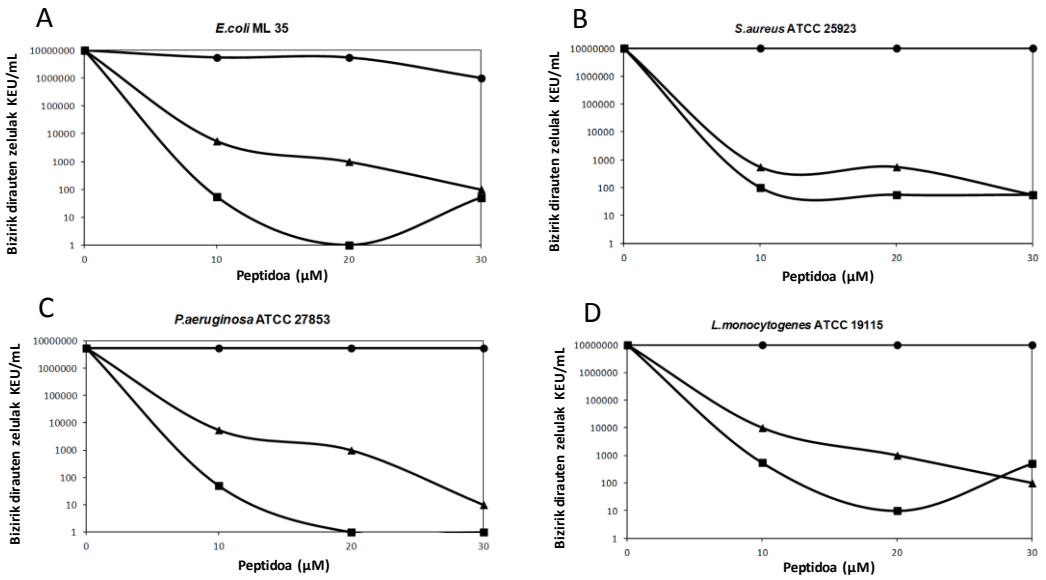

**2 Irudia. CID, ETD eta HCD teknikak erabilita masa-espektrometria bitartez identifikatutako peptidoen banaketa.**

Identifikatutako peptidoen artean aktibitate antimikrobiarra izan zezaketen peptidoak aurreikusteko tresna bioinformatiko bereziak erabili ziren. Tresna bioinformatiko hauek, CAMP delako datu basean dauden algoritmo berezietan oinarrituta daude (Thomas *et al.* 2010). Horrela, zenbait peptidok oso aktibitate antimikrobiar handia izan zezaketenaren baloreak jaso zuten. Balio handiena extracellular glycoprotein lacritin (LACRT_HUMAN) izeneko proteinatik eratorritako bi peptidok erakutsi zuten: KLLKKFSLLKPWA eta LLKKFSLLKPWA, 0.997 eta 0.992 probabilitatezko baloreekin, hurrenez hurren (ikus 1 taula).

**1 Taula. Tresna bioinformatikoen bidez identifikatutako peptidoen artean aktibitate antimikrobiarra izateko probabilitate altuena zuten peptidoak.** *UNIPROT sarrera*: Uniprot datu-basean proteina horrek duen sarrera. *SEKUENTZIA*: Identifikatutako peptidoaren aminoazido-sekuentzia. *Prob.*: Peptido horrek aktibitate antimikrobiarra izateko probabilitatea.

| UNIPROT Sarrera | SEKUENTZIA | Prob |
|---|---|---|
| LACRT_HUMAN | LLKKFSLLKPWA | 0.992 |
| LACRT_HUMAN | KLLKKFSLLKPWA | 0.977 |
| LYSC_HUMAN | AVACAKRVVRDPQGIRAWVAWRNRCQNRDVRQYVQGCGV | 0.965 |
| LYSC_HUMAN | ACAKRVVRDPQGIRAWVAWRNRCQNRDVRQYVQGCGV | 0.96 |
| LACRT_HUMAN | GGKQFIENGSEFAQKLLKKFSLLKPWA | 0.944 |
| LYSC_HUMAN | AKRVVRDPQGIRAWVAWRNRCQNRDVRQYVQGCGV | 0.939 |
| LACRT_HUMAN | GSEFAQKLLKKFSLLKPWA | 0.938 |
| LACRT_HUMAN | LKKFSLLKPWA | 0.936 |
| LYSC_HUMAN | CAKRVVRDPQGIRAWVAWRNRCQNRDVRQYVQGCGV | 0.933 |
| LACRT_HUMAN | AQKLLKKFSLLKPWA | 0.928 |
| LACRT_HUMAN | GVPGGKQFIENGSEFAQKLLKKFSLLKPWA | 0.901 |
| LACRT_HUMAN | QALAKAGKGMHGGVPGGKQFIENGSEFAQKLLKKFSLLKPWA | 0.897 |
| LYSC_HUMAN | QDNIADAVACAKRVVRDPQGIRAWVAWRNRCQNRDVRQYVQ GCGV | 0.897 |
| LACRT_HUMAN | QKLLKKFSLLKPWA | 0.885 |
| LACRT_HUMAN | AGKGMHGGVPGGKQFIENGSEFAQKLLKKFSLLKPWA | 0.877 |
| PROL4_HUMAN | GPQQRPPKPGGHHRHPPPPPFQNQQRPPRRGHR | 0.839 |
| PROL4_HUMAN | GPQQRPPKPGGHHRHPPPPPFQNQQRPPRRGH | 0.837 |
| PROL4_HUMAN | DGPQQRPPKPGGHHRHPPPPPFQNQQRPPRRGH | 0.837 |
| LYSC_HUMAN | HLSCSALLQDNIADAVACAKRVVRDPQGIRAWVAWRNRCQNR DVRQYVQGCGV | 0.826 |
| DCD_HUMAN | LEKGLDGAKKAVGGLGKLGKDA | 0.823 |

Aktibitate antimikrobiarra izateko probabilitate handieneko bi peptidoak *de novo* sintetizatu ziren, oinarri solidoko peptido anitzen sistema erabilita. Ondoren, peptido hauen aktibitate antimikrobiarra neurtu egin zen begitako patogenoak diren lau bakterio mota erabiliz: *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) eta *Escherichia coli* (ATCC 25922) gram-negatiboak, eta *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) eta *Listeria monocytogenes* (ATCC 19115) gram-positiboak. Horretarako, zelula hauek koloniak eratzeko ahalmena (hazteko ahalmena, alegia) neurtu egin zen peptido horien presentzian. Kontrol bezala identifikatutako peptidoen artean zegoen WLQEGGQECECKDWFLRAPR (0.253 probabilitatea) peptidoa erabili zen. 3 irudian ikus daitekeen bezala, aukeratutako bi peptidoek oso aktibitate antimikrobiar handia zuten gram-positibo zein negatiboak diren bakterioen aurka.




**3 Irudia. Laborategian sintetizatutako peptidoek begiko patogeno diren lau bakterio mota ezberdinen aurkako aktibitate antimikrobiarra.** (●)Peptido kontrola, WLQEGGQECECKDWFLRAPR, aurreikusitako aktibitate antimikrobiarrik ez duena; (■)LLKKFSLLKPWA (▲)KLLKKFSLLKPWA.

## 4. Ondorioak

Orohar, jarraitutako lan-fluxua gure helburuak lortzeko baliogarria izan dela ondoriozta daiteke. Batetik, giza-malko basaletan dauden 234 peptido identifikatu ziren, gaurdaino ezagutzen zen katalogoa modu nabarian handituz. Bestetik, tresna bioinformatikoen bidez, peptidoek izan zezaketen aktibitate antimikrobiarra aurreikusi zen. Ondoren, hauetariko bi peptidoren aktibitatea esperimentalki frogatu zen, estrategiaren baliogarritasuna frogatuz.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Esan bezala, aktibitate antimikrobiarra duten peptidoak antibiotikoen garapenerako garrantzi handiko ereduak izan daitezke eta, hortaz, lan honetan aurkeztutako lan-fluxuak eta emaitzek zentzu honetan lagundu dezakete, peptido interesgarrien identifikazioa ahalbidetzen baitute. Erabilitako prozedura beste edozein jariakin edo lagin biologikorekin jarraitu daiteke, eta bestelako funtzioak izan ditzaketen peptidoak identifikatzeko eta karakterizatzeko baliogarria gerta daiteke, zaurien sendaketan zein estimulo kimotaktikoen garapenean parte hartzen duten peptidoak kasu.

## 6. Erreferentziak

(1) Donald RK, Jennifer C, Michael D, Jean-Pierre G, George S, Alan T. The Tear Film; Butterworth-Heinemann: Oxford, 2002. p. 51–81.
(2) Fleiszig, S. M., McNamara, N. A., and Evans, D. J. (2002) The tear film and defense against infection. *Advances in experimental medicine and biology* 506, 523-530
(3) Zasloff, M. (2007) Antimicrobial peptides, innate immunity, and the normally sterile urinary tract. Journal of the American Society of Nephrology : JASN 18, 2810-2816
(4) Peschel, A., and Sahl, H. G. (2006) The co-evolution of host cationic antimicrobial peptides and microbial resistance. Nature reviews. Microbiology 4, 529-536
(5) McDermott, A. M. (2013) Antimicrobial compounds in tears. Experimental eye research 117, 53-61
(6) Cottrell JS. Protein identification using MS/MS data. J Proteomics. 2011 Sep 6;74(10):1842-51
(7) Sasaki, K., Osaki, T., and Minamino, N. (2013) Large-scale identification of endogenous secretory peptides using electron transfer dissociation mass spectrometry. *Molecular & cellular proteomics : MCP* 12, 700-709
(8) Shen, Y., Tolic, N., Xie, F., Zhao, R., Purvine, S. O., Schepmoes, A. A., Moore, R. J., Anderson, G. A., and Smith, R. D. (2011) Effectiveness of CID, HCD, and ETD with FT MS/MS for degradomic-peptidomic analysis: comparison of peptide identification methods. Journal of proteome research 10, 3929-3943
(9) de Souza, G. A., Godoy, L. M., and Mann, M. (2006) Identification of 491 proteins in the tear fluid proteome reveals a large number of proteases and protease inhibitors. Genome biology 7, R72.
(10) Zhou, L., Zhao, S. Z., Koh, S. K., Chen, L., Vaz, C., Tanavde, V., Li, X. R., and Beuerman, R. W. (2012) In-depth analysis of the human tear proteome. Journal of proteomics 75, 3877-3885
(11) Hayakawa, E., Landuyt, B., Baggerman, G., Cuyvers, R., Lavigne, R., Luyten, W., and Schoofs, L. (2013) Peptidomic analysis of human reflex tear fluid. Peptides 42, 63-69
(12) Thomas, S., Karnik, S., Barai, R. S., Jayaraman, V. K., and Idicula-Thomas, S. (2010) CAMP: a useful resource for research on antimicrobial peptides. Nucleic acids research 38, D774-780.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Lan hau burutzeko ondoko erakundeen laguntza jaso dugu: Eusko Jaurlaritza, Bizkaiko Foru Aldundia, ProteoRed-ISCIII eta CIBER*ehd*.

# Terapia genikoaren erabilera lehen motako hperoxaluria primarioa (PH1) tratatzeko

Zabaleta N (1), Salas D (1), López J (1), Salido E (2), González-Aseguinolaza G (1)
*Centro de Investigación Médica Aplicada (CIMA), Programa de Terapia génica y Regulación de la expresión génica, Universidad de Navarra, Iruña, Espainia (1), Hospital Universitario de Canarias, Departamento de Patología, Universidad de La Laguna, Tenerife, Espainia (2).*
*nzabaleta@alumni.unav.es*

### *Laburpena*

Lehen motako Hiperoxaluria Primarioa (PH1) oinarri genetikoa duen gaixotasun arraro bat da. PH1 gaixoek AGXT izeneko genean mutazioak dituzte, eta ondorioz, gibelean alanina-glioxilato aminotransferasa (AGT) izeneko entzima falta zaie. Gabezia honen ondorioz oxalato izeneko metabolito bat kontrolik gabe ekoizten da eta ehunetan metatzen denean minak eragiten ditu, batez ere giltzurrunetan. Terapia genikoan erabiltzen diren birusen bitartez gaixo hauek gibeleko entzimaren aktibitatea berreskura lezakete. Lan honetan terapia genikoaren efikazia ikertzeko erabilgarria den animali eredu bat sortu dugu.

Hitz gakoak: hiperoxaluria, L-hidroxiprolina, *Macaca fascicularis*, birus adenoasoziatuak

### *Abstract*

*Primary Hyperoxaluria type I (PH1) is a rare disease that has a genetic origin. Patients with PH1 show mutations in AGXT gene, and therefore, they lack of alanine-glyoxilate aminotransferase (AGT) enzyme in the liver. The absence of the enzyme causes the overproduction of a metabolite called oxalate, which is accumulated in the tissues and causes injury, mainly in the kidneys. The activity of the enzyme could be restored using viral vectors in gene therapy strategies. In this work, we had developed an animal model for the study of the efficacy of gene therapy.*

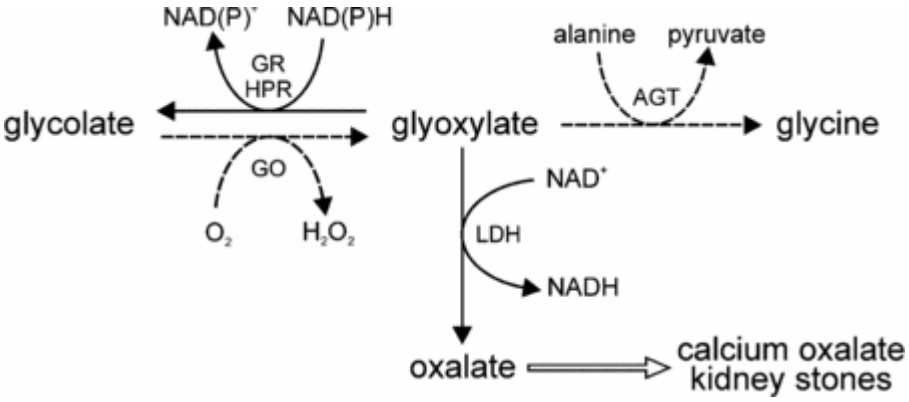
*Keywords: hyperoxaluria, L-hydroxyproline, Macaca fascicularis, adenoassociated viruses*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Lehen motako Hiperoxaluria Primarioa (ingelesez *Primary Hyperoxaluria type* I edo PH1) gaixotasun arraro kontsideratzen da populazioan dagoen gaixo urritasuna dela eta: gutxi gorabehera milioi bat biztanleko 1-3 pertsonek jasaten dute. Gainera, herentzia genetikoz transmititzen den gaixotasuna da, konkretuki gaixotasun autosomiko errezesiboa. PH1 gaixoek alanina-glioxilato aminotransferasa (AGT) izeneko entzimaren ekoizpenean arazoak dituzte AGXT geneko mutazio ezberdinak direla eta (Hoppe et al, 2009). AGT entzimak glioxilatoa erabiltzen du gibelean glizina aminoazidoa sortu ahal izateko eta bere funtzioak betetzen ez dituenean glioxilatotik glikolatoa eta oxalatoa ekoizten dira (1.irudia).

**1. irudia. Glioxilatoaren katabolismoa (Behman et al, 2006)**

**2.**




PH1 gaixotasuna haurtzaroan eta gaztaroan diagnostikatzen da kasu gehienetan, giltzurrunean agertzen diren minen ondorioz. Gaixoek urolitiasia (harrien presentzia giltzurrunetan), nefrokaltzinosia (oxalato kaltziko deposituen agerpena giltzurrunetan) eta giltzurruneko gutxiegitasun kronikoa garatzen dute urte gutxitan gaixotasuna agertu ondotik. Sintoma hauek guztiak oxalatoari dagozkio: AGT entzimaren faltaren ondorioz oxalato kopuru handiak sortzen dira gibelean eta hauek giltzurrunaren bidez kanporatzen dira gorputzetik. Oxalato kopurua handiegi denean, giltzurruneko tubuluetan hauspeatu egiten da eta oxalato kaltziko bilakatzen da, zein giltzurrunetan pilatzen den kaltea eraginez (Hoppe et al, 2009).

Oxalatoa ezin da modu egokian kanporatu giltzurreneko gutxiegitasuna garatzen denean eta odol zirkulazioan bere kontzentrazioa areagotzen da. Ondoren, oxalatoa beste organo batzuetan depositatzen da, mina eraginez. Adibidez, erretina, bihotza eta odol hodiak, azala, hezurrak eta sistema nerbioso zentrala dira organo eraginenak (Hoppe et al, 2009). Tratamendurik eman ezean gaixoak heriotzara hel daitezke gaixotasunari dagokiola eta.

Gaur egun, PH1 gaixotasunaren tratamendu sendagarri bakarra gibelaren transplantea da; gainera askotan giltzurrun transplantea ere beharrezko izaten da giltzurruneko gutxiegitasun kronikoaren ondorioz. Hala eta guztiz ere, transplanteak arazoa asko dakar: emaile urritasuna, immunosupresio tratamendu bizi guztirako eta hilkortasun handia (Lorenzo et al, 2014).

Gene transferentzia somatikoak zenbait abantaila suposatu ditzake PH1 gaixotasuna tratatzeko. Gaixoen gibelean arazo bakarra glioxilatoaren detoxifikazioa da eta hori zuzenduz gero giltzurrunak ez lirateke minduko. Terapia genikoaren bitartez AGXT gene funtzionala eraman liteke gibel gaixoetara eta nahiko hepatozitotara iritsiz gero oxalato ekoizpena murriztuko litzateke, gaixoaren sintomekin batera.

Terapia genikoan erabiltzen den bektore biraletako batzuk birus adenoasoziatu errekonbinanteak dira (ingelesez *recombinant adeno-associated virus* edo rAAV). Birus hauek hari bakarreko DNA duten AAV birusen manipulazio genetikotik heldu dira. AAV birusak dependobirus generokoak dira eta Parvoviridae familiaren barne daude. *Wild type* (WT) birusek ezin dute beraien kabuz erreplikatu, beste birus baten koinfekzioaren beharra dute, adibidez adenobirusa (Wu et al, 2006). Beraien erabilerak zenbait abantaila suposatzen ditu terapia genikorako. Lehenik, AAV birusek ez dute gaixotasunik sortzen pertsonengan, beraz beste birus errekonbinante batzuk baino seguruagoak izan litezke. Bestalde, laborategiko animalia modelotan ikusi da rAAVa gai dela geneak denbora luzez ekoizteko, beraz pazienteetan ez litzateke rAAV dosi asko eman beharrik. Azkenik, AAV birusetan 10 serotipo ezberdin aurkitu dira urteetan zehar eta serotipo horietako batzuk gibelarekiko preferentzia dute (gibelarekiko tropismoa), beraz gibela infektatzen dute beste organo batzuek baino lehen. Gibelarekiko

tropismoa duten birusen artean AAV5 eta AAV8 serotipoak dauzkagu, eta PH1 gaixoen tratamendurako baliagarriak izan daitezke.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

### 2.1 Arloko egoera

PH1 sagu modelo bat sortu da gaixotasuna ikertu ahal izateko. Sagu hauek *knock out* (KO) dira AGXT generako, gaixoek bezala ez dute AGT proteina funtzionalik eta antzeko sintomatologia garatzen dute: oxalato sintesi eta gernuan kanporatze handiagoa, urolitiasia, nefrokaltzinosia eta giltzurruneko gutxiegitasuna. Salido-ren (2011) artikuluan azaltzen den bezala, sagu hauek rAAV5-hAGXT birusaren (giza AGT proteina ekoizten duen 5 serotipoko birusa) dosi desberdinekin tratatu ziren. Autoreek ikusi zuten bi hilabetetan zehar saguen oxaluria (oxalatu presentzia gernuan) jaitsi egiten zela, beraz, birusaren efektua positiboa da. Gainera, saguen gibeletan AGT entzimaren aktibitatea berresuratzea lortu zuten animalia gaixoetan. Esperimentu hauek frogatzen dute AAV5 birusa hepatozito askotara iritsi daitekeela eta PH1 gaixoentzat etorkizun handiko tratamendu bat izan daitekeela.

### 2.2 Ikerketaren helburuak

- AAV5-AGXT birusaren produkzioa eta karakterizazioa: birusaren funtzionalitatea aztertu beharra da.
- Birusaren denbora luzeko efikaziaren analisia KO sagu modeloan, non *Macaca fascularis* primateetan erabiliko den dosia determinatuko den.
- Segurtasun, tolerantzia maila eta efikazia ikerketa *Macaca fasciluris* primateetan.

## 3. Ikerketaren muina

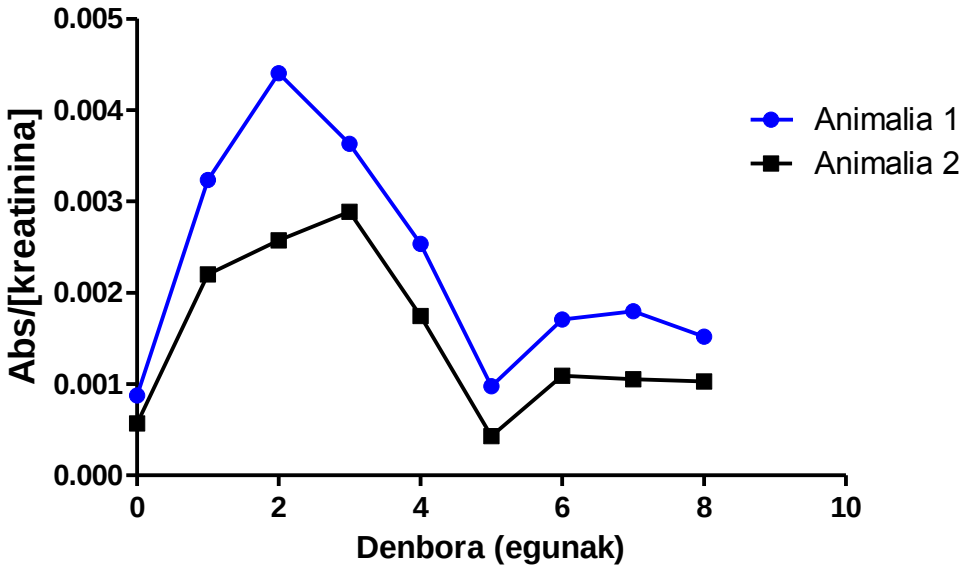
Artikulu honetan hirugarren helburuari dagokion ikerlana azalduko dugu: *Macaca fascicularis* espeziean egindako ikerketa.

Esan bezala, rAAV5-hAGXT birusaren segurtasuna eta efikazia frogatu nahi dira, etorkizunean PH1 gaixoei tratatu ahal izateko. Horretarako, oso garrantzitsua da filogenetikoki gizakiarengatik gertu dagoen espezie batean birusaren eragina aztertzea, eta guk *Macaca fascicularis* primate espeziea erabili dugu.

Birusaren segurtasuna frogatzeko toxikotasun frogak egin beharra dira infektatutako animalietan. Arazoa birusaren efikazia frogatzea da, AGXT genearentzako KO diren makakoak ezin direlako sortu. Bestalde, hiperoxaluria eragin dezakegu oxalatoaren aintzindari metaboliko bat animaliei administratuz gero, adibidez L-hidroxiprolina (HP). WT saguetan frogatua dago HParen ahozko administrazioak oxalato kopurua areagotzen duela gernuan eta administrazio askoren ondoren giltzurrunetan mina aurkitu daiteke du (Knight J et al, 2012). Beraz, makakoei HP administratzea hautatu genuen.

Konkretuki, gure ikerlanean oxalato igoera iragankorra lortu nahi dugu, beraz 2 makakori HPa eman diegu (beraien pisuaren %1) ahozko administrazio bidez hiru egunetan zehar (dosi bat eguneko). Animalien gernua bildu da (3 orduko gernua) eta oxalato presentzia aztertu da.

**2. irudia. Oxalato analisia bi makakoen gernuetan esperimentuan zehar. Oxalato determinazio frogak ematen duen absorbantzia gernuko kreatinina kontzentrazioarekin normalizatua irudikatu da denboran zehar.**

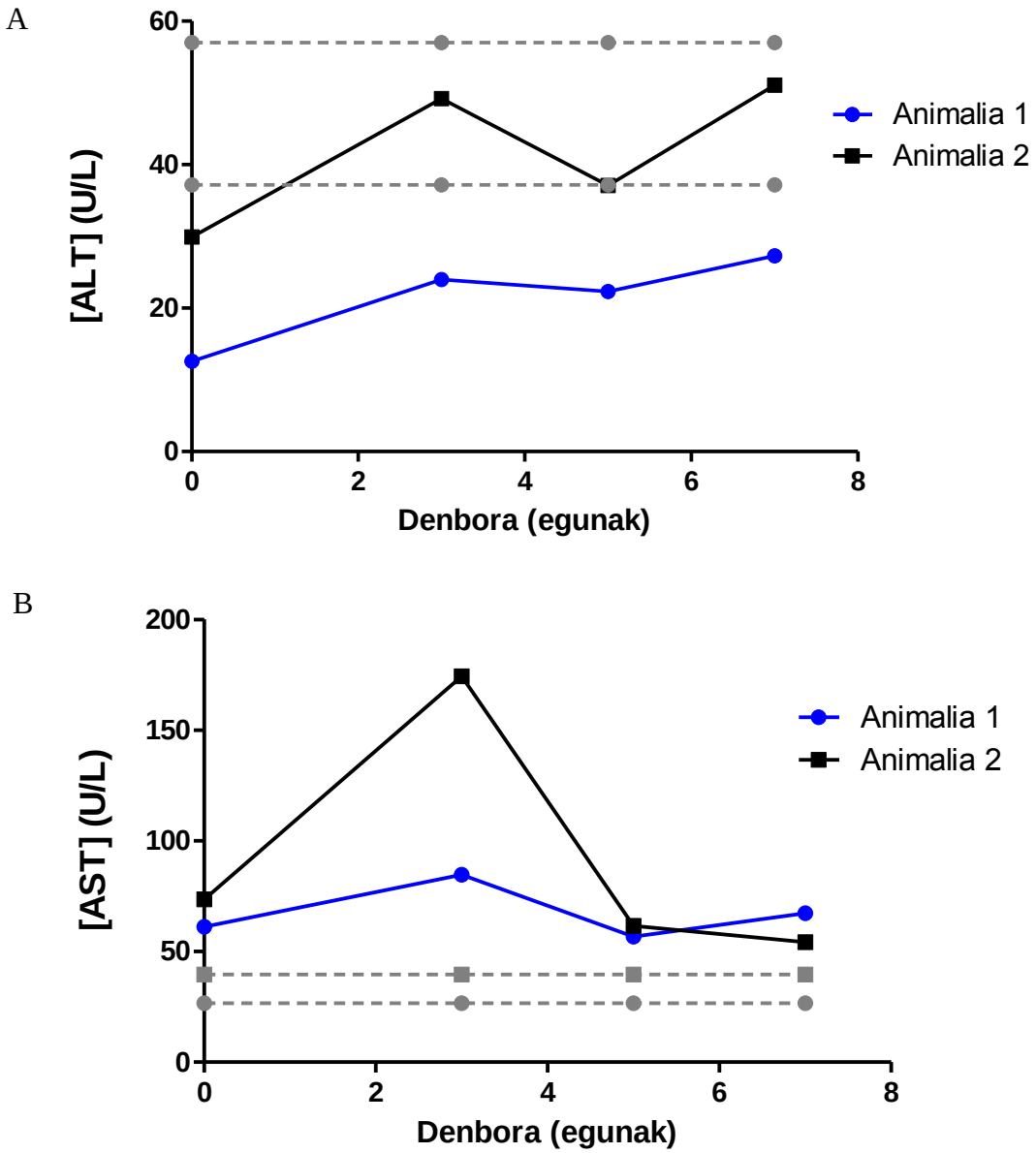



Bigarren irudian ikus daiteke nola aldatzen den bi makakoen oxalato kopurua denboran zehar. HP administratu ondoren (0 eguna) oxalato kopuru igoera nabaria ikusi genuen eta mantendu egin zen azken administrazioa eman arte. Ondoren jaitsiera nabaria ematen da balio normalak berreskuratu arte.

Bestalde, animalien sueroa lortu dugu esperimentuan zehar eta hainbat analisi biokimikoren ondoren aurkitu dugun gauza bakarra transaminasetan igoera txikia da. Hirugarren irudian azaltzen den bezala, alanina-transaminasa (ALT) eta aspartato-transaminasa (AST) parametroen igoera ematen da HPa administratu zaien animalietan. ALTa esperimentuan zehar igotzen doa eta ASTak piko bat egiten du hirugarren egunean. Emaitza hauek espera genitzakeen, transaminasak gibelaren aktibitatea aztertzeko erabiltzen dira eta posible da HP guztia metabolizatzean gibelak sufritu izana.

Gainontzekoz, animaliek ez dute konplikaziorik eduki eta egoera normalera itzuli dira.

**3. irudia. Sueroko alanina-transamina (A) eta aspartato-transaminasa (B) mailen kuantifikazioa denboran zehar.**




## 4. Ondorioak

Aurkeztutako lanetik hainbat ondorio atera daitezke. Lehenik, L-hidroxiprolinaren administrazioak hiperoxaluria sortzen duela makako arruntetan. Bestetik, makakoaren %1eko pisuari dagokion HP administrazioak denbora laburrean ez diola animaliari kalterik egiten, transminasen igoera labur bat izan ezik. Azkenik, esperimentu honetan hiperoxaluria modelo bat sortu dugu *Macaca fascicularis* espeziean, zein rAAV5-hAGTX bektorearen efikazia ikasteko erabiliko den.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunean rAAV5-hAGXT birusa sortuko dugu eta bere infektatzeko gaitasuna eta efikazia aztertuko ditugu KO sagu modeloan. Ondoren, birusa *Macaca fascicularis* espeziean frogatuko dugu, non toxikotasuna aztertuko dugun. Makakoetan efikazia aztertzeko birusa

administratu ondoren hiperoxaluria eragingo diegu animaliei L-hidroxiprolina emanez. Birusa funtzionatzen ari bada, oxaluria pikoa baxuagoa izatea espero dugu.

## 6. Erreferentziak

Behnam J.T., Williams E.L., Brink S., Rumsby G. eta Danpure C.J. (2006): Reconstruction of human hepatocyte glyoxylate metabolic pathways in stably transformed Chinese-hamster ovary cells, *Biochem. J*., 394: 409–416.

Hoppe B., Beck B.B. eta Milliner D.S. (2009): The primary hyperoxalurias, *Kidney International*, 75: 1264–1271.

Lorenzo V., Torres A. eta Salido E. (2014). Primary hyperoxaluria, *Nefrologia*, 34: 398-412.

Knight J., Holmes R.P., Cramer S.D., Takayama T. eta Salido E. (2012): Hydroxyproline metabolism in mouse models of primary hyperoxaluria, *Am J Physiol Renal Physiol.*, 302: 688-693.

Salido E., Rodriguez-Pena M., Santana A., Beattie S.G., Petry H. eta Torres A. (2011): Phenotypic Correction of a Mouse Model for Primary Hyperoxaluria With Adeno-associated Virus Gene Transfer, *The American Society of Gene & Cell Therapy*, 5: 870–875.

Wu Z., Asokan A., and Samulski R.J. (2006): Adeno-associated Virus Serotypes: Vector Toolkit for Human Gene Therapy, *Molecular therapy*, 14: 316- 327.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrak eman nahi dizkiet lan honetan parte hartu duten autore guziei beraien lanagatik. Bestalde, *The Oxalosis & Hyperoxaluria Foundation* fundazioari proiektua finantzatzeagatik.

# Toll-like hartzaileen bidezidorraren adierazpen analisia eritasun zeliakoan

Romero-Garmendia I.[1], Fernandez-Jimenez N.[1], Plaza-Izurieta L.[1], Jauregi-Miguel A[1]. eta Bilbao J.R[1].

[1]*Immunogenetika laborategia, Genetika, Antropologia Fisikoa eta Animali Fisiologia Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa, Euskal Herria, Espainia*
*irati.romero@ehu.eus*

***Laburpena***

Eritasun zeliakoa (CD) glutenaren eraginez genetikoki suszeptibleak diren indibiduoetan ematen den gaixotasun autoimmunea da. Toll-like hartzaileek (TLR) inflamazio autoimmunea emateko beharrezko elementuak aktibatzen dituzte. Ikerketa honetan TLR bidezidorraren adierazpen azterketa egin da eritasun zeliakoan. Gaixotasun aktiboan bidezidorra alteratuta ikusi da, eta bidezidorrean zehar aurkitutako alterazio maila ezberdina dela eta, hau hartzaileetatik ur-behera dagoela iradokitzen da.

Hitz gakoak: Toll-like hartzailea, TLR, eritasun zeliakoa

***Abstract***

*Celiac disease (CD) is an autoimmune disease that develops in genetically susceptible individuals due to ingested gluten. Toll-like receptors (TLR) activate essential components necessary to develop an autoimmune inflammation. In this study the expression of the TLR pathway has been analyzed in celiac disease. Untreated patients showed an altered pattern, and different degrees of alteration among the pathway suggest a probable alteration downstream of the receptors.*

*Keywords: Toll-like receptor, TLR, celiac disease*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Eritasun zeliakoa (CD, MIM: 212750) %1eko maiztasuna duen gaixotasun kroniko eta autoimmunea da, genetikoki suszeptibleak diren indibiduoetan ematen dena gariaren glutenaren eta zekale eta garagarraren beste proteina batzuen intolerantzia dela eta. Heste meharraren endekatzea eragiten du, linfozito intraepitelialen infiltrazioa, kripten hiperplasia eta biloxken atrofia sortuz. Gainera, zenbait autoantigorputzen agerpena ere ematen da, anti-endomisio (EMA) edo anti-transglutaminasa (TGA) antigorputzena esaterako (Green eta Cellier, 2007).

Gaur egun, tratamendu eraginkor bakarra glutenik gabeko dieta (GFD) da, gari, zekale eta garagarraren produktuak dietatik kenduz. Tratamendua betetzen ez bada, beherakoa, inflamazioa, pisu galera, giharren ahultzea etab. eman daitezke.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gaixotasun zeliakoa suszeptibilitate genetikoa duten pertsonek dietako glutenaren proteinekin kontaktua dutenean ematen da. Hesteko proteasek ezin dituzte glutenaren proteinak guztiz endekatu, eta gliadina peptidoak lumenean geratzen dira. Glutenaren peptidoek epitelioa zeharkatzen dute eta transglutaminasak deamidatu egiten ditu HLA-DQ2 eta HLA-DQ8 molekulentzat afinitatea handituz. Horrela, sistema immune adaptatiboan, glutenarekiko espezifikoak diren CD4+ T zelulen proliferazioa estimulatzen da inflamazioa sustatzen duten zitokinak ekoiztuz eta B zelulen hedatzea eraginez. Bestalde, gliadina peptidoek erantzun immune innatoa ere aktibatzen dute *MICA* genearen gainadierazpena induzituz hesteko epitelioan. Linfozito intraepitelialetan, aldiz, MICA-ren hartzailea den NKG2D-ren aktibazioa sustatzen da, zitotoxitate antigeno-espezifikoa bultzatuz (Green eta Cellier, 2007).

Bestetik, Toll-like hartzaileak (TLR) inflamazio autoimmunea emateko beharrezkoak diren immunitate innatoaren eta T zelulen aktibazioren ezinbesteko elementuak dira (Mills, 2011). Hartzaile hauek patogenoak ezagutu eta seinalizazio intrazelularra aktibazen dute sistema immune innatoko zeluletan eta T zeluletan, horrela zitokinen ekoizpena bultzatuz. Hartzaile hauek seinalizazio intrazeluarra aktibatzeko duten gaitasuna ikusirik eta gaixotasun zeliakoaren patogenesian immunitate

innatoak duen garrantzia dela eta, gliadina TLR baten ligando zuzena izan litekeela proposatu da (Palová-Jelínková et al., 2013). Hori dela eta, TLR bidezidorra osatzen duten geneak eritasun zeliakoa pairatzeko kandidatu funtzionaltzat kontsideratu beharko lirateke. Gainera, gliadina TLR baten ligando zuzena dela testatuko balitz, eritasun zeliakoaren zein beste gaixotasun batzuen patogenesiaren ulermenean eragin positiboa emango litzateke. Azterketa hau, eritasun zeliakoan TLR bidezidorra aztertzen duen lehen ikerketa sistematikoa, datozen ikerketetarako funtsezko oinarria da.

Ikerketa honetan TLR bidezidorrean egon daitezken desregulazioak karakterizatu nahi izan dira bidezidorra osatzen duten geneen adierazpen analisi baten bidez.

## 3. Ikerketaren muina

28 gene kandidaturen adierazpena aztertu da 16 gaixo aktiboren biopsietan, glutenik gabeko dieta daramaten 16 pazienteren biopsietan eta zeliakoak ez diren 15 kontrolen biopsietan. Datuak aurretik gure laborategian aztertutako beste 23 geneen emaitzekin bateratu dira guztira 51 gene kandidaturen adierazpen analisia burutuz.

### 3.1 Zenbait zitokinen ekoizpenaren emendatzea

IFN-γ zitokina proinflamatorioa da, erantzun immune innatoko zelulak segituan aktibatzen dituena. Ikerketa honetan zitokina hau adierazgarriki gain-adierazten da gaixotasuna aktibo duten pazienteetan, tratamendua jarraitzen dutenek kontrolek duten adierazpen maila berreskuratzen dutelarik (1. irudia). Beraz, gaixo aktiboetako *IFNG* mRNA maila altua bat dator gaixotasunaren prozesu inflamatorioarekin (Forsberg et al., 2007).

IL-6 zitokina proinflamatorioa ere gain-adierazita ikusi da tratamendua jasotzen ez duten gaixoetan (1. irudia). Toll-like hartzaileek molekula patogenoak ezagutzen dituztenean T zelulek eta makrofagoek interleukina hau kanporatzen dute erantzun immunea estimulatu dadin. Zenbait gaixotasunetan prozesu autoimmune bat garatzen du.

Zitokina proinflamatorioen gain-adierazpena ikusi bada ere, ikerketa honetan anti-inflamatorioa den *IL10* genearen gain-adierazpena ere ikusi da gaixo aktiboetan (1. irudia). Azken hau ezinbestekoa da sistema immunearen erregulazioan. Honek gaixoetan hantura neutralizatzeko saiakera bat adierazi lezake, inflamazioaren aurrean nahikoa indar ez duen saiakera bat (Forsberg et al., 2007).

### 3.2 Kemokinen gainadierazpena

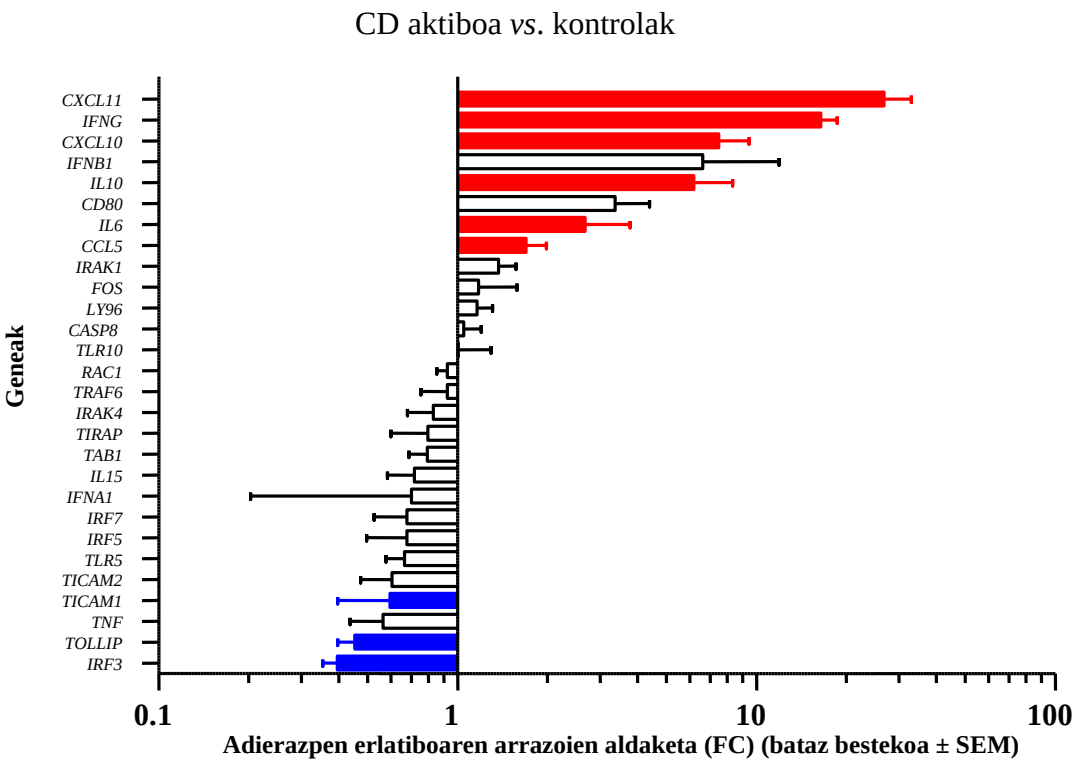
Ikerketa honetan aztertutako kemokinetan (*CXCL11*, *CXCL10*, *CCL5*) gain-adierazpena ikusi da gaixo aktiboetan, tratatutako gaixoetan kontroletan ematen diren adierazpen maila antzekoak lortzen diren bitartean (1. irudia). Honek kemokina hauek gaixotasunean ematen den hantura prozesuan eta sistema immuneko zelulen erakarpenean eragin lezaketela adierazten du.

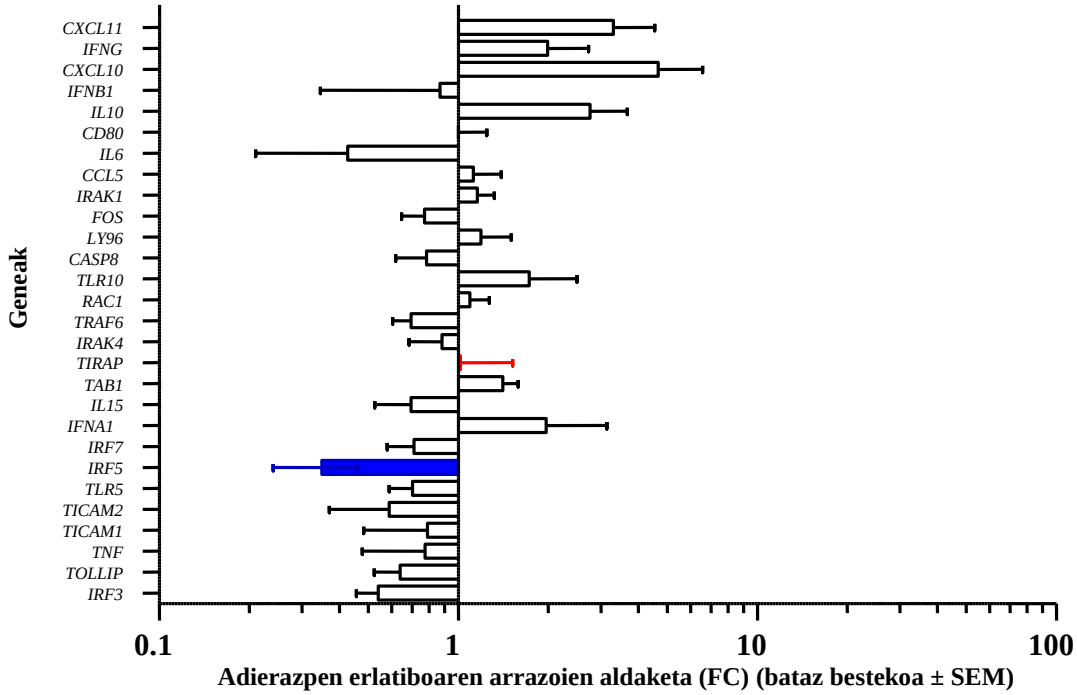
Aurreko ikerketa batzuetan *CXCL11* eta *CXCL10* gain-adierazita topatu ziren eritasun zeliakoan, kemokina hauen ekoizpenaren eta gaixoetan glutenaren kontsumoaren artean erlazio bat konfirmatuz (Bondar et al., 2014). Bestalde, guk dakigula, aurretik ez da CCL5-ren ekarpena aztertu eritasun zeliakoan. Hala ere, proteina hau beste gaixotasun autoimmune batzuekin asoziatu da, bai genetikoki zein funtzionalki (Zhernakova et al., 2006).

### 3.3 Erregulazio negatiboaren alterazioa

TLR bidezidorraren seinalizazioa inhibitzen duen *TOLLIP* genearen adierazpena aztertzean, hau azpi-adierazita ikusi da gaixo aktiboetan (1. irudia). Hau aurreko lan batean ere ikusi zen (Kalliomäki et al., 2012), eritasun zeliakoan tolerantzia galera bat iradokiz.

**1. irudia. 28 gene kandidaturen adierazpen erlatiboa gaixoen biopsietan. Desberdintasun adierazgarriak gorriz (gain-adierazpena) eta urdinez (azpi-adierazpena)**



### 3.4 Alterazio maila ezberdinak hartzaile, bidezidor muina eta proteina koestimulatzaileak, zitokinak eta interferoiak kodetzen dituzten geneetan

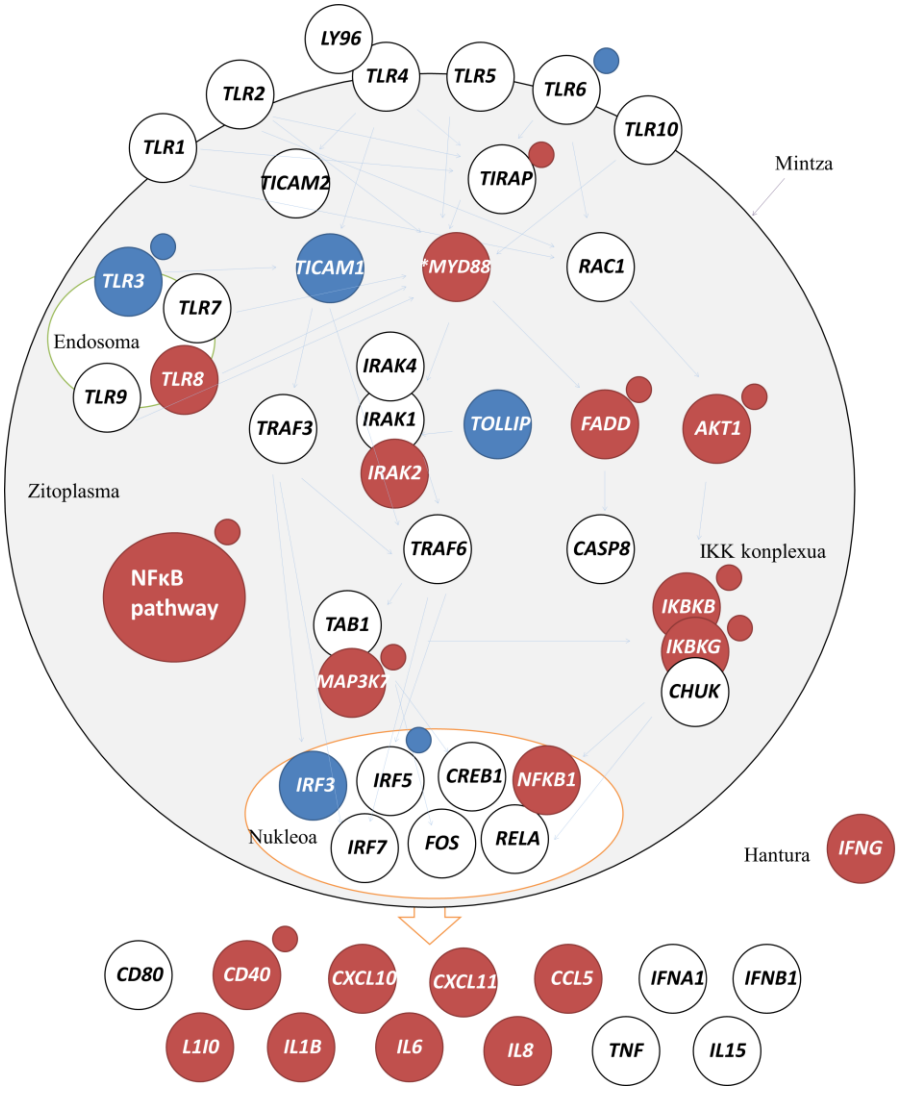
TLR bidezidorra osotasunean aztertzeko helburuaz 28 geneen datuak aurretik aztertutako 23 geneenekin bateratzean, alterazio maila desberdinak ikusi dira hartzaileen, bidezidor muinaren, eta proteina koestimulatzaileak, zitokinak eta interferoiak kodetzen dituzten geneen artean (2. irudia), hartzaileetatik ur-behera alterazio posible bat erakutsiz. Hala ere, jakina da erantzun immune innatoak ez duela epe luzerako eraginik, erantzun adaptatiboa da epe luzera eragiten duena eta baliteke ikusitako alterazioetan bidezidor innatoaz gain bidezidor adaptatiboaren eragina egotea.

### 3.5 Alterazioak TLR intrazelularretan

Aztertutako 10 Toll-like hartzaileetatik bik (TLR3 eta TLR8), biak hartzaile intrazelularrak, adierazpen mailan alterazio adierazgarriak aurkeztu dituzte gaixo aktiboetan (2. irudia). Beraz, azterketa honetan adierazgarriki alteratuta agertu diren TLR bakarrak intrazelularrak izan dira, nukleotidoak ezagutzeko arduradunak.

TLR3 hartzaileak kate bikoitzeko RNA birala (dsRNA) du ligandotzat, TLR8 hartzaileak, aldiz, kate bakarreko RNA birala (ssRNA). Bestalde, eritasun zeliakoa pairatzen duten pazienteetan birusen osagai baten antzekoa den peptido baten aurkako antigorputzak aurkitu dira. Gainera, gliadinaren sekuentziak digestio aparatuko adenobirus batekin homologia izan lezakeela ere proposatu da (Moossavi, 2014). Hala ere, gutxi dakigu TLR3 eta TLR8 hartzaileek gaixotasunean izan dezaketen eraginaz.

**2. irudia. Zelula baten errepresentazioa aztertutako geneek kodetzen dituzten proteinen kokapenaren arabera antolatuta. Gorriz gain-adieraziak eta urdinez azpi-adieraziak. Zirkulutxoa duten geneak konstitutiboki alteratuta daude**



## 4. Ondorioak

Zenbait geneetan ikusitako alterazio adierazgarriek eritasun zeliakoan ematen den hantura prozesua baieztatzen dute, eta TLR bidezidor alteratu bat iradokitzen dute gaixoetan. Gainera, hartzaileen, bidezidor muinaren, eta proteina koestimulatzaileak, zitokinak eta interferoiak kodetzen dituzten geneen artean aztertutako alterazio maila desberdinak, hartzaileetatik urbeherako alterazio posible bat erakutsi lezake. Hala ere, proteina mailako analisiak burutzea ezinbesteko lana da kokapen mailan gertatutako alterazioak ulertu ahal izateko.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Zelula kulturak eta inhibitzaileak erabiliz *in vitro* azterketak egin TLR hartzaileren bat gliadinaren hartzaile zuzena den ikertzeko.

Gliadinak epe laburrean TLR bidezidorrean duen eraginaren azterketa gliadinarekin inkubatutako kulturetan.

Gliadinaren eraginaren azterketa enterozitoen erantzun immune innatoan.

## 6. Erreferentziak

Bondar, C., et al. (2014), Role of CXCR3/CXCL10 Axis in immune Cell Recruitment into the Small Intestine in Celiac Disease, *PloS one*, 9(2), 89068.

Forsberg, G., et al. (2007), Concomitant increase of IL-10 and pro-inflammatory cytokines in intraepithelial lymphocyte subsets in celiac disease, *International immunology*, 19(8), 993-1001.

Green, P.H.R. eta Cellier, C (2007), Celiac disease, *N. Engl. J. Med.*, 357, 1731-43.

Kalliomäki, M., et al. (2012), Expression of microbiota, Toll-like receptors, and their regulators in the small intestinal mucosa in celiac disease, *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 54(6), 727-732.

Mills, K.H. (2011), TLR-dependent T cell activation in autoimmunity, *Nature Reviews Immunology*, 11(12), 807-822.

Moosavi, S. (2014), Gliadin i san uncatalogued Toll-like receptor ligand, *Journal of Medical Hypotheses and Ideas*, 8(1), 44-47.

Palová-Jelínková, L., et al. (2013), Pepsin Digest of Wheat Gliadin Fraction Increases Production of IL-1β via TLR4/MyD88/TRIF/MAPK/NF-κB Signaling Pathway and an NLRP3 Inflammasome Activation, *PloS one*, 8(4), e62426.

Zhernakova, A., et al. (2006), Genetic variants of RANTES are assoiated with serum RANTES level and protection of type 1 diabetes, *Genes and immunity*, 7(7), 544-549.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Ikerketa hau ISCIII (PI10/310) ikerketa proiektuaren bitartez finantzatu zen.
- Lan hau Biologia Molekularra eta Biomedikuntza Unibertsitate Masterreko “Expression analysis of Toll-like receptor pathway in celiac disease” master amaierako lanetik eratorria da.
- Egileek SGIkerrek (UPV/EHU, MICINN, GV/EJ, EGEF eta EGIF) emandako laguntza teknikoa eta gizatiarra eskertzen dute.

# Euskal Autonomia Erkidegoko zeliakoen elikadura-azturak

Larretxi I, Miranda J, Bustamante MA, Lasa A, Simón E, Txurruka I.
*Gluten Analisirako Laborategia. Farmazia eta Elikagaien Zientziak Departamentua. Farmazia Fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV/EHU.*
*ilarretxi@hotmail.com*

### *Laburpena*

Zeliakiari aurre egiteko dagoen tratamendu bakarra bizitza osoan glutenik gabeko elikadura hartzea da, glutenik ez izateaz gain orekatua izan behar duena. Beraz, zeliakoen ongizatea, bizi-kalitatea eta osasuna elikaduraren mende daude zuzenean. Lan honen helburua izan da EAEko zeliako helduen elikadura-azturak aztertzea. Batetik, dietak proteina, gantza eta kolesterol gehiegi eta karbohidrato eta zuntz gutxiegi biltzen zituen, desorekatua zela ondorioztatuz. Bestetik, elikagai taldeen kontsumoaren banaketa ezegokia zela behatu zen. Populazio orokorrarekin konparatzean dietaren nutriente banaketa antzerakoa izan bazen ere, nutrienteen elikadura-iturriak ezberdinak ziren. Beraz, zeliakoentzako elikadura-jarraibide espezifikoak garatu behar dira.

Hitz gakoak: zeliakia, glutena, glutenik gabeko dieta, nutriente, dieta orekatua, elikadura-ohitura

### *Abstract*

*The only effective treatment for celiac disease is a strict gluten-free diet for the whole life, which must be not only gluten-free but also nutritionally balanced. Thus, quality of life and health of celiac people depends directly on diet. The aim of the present work was to study the food habits of celiac adults from Basque Country. Diet was unbalanced due to a very low carbohydrate and fiber consumption and an excessive protein, fat and cholesterol intake. Moreover, the consumed amounts of different food groups were also inadequate. Although nutrient distribution of the diet was similar to that of general population, the food source of these nutrients was different. Thus, specific nutritional education needs to be provided to celiac people.*

*Keywords: celiac disease, gluten, gluten-free diet, nutrient, balanced diet, food-habit*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Zeliakia glutenarekiko intolerantzia jarria da. Glutena prolaminen taldeko proteinek osatzen dute. Zerealetan dauden eta biltegi funtzioa duten proteinen taldeak hartzen duen izena da glutena. Zeliakian prolamina toxikoak *Triticeae* zerealen familiakoak dira, eta garian (gliadinak), garagarrean (hordeinak), zekalean (sekalinak), tritikalean, kamutean eta espeltan daude. Oloan dauden prolaminen (aveninen) toxikotasuna kolokan jarri da azken urteetan. Nolanahi ere, ohikoa da glutenarekiko sentikortasuna aipatzea, eta ez prolaminekikoa.

Intolerantzia hori dutenek ezin dute hartu glutena duen elikagairik (osagai hori oso urria bada ere), erreakzio immunologiko bat eragingo baitie hesteetan. Proteina horrek hantura kronikoa eta heste meharreko biloen lesioa eragiten ditu; horren ondorioz, nutrienteen (poteina, gantz, karbohidrato, mineral eta bitaminen) xurgapena muga dezake, kasu batzuetan desoreka nutrizionala eraginez (Arranz et al., 2013; Briani et al., 2008; Mamone et al., 2011). Gaixotasunaren sintoma ohikoenak beherakoa, malnutrizioa, sabel-distentsioa, elikagaien ukoa, anemia, osteoporosia eta, umeetan, hazkuntza-atzerapena dira.

Gaur egun, gaixotasunari aurre egiteko dagoen tratamendu bakarra bizitza osoan glutenik gabeko elikadura hartzea da. Glutenik gabeko dieta zorrotz bat eginda, bi asteetan aipatutako gaixotasunaren sintomak desagertu egiten dira, 6-12 hilabeteetan serologia normaltzen da eta bi urteetan hesteen egitura arrunta berreskuratzen dute zeliakoek (Haines et al., 2008). Beraz, zeliakoen ongizatea, bizi-kalitatea eta osasuna elikaduraren mende daude zuzenean.

Pertsona zeliakoak glutena duten zerealak eta horien eratorriak baztertu behar ditu dietatik. Elikagai batzuk erraz identifikatzen dira: hala nola, irina, pasta, opilak, pastelak eta horien eratorriak, eta abar. Beste batzuk, ordea, elikagaiaren osagai direnez, ez dira elikagaitzat ezagutzen eta antzemateko zailagoak izaten dira. Talde horretan fekulak, malta, semolak, gehigarri loditzaileak, eta abar daude (Bustamante et al., 2013). Hori dela eta, zeliakoaren dieta askotan elikagai freskoek bakarrik osatzen dute: hala nola, esneak, arrainak, haragiak, frutak, barazki eta ortuariek, lekaleek eta gluten gabeko zerealek (arroza, artoa, artatxikia eta basartoa) (Lasa et al., 2014). Hala ere, badira glutenik gabeko produktu dietetiko espezifikoak pertsona hauek zerealen taldeko elikagai eskaintza zabalagoa izan dezaten.

Historikoki, zeliakoen dieta ebaluatzeko glutenari bakarrik erreparatu izan zaio, dietan glutenik ager ez zedin. Hala ere, pertsona hauek glutenik gabeko dietaz gain dieta orekatua eraman behar dute, makronutriente eta mikronutriente beharrizanak aseko eta nutrizio-egoera hobezina bermatuko diena. Glutenik gabeko dietak dieta orekatuaren gomendioak betetzea eragozten du. Izan ere, glutena zerealen osagaia da, dietako funtsezko elikagai taldea dena, dieta orekatuaren oinarria hain zuzen ere. Glutenaren ingestioa ekiditeko zerealen kontsumoa eta haiek kutsatuta egon daitezkeen elikagaien kontsumoa gehiegi murrizteak karbohidrato eta zuntz gutxiegi eta, ondorioz, gantz eta proteina gehiegi kontsumitzea ekartzen du. Adituek aditzera eman dutenez, zeliakoen %20-38k nutrizio-gabeziak ohi ditu (Kinsey et al., 2008; Saturni et al., 2010), glutenik gabeko dietek zuntz eduki gutxi eta gantz eta azukre asko dituztelako batez ere (Kupper, 2005; Wild et al., 2010). Gure ikertaldeak glutenik gabeko elikagaiak eta haien glutendun baliokideak konparatu ditu (Miranda et al., 2014), elikagaiok kilokaloria, makronutriente (lipido, proteina, karbohidrato), zuntz eta kolesterol eduki ezberdina dutela ondorioztatuz. Horrez gain, zeliakoen dietako elikagai taldeen anoa banaketa ez da populazio orokorraren berdina, kolektibo honetarako jarraibide espezifikoak proposatu behar direla iradokitzen duena (American Dietetic Association, 2009; Hopman et al., 2006; Thompson et al., 2005).

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Espainian gaixotasun zeliakoaren prebalentzia %1 da, emakumeen aldeko 2:1eko erlazioan. Baina, hala ere, zeliakoen %75 diagnostikatu gabe dago oraindik (Fasano et al., 2003). Euskal Autonomia Erkidegoari (EAEri) dagokionez, gaur egun jotzen da 4.000 lagun baino gehiago daudela diagnostikatuta. Dena dela, espero izatekoa da 20.000 bat pertsonak garatuko dutela patologia hori.

Lan honen helburu orokorra izan da EAEko zeliakoen elikadura-azturak aztertzea, glutenik gabeko dieta jarraitzen zuten zeliako helduen elikadura-eredua ebaluatzea hain zuzen ere. Alde batetik, makronutriente eta mikronutrienteen ingestioari erreparatuz dieta orekatua eta osasuntsua lortzen ote duten zehaztu nahi izan da. Bestetik, taldearen elikadura-ohiturak ezagutzea.

## 3. Ikerketaren muina

EAEko hiru probintzietako (Araba, Bizkaia eta Gipuzkoako) zeliako boluntarioekin egin zen azterketa. Parte-hartzaileak Euskadiko Zeliakoen Elkartearekin (EZErekin) lankidetzan bildu ziren. Guztira, 58 gizon-emakume zeliako helduk hartu zuten parte (12 gizon eta 46 emakumek), 19-71 urte bitartekoak (batez bestekoa ± desbiderapen estandarra: 37 ± 12 emakumeetan, 49 ± 16 gizonetan). Baztertze irizpideak honakoak izan ziren: gaixotasun kardiobaskularra, diabetea, haurdunaldia, kolesterol eta triglizerido mailak 300mg/dL baino handiagoak izatea eta odol-presioa 140/90mmHg baino altuagoa izatea. Historia dietetikoa egin zitzaien: 24 orduko hiru oroigarri -bi astegun eta jaiegun bat- eta elikagaien kontsumo-maiztasunari buruzko galdera sorta. Elikagai anoak eta kantitateak argazki bitartez doitu ziren (Rusolillo eta Marques, 2008) eta nutrienteen ingestioa nutrizio-programa baten bitartez kalkulatu ziren (AyS, Software, Tandem Innova, Inc ). Lana Euskal Herriko Unibertsitateko Gizakiekin lotutako Ikerketarako Etika Batzordeak onartu zuen (GIEB/76/2011).

Analisi estatistikoa IBM SPSS 19 estatistika programa erabiliz egin zen (IBM Inc., Armonk, NY, USA). Aldagai jarraien emaitzak honela adierazi dira: batez besteko aritmetikoa ± desbiderapen estandarra (DS). Aldagai ez jarraien emaitzak berriz, maiztasun eta portzentajearen bitartez.

Ondorio orokorrak ateratzeko helburuarekin, emaitzak gai honetan eskumena duten erakundeen gomendio dietetikoekin konparatu ziren, hala nola hauenekin: Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) eta Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD). Horrez gain, EAEko edo Espainiako populazio orokorrarentzako bibliografian deskribatutako emaitzekin konparatu ziren: ELIKAko EAEko elikagai kontsumoaren azterketa kuantitatiboko (2007) eta ENIDEko (Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española, 2011) emaitzekin hurrenez hurren.

Jarraian, EAEko zeliakoen ohitura dietetikoen erregistrotik lortutako datuak deskribatzen dira:

## 24 orduko oroigarriak:

Oro har, ikusi dugu aztertutako taldearen energia-ingestioa egokia dela. Dena dela, makronutrienteei dagokienez, karbohidratoen eta zuntzaren ingestioa gomendatutakoa baino txikiagoa da, eta gantzenak, kolesterolarenak eta proteinenak, berriz, gomendioak gainditzen dituzte.

**1. taula. Zeliakoen dietako nutriente banaketa** (batez bestekoa ± DS)

| Zeliakoak | Emakumeak | Gizonak | SENC |
|---|---|---|---|
| **Energia (kcal)** | 2.164 ± 467 | 2.413 ± 856 | |
| **Proteinak (%)** | 17 ±3 | 19 ± 4 | 10 -15% |
| **Karbohidratoak (%)** | 42 ± 7 | 38 ±8 | 50-60% |
| **Gantza (%)** | 41± 6 | 43 ± 6 | 30-35% |
| **Kolesterola (mg)** | 315 ± 131 | 422 ± 139 | <300 mg |
| **Zuntz dietetikoa (g)** | 16,4 ± 5,7 | 19,8 ± 7,0 | 20-25 g |

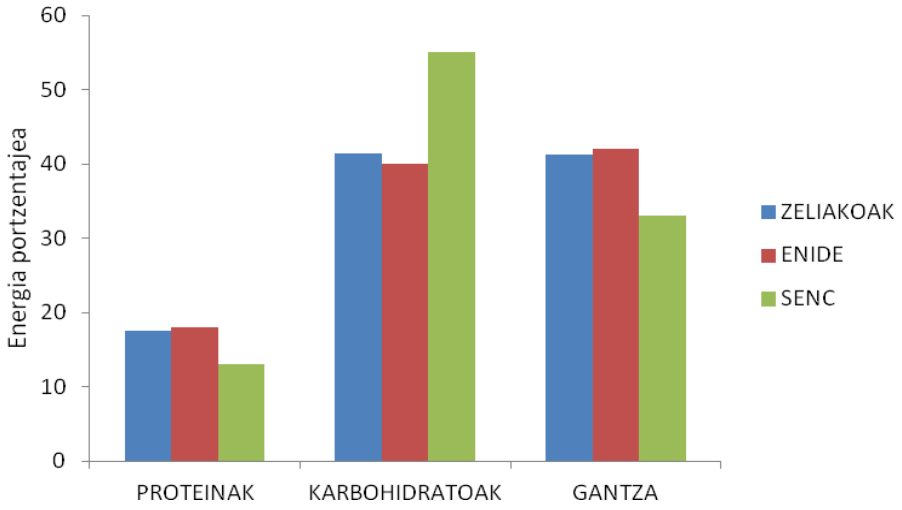
Glutenik gabeko produktuek zuntz gutxiegi (kutsadura gurutzatua ekiditeko) eta gantz gehiegi izaten dute, horrek emaitzok azal ditzake, hein batean behintzat.

Orobat ondoriozta daiteke EAEko zeliakoen dieta dieta orekatuaren eredutik aldentzen den arren, populazio orokorraren proportzio bertsuan aldentzen dela, ELIKA gida eta ENIDE inkesta aintzat hartzen baditugu.

**2. taula. Zeliakoen eta Espainiar populazioko dieten konparaketa** (batez bestekoa)

| Konparaketa | Zeliakoak | ENIDE |
|---|---|---|
| **Proteinak (%)** | 17,5 | 18 |
| **Karbohidratoak (%)** | 41,4 | 40 |
| **Gantza (%)** | 41,2 | 42 |
| **Kolesterola (mg)** | 422 ♂<br>315 ♀ | 424 ♂<br>336 ♀ |
| **Zuntz dietetikoa (g)** | 19,8 ♂<br>16,4 ♀ | 20,9 ♂<br>18,9 ♀ |

**1. irudia. Dietako nutrienteen energia-banaketa, konparazioa**




Mikronutrienteen azterketa egiteko Espainiar populaziorako FESNADek definitutako Erreferentziazko Ingestio Dietetikoak (DRI, *Dietary Reference Intakes*) jarraitu ziren. Horien arabera, D bitamina eta iodoaren DRIak ez ziren bete, gainera gizonek ez zuten A bitaminaren gomendioa ase ezta emakumeek burdinarena ere. Emaitza hauek ENIDEk populazio orokorrerako definitutakoen antzekoak dira.

**3. taula. Zeliakoen dietako mikronutriente edukia** (batez bestekoa ± DS)

| **Mikronutrienteak** | **Zeliakoak** | | | | **FESNAD** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Emakumeak** | | **Gizonak** | | **Emakumeak** | **Gizonak** |
| | **Batez beste** | **DS** | **Batez beste** | **DS** | **DRI** | |
| **A bitamina (µg)** | 817 | 600 | 822 | 337 | 800 | 1000 |
| **B2 bitamina (mg)** | 1,9 | 1,1 | 3,2 | 2,1 | 1,4 | 1,7 |
| **D bitamina (µg)** | 4,7 | 4 | 5,4 | 5,6 | 7 | 7 |
| **Ca (mg)** | 832 | 255 | 956 | 319 | 800 | 800 |
| **Fe (mg)** | 13 | 3 | 19,7 | 5,1 | 18 | 10 |
| **Mg (mg)** | 311,0 | 201,0 | 391,5 | 138,8 | 300 | 350 |
| **I (µg)** | 79,2 | 40,9 | 124,1 | 140,9 | 110 | 140 |

## Kontsumo-maiztasunaren galdetegia:

Aztertutako zeliakoen taldeak SENC elkarteak elikagai talde bakoitzerako emandako gomendioak zenbateraino betetzen dituen aztertu zen.

Zerealen taldeko elikagaien ingestioa urria da; hamarretik batek bakarrik betetzen du eguneko gutxieneko 4 anoako gomendioa. Gainera, zeliakoen erdiak oso zereal gutxi kontsumitzen du, ez baititu egunean 2 errazio ere hartzen. Aurrekoa dela eta, zerealetako karbohidratoen eta zuntzaren ingestioa gomendatutakoa baino txikiagoa da kasurik gehienetan. Populazio orokorrarekin konparatuz, zeliakoek zereal gutxiago jaten dituzte.

Barazkiei dagokienez, zeliakoen %14k baino ez du betetzen eguneko 2 errazioen gomendioa, populazio orokorrean gertatzen denaren antzera. Emaitza horrek ere azaltzen du behatutako zuntz-ingestio urria. Aldiz, esne eta esnekien kontsumoa egokia da, %90k hartzen du bi esneki

anoa edo gehiago egunean. Beraz, kaltzioaren ingestioa ziurtatua dago ia beti. Are gehiago, %20k egunean 4 errazio baino gehiago hartzen ditu, desorekatua dena.

Erdiak baino gehiagok lortzen du eguneko bi fruta-errazioko gomendioa betetzea. Lekale-kontsumoa egokia da (2-4 anoa/aste) 3 zeliakotik bitan. Emaitza hauek populazio orokorrak lortutakoak baino zuzenagoak dira.

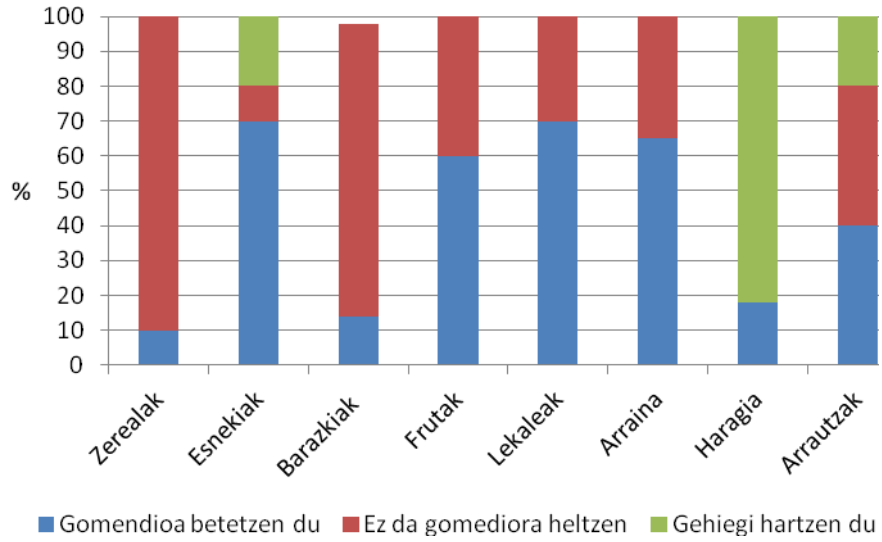
Arrainaren kasuan, ia bi herenek kontsumitzen dute arrainen eta haien deribatuen kantitate egokia, 3-4 errazio/aste. Haragien eta haien deribatuen taldeari dagokionez, aldiz, inork ez du jan behar baino haragiki gutxiago hartzen, eta parte-hartzaile askok (%80k) jaten dute gehiegi. Parte-hartzaileen %40k jaten ditu gomendatutako arrautzak (3-4 errazio asteko); beste %40k gehiago jaten dituzte; eta ehuneko txiki batek gutxiago. Emaitza horiek guztiek justifika dezakete zeliakoen proteina-, gantz ase eta kolesterol-ingestio handia.

Azkenik, aldian behingo beste elikagai batzuen kasuan, nagusiki energetikoen kasuan -hala nola landare-olioak, azukreak, txokolateak, edari alkoholdunak eta opilak-, gehienek neurrizko kontsumo egokia egiten dute; hala, saihestu egiten dute *trans* gantzen eta azukre finduen kantitate handiak hartzea.

**4. taula. Elikagai talde ingestioaren gomendioen betetze-maila. SENCen gomendioak.**

| Elikagai taldea | Zeliakoak | Gomendioa | Elikagai taldea | Zeliakoak | Gomendioa |
|---|---|---|---|---|---|
| **Zerealak** | ✓ % 10ek baino gutxiagok bete<br>× % 50ek ez ditu hartzen egunean 2 errazio ere | 4-6 anoa/egun | **Lekaleak** | ✓ % 70ek betetzen du | 2-4 errazio/aste |
| **Esnekiak** | ✓ % 90ek hartzen ditu<br>× % 20k egunean 4 errazio baino gehiago | 2-4 anoa/egun | **Arraina eta haren deribatuak** | ✓ Ia % 65ek betetzen du | 3-4 anoa/aste |
| **Barazkiak** | ✓ % 14k baino ez du betetzen | 2 errazio/egun | **Haragia eta haren deribatuak** | × % 82k haragi gehiegi jaten du | 3-4 errazio/aste |
| **Frutak** | ✓ % 60k baino gutxiagok betetzen du | 2 errazio/egun | **Arrautzak** | ✓ % 40k betetzen du<br>× % 40 ez da iristen<br>× % 20k gainditzen du | 3-4 errazio/aste |

**2. irudia. Elikagai talde ingestioaren gomendioen betetze-maila. SENC gomendioak.**




## 4. Ondorioak

Dieta orekatua da pertsona baten beharrizan guztiak betetzen dituena eta osasun-egoera ezin hobea atxikitzen duena. EAEko zeliakoek dieta desorekatua egiten dute, populazio orokorrak egiten duenaren antzekoa. Bi dieta-ereduetan energia, makronutriente eta mikronutriente banaketa berdintsua den arren, zeliakoek ez dute elikadura-eredu berdina jarraitzen. Horrek iradokitzen du nutrienteen iturriak ezberdinak direla. Beraz, zeliakoek dieta osasungarri eta orekatua egiteko dituzten eragozpenak detektatzea eta horiek saihesteko alternatiba dietetikoak eta elikadura-jarraibide espezifikoak proposatzea ezinbestekoa da.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Glutenik gabeko dieta egiteko lehenik, zorrotz kontrolatu behar da elikagaiek prolamina hori duten; bigarrenik, pertsonaren nutrizio-beharrizanei egokiro erantzuteko oreka dietetikoa bilatu behar da. Horretarako, ezinbestekoa da dieta diseinatu eta ebaluatzeko tresna egokiak garatzea. Egun erabiltzen diren softwarek ez dituzte glutenik gabeko elikagaiak biltzen, ez da horrelakoen osaera nutritiboa kontuan hartzen. Beraz, zeliakoen dieta diseinatu edo ebaluatu behar denean elikagai orokorren informazioa erabiltzen da. Baina, lehen aipatu den bezala, glutenik gabeko elikagaien konposaketa elikagai orokorrenaren ezberdina da; hortaz, dietaren diseinuan akatsak egiten dira, nahi eta nahi ez.

Gure ikertaldeak glutenik gabeko elikagaiak aztertzen ditu, gluten kantitatea detektatuz eta ondoren, haien nutriente edukia zehaztuz. Informazio horrekin guztiarekin datu-base bat eratu eta glutenik gabeko dieta aztertzeko programa diseinatu dugu, momentuz *beta-test* eran darabilguna. Egun esku artean dugun erronka honakoa da: programa balidatzea, aurkeztea eta zabaltzea.

Egin liteke dieta orekatua zeliakoa izanda ere. Horretarako, ezinbestekoa da jakitea glutenik gabeko elikagaien zer aukera dagoen, merkatuan zer produktu espezializatu dauden, eta haiek ohiko dietan sartzea dieta orokorraren oreka zainduz.

## 6. Erreferentziak

AESAN, Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (2011): Encuesta Nacional de Ingesta Dietética, ENIDE, (2009-2010). Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales y de Igualdad. Gobierno de España.

American Dietetic Association (2009): Evidence-Based Practice Guidelines for Celiac Disease. ADA Evidence Analysis Library.

Arranz, E., Montaivillo, E. eta Garrote, J.A. (2013): Inmunopatogenia de la enfermedad celiaca, in L. Rodrigo eta A.S. Peña (arg), *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca*, Omnia Science, 123-149.

Briani, C., Samaroo, D. eta Alaedini, A. (2008): Celiac disease: From gluten to autoimmunity. *Autoimmun Rev*, 7(8), 644-650.

Bustamante, M.A., Churruca, I., Lasa, A., Miranda, J. eta Simón, E. (2013): Zeliakoentzako Elikagaien Elaborazioa. AKKPA eta Laguntza-plangintza. Euskal Herriko Unibertsitateko, UPV/EHUko, Argitalpen Zerbitzua. ISBN: 978-84-9860-902-8.

ELIKA, Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria (2007): Estudio cuantitativo del consumo de alimentos en la CAPV. Guía ELIKA Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno Vasco.

Fasano, A., Berti, I., Gerarduzzi, T., Not, T., Colletti, R., Drago, S., Elitsur, Y., Green, P.H.R., Guandalini, S., Hill, I.D., Pietzak, M., Ventura, A., Thorpe, M., Kryszak, D., Fornaroli, F., Wasserman, S.S., Murray, J.A. eta Horvath, K. (2003): Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States - A large multicenter study. *Arch Intern Med*, 163(3), 286-292.

FESNAD, Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (2010): Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la Población Española. Act Diet, 14(4), 196-197.

Haines, M.L., Anderson, R.P. eta Gibson, P.R. (2008): Systematic review: The evidence base for long-term management of coeliac disease. *Aliment Pharmacol Ther*, 28, 1042-1066.

Hopman, E.G.D., le Cessie, S., von Blomberg, B.M.E. eta Mearin, M.L. (2006): Nutritional management of the gluten-free diet in young people with celiac disease in the Netherlands. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 43(1), 102-108.

Kinsey, L., Burden, S.T. eta Bannerman, E. (2008): A dietary survey to determine if patients with coeliac disease are meeting current healthy eating guidelines and how their diet compares to that of the British general population. *Eur J Clin Nutr*, 62(11), 1333-1342.

Kupper, C. (2005): Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology*, 128(4), S121-S127.

Lasa, A., Churruca, I., Miranda, J., Larretxi, I., Bustamante, M.A. eta Simón, E. Zeliakoarentzako elikadura orekatuaren gida. Eusko Jaurlaritzako Osasun Publikoaren eta Adikzioen Zuzendaritzaren laguntzaz argitaratua. ISBN: 978-84-695-9829-0. 2014.

Mamone, G., Picariello, G., Addeo, F. eta Ferranti, P. (2011): Proteomic analysis in allergy and intolerance to wheat products. *Expert Rev Proteomics*, 8(1), 95-115.

Miranda, J., Lasa, A., Bustamante, M.A., Churruca, I. eta Simon, E. (2014): Nutritional Differences Between a Gluten-free Diet and a Diet Containing Equivalent Products with Gluten. *Plant Food Hum.Nutr*, 69(2), 182-187.

Russolillo, G. eta Marques, I. (2008): Food portion sizes album. IMadrid: Imagen Comunicación Multimedia.

Saturni, L., Ferretti, G. eta Bacchetti, T. (2010): The Gluten-Free Diet: Safety and Nutritional Quality. *Nutrients*, 2(1), 16-34.

SENC, Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (2001): Guías Alimentarias para la Población Española: recomendaciones para una dieta saludable. IM&C S.A.

Thompson, T., Dennis, M., Higgins, L., Lee, A. eta Sharrett, M. (2005): Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? *J Hum Nutr Diet*, 18(3), 163-169.

Wild, D., Robins, G.G., Burley, V.J. eta Howdle, P.D. (2010): Evidence of high sugar intake, and low fibre and mineral intake, in the gluten-free diet. *Aliment Pharmacol Ther*, 32(4), 573-581.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan honetan lagundu duten EZEko Mireia Apraiz eta lankideei, dietista-nutrizionistei eta boluntario gisa parte hartu duten zeliako guztiei eskerrak eman nahi dizkiegu.

Ikerlana Euskal Herriko Unibertsitateko, UPV/EHUko, Unibertsitatea-Gizartea Ikerketa Proiektu baten bitartez bideratu da (US12/10).

# miRNAen prozesamendu geneen aldakortasuna genetikoa OSn

Bilbao-Aldaiturriaga N (1); Gutiérrez-Camino A,(1); Martin-Guerrero I,(1); Pombar-Gomez M (1); López-López, E(1)*; Garcia-Orad A,(1,2)*

*(1) Genetika, Antropologia Fisikoa eta Animali Fisiologia, Medikuntza eta Odontologiako Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Leioa, (2) Biocruces Health Research Institute, Bilbao*

*africa.garcioarad@ehu.es, nerea.bilbao@ehu.es*

***Laburpena***

Osteosarkomaren (OS) aldagai genetikoa genetan aztertu da orain arte, baina geneak genomaren 1,5% osatzen dute eta gainontzekoa RNA ez kodifikatzaileak omen dira. OS-an miRNAen adierazpenean aldaketak behatu dira. Adierazpen aldaketa hauek miRNAen prozesamendu genetan dauden SNPek eragin ditzakete. Ikerketa lan honen helburua miRNAen prozesamendu genetan dauden SNPak OS-ren suszeptibilitatean eragin dezaketen jakitea. Horretarako, miRNAen prozesamenduarekin erlazionatutako 21 genetan 72 SNP aztertu genituen 99 OS eta 387 kontrol laginetan. Hiru SNP topatu genituen OS-ren suszeptibilitatearekin asoziaturik 3 hiru prozesamendu genetan, denak RISC konplexuan. Konplexu honen SNPak OS-ren suszeptibilitatearen markatzaile genetiko berriak izan daitezke.

Hitz gakoak: miRNA prozesamendu geneak, suszeptibilitate genetikoa, OS, SNPak

***Abstract***

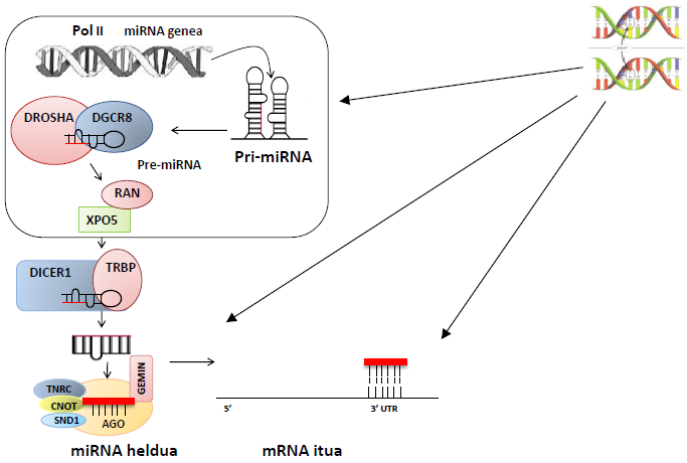
*The contribution of genetic variants in osteosarcoma (OS) has been focused mainly on genes of biologically plausible pathways. However, these genes constitute 1,5% of the genome, leaving a 95% to non coding RNAs. miRNA deregulation has been observed in OS which could be due to genetic variation in miRNA processing genes. The aim of this study was to evaluate whether SNPs in miRNA processing genes confer predisposition to OS. We analyzed 72 SNPs in 21 miRNA processing genes in a total of 99 OS patients and 387 controls. A total of three SNPs were associated with OS susceptibility, all part of the RISC complex. This study suggests that SNPs in the RISC complex genes may be involved in OS susceptibility.*
*Keywords: microRNA processing pathway, genetic susceptibility, osteosarcoma, SNPs*

## 1. Sarrera eta motibazioa

OS hezurretako minbizi-mota arruntena da gazteen artean (Miao et al., 2013). Gaixotasun horrek aldagai genetiko garrantzitsua duela adierazi dute zenbait ikerketa lanek (Broadhead et al., 2011; Savage et al., 2013; Yang eta Zhang, 2013). Ikerketa lan horietan OSren jatorrian parte hartu dezaketen geneak eta bidezidorrak aztertu dituzte, esate baterako, hezurren hazkundearekin eta DNAren konponketan zerikusia duten geneak (Ruza et al., 2003), (Savage et al., 2007b), (Savage et al., 2007a), (Toffoli et al., 2009), (Yang et al., 2014), (He et al., 2013), (He et al., 2014a), (He et al., 2014b), (Wang et al., 2013), etc. Hala ere, Giza Genoma proiektuari esker geneak genomaren 1,5% osatzen dutela ezagutu genuen. Izan ere, gainontzeko %95a proteina izango ez den RNAek osatzen dute (RNA ez kodifikatzaileak). RNA ez kodifikatzaile hauek geneen erregulazioan parte hartzen dute eta bere tamainaren arabera sailkatu daitezke. Hauen artean, mikroRNAk (miRNAk) ikertuenak dira. MiRNAk 18-20 nukleotidoko RNA ez kodifikatzaileak dira. MiRNAk genomaren gune ezberdinetatik transkribatzen dira pri-miRNA moduan. Pri-miRNAk kate biko 300-5000 nukleotidoko DNA

molekulak dira eta urkila egitura tipikoa izaten dute. Pri-miRNA hauek heltze prozesua pairatu behar dute miRNA funtzionala bilakatzeko. Prozesu honen lehenengo pausuan, DROSHA eta DGCR8 proteinak pri-miRNA mozten dute 70-100 nukleotidoko molekula sortuz (pre-miRNA) eta zitoplasmara garraiatzen da *exportinen* bitartez (*XPO5* genea). Zitoplasman, pre-miRNAaren urkila mozten da (DICER eta TARBP2 proteinak) 22 nukleotidoko RNA duplexa lortuz. RNA duplex horien harizpietako bat RNA bidezko ixiltze konplexuari edo ingelesez, *RNA-induced silencing complexari* (RISC) lotzen zaio. Konplexu hori EIF2C1, EIF2C2, SND1, GEMIN3, GEMIN4 proteinak eta CCR4-NOT konplexuek osatzen dute (Inada eta Makino, 2014). RISC konplexuak miRNAek geneen adierazpenean eragiten duten errepresioa, deadenilazioa eta endekapena egiten dute (Li et al., 2014a). Bidezidor horietan gertatzen diren aldaketak miRNA ekoizpenean eragiten du (Iliou et al., 2013; Melo eta Esteller, 2014; Melo et al., 2009; Wu et al., 2014), eta aldaketa horiek minbiziaren jatorrian geneen erregulazioan eragin dezakete. Izan ere, gene horien adierazpen mailan aldaketak behatu dira bular minbizi kasuetan *DROSHA* eta *DICER* geneen azpi-adierazpena eta prostata minbizi kasuentan *EIF2C2* eta *TARBP2* geneen gain-adierazpena (Huang et al., 2014).

Jakina da, polimorfismoak gizabanakoen artean ezberdinak diren aldaera genetikoak direla. Polimorfismo horien artean, nukleotido bakarrekoak (*single nucleotide polymorphisms* edo SNP) arruntenetarikoak dira. Horrez gain, SNPak proteinen ekoizpena eta funtzioa aldatu dezakete. Ondorioz, miRNAen prozesamenduaren bidezidorra osatzen duten genetan dauden SNPak miRNA bidezko erregulazioan eragin dezakete (Mishra eta Bertino, 2009). Izan ere, *DROSHA*n kokatuta dagoen rs640831 SNPak 56 miRNAen adierazpena aldatzen zuela behatu zen birikietako minbizia zuten pazientetan (Rotunno et al., 2010). Beraz, bidezidor honetan SNPak minbiziaren garapen eta progresioarekin erlazionatuta daude (Horikawa et al., 2008). Adibidez, rs2740348 *GEMIN4* genean prostata minbiziaren arriskuarekin (Liu et al., 2012), rs417309 *DGCR8* genean bular minbiziaren arriskuarekin (Jiang et al., 2013), rs197412 *GEMIN3* genean giltzurrunetako zelulen kartzinomarekin (Horikawa et al., 2008), eta gure taldeak, duela gutxi, rs139919 *TNRC6B* genean leuzemia linfoblastiko akutuaren suszeptibilitatearekin asoziazioa topatu genuen (Gutierrez-Camino et al., 2014). Hala ere, oraindik ere OSn ez da miRNAen prozesamendu bidezidorraren aldakortasun genetikoa ikertu.




**1. irudia. miRNAen jatorria eta bere prozesamendua.**

## 2. Ikerketaren helburuak

Gure helburua: OSren jatorriaren markatzaile genetiko berriak bilatzea, miRNAren prozesamendu geneen aldakortasun genetikoaren azterketaren bidez.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Metodoak

#### 3.1.2 Lagina

Ikerketa lan honetan 99 OS kasuk (<34 urte) parte hartu zuten. OS kasu guztiak OS konbentzionalak izan ziren *Clinica Universidad de Navarra*-n diagnostikatuak 1985tik 2003ra. Kontrolei dagokiola 387 indibiduo osasuntsuk kontrol taldea osatu zuten. Paziente guztiek baimen informatua sinatu zuten eta etika komite lokalen onarpena izan zuten (Research Ethics Committee of the University of Navarra 105/2009).

**1. taula. OS eta kontrol laginen ezaugarriak.**

| | **Kasuak** | **Kontrolak** |
|---|---|---|
| **Paziente kopurua** | 99 | 387 |
| **Batazbestekoa ± DE, adina** | 14.60 ± 5.23 | 51.2 ± 7.7 |
| **Gizonezkoak, n (%)** | 55 (55.55) | 199 (51.4) |
| **Emakumezkoak, n (%)** | 44 (44.44) | 187 (48.3) |

DE: desbiderapen estandarra.

#### 3.1.2 Gene eta SNP hautaketa

Literaturaren aztertu eta Patrocles datubasean bilatu ostean, miRNA prozesamenduaren bidezidorrean 21 gene hautatu genituen (Hiard et al., 2010). Gene hauen aldakortasun genetikoa aztertzeko tagSNPak erabili genituen. Jakina da, DNA bloketan heredatzen dela eta bloke hauetan SNPak haien artean "lotuta" daudela, hau da, blokeko SNPak batera heredatzen direla. Beraz, SNP baten informazioarekin nahikoa da blokeko beste SNPen efektuaren berri emateko. SNP adierazle honi tagSNP deritzo. Geneen aldakortasun genetikoa bloke bakoitzeko SNP adierazlea (tagSNP) hautatuz genean dauden bloke guztien informazioa jaso genuen tagSNP gutxi batzuekin. Azkenik, bai tagSNP teknika erabiliz; aldaketa funtzionala ekartzen zuten SNPak (aminoazido aldaketak, moztitsasketa alternatiboa eta geneen promotorean dauden transkripzio faktoreen lotura gunetan kokatutak eta miRNA lotura unean sortu edo desargertarazten) eta minbiziarekin asoziaturiko SNPak ere kontuan hartu genituen hautaketa prozesuan.

#### 3.1.3 Genotipaketa

DNA genomikoa odoletik erauzi zen fenol-kloroformo metodoaren bitartez (Sambrook J, 2001). Genotipaketa TaqMan OpenArray teknologiaren bidez egin zen (Applied Biosystems, Life Technologies, Carlsbad, CA, USA) Applied Biosystems-en protokoloa jarraituz. Datuen analisia, Taqman Genotyper softwarearen bitartez egin genuen (Applied Biosystems) SNPen genotipoen determinaziorako.

### 3.1.3 Analisi estatistikoak

Lehenik eta behin, gure kontrol laginek Hardy-Weinberg-en orekari (HWO) jarraitzen zioten aztertu genuen. Analisi horren bidez, kontrol-populazioa ondo hautatu den ala ez jakin daiteke. Desbiderapenik behatuko balitz, genotipaketan akatsak, odolkidetasun-kasuak edota alelo baten aldeko hautespen-fenomenoak daudela adieraziko luke. Ondorioz, kontrol-lagina ez da populazio orokorraren lagin adierazgarria, eta ezin izango litzateke erabili asoziazio-analisietan. Bigarrenik, asoziazio-analisia egin genuen, hau da, SNP eta kasu eta kontrolen arteko erlazioa $\chi 2$ bidez kalkulatu genuen. Asoziazio horren efektuaren tamaina *odds ratio* (OR) balioek ematen digute eta erregresio logistiko unibariante bitartez kalkulatu genuen. SNP baten genotipoek lau modutara eragin dezakete beren efektua: eredu kodominantea, dominantea, errezesiboa eta aditiboa. Asoziazio-mailak %5koa izan behar zuen adierazgarria izateko. Gainera, SNP kopuru handia aztertzen genbiltzanez, benetan adierazgarriak ez diren SNPak baztertzeko Bonferroniren zuzenketa egiten da. Analisiak R v2.11 softwarearekin egin genituen (http://www.R-project.org) (University of Auckland, New Zealand).

## 3.2 Emaitzak

### 3.2.1 Genotipaketa

MiRNAen prozesamendu geneen SNPen genotipaketarako 99 OS kasu eta 387 kontrol osasuntsu genituen. Guztira, 427 DNA laginek (87.86%) genotipazio egokia izan zuten (%20ko genotipoak ez zituzten laginak baztertu genituen). SNPei dagokiela, 67/72 (93.05%) genotipazio egokia izan zuten. Gainera, 10 SNP analisitik baztertu genituen ez zutelako HWO betetzen.

### 3.2.2 Asoziazio-analisia

miRNA prozesamendu geneen aldakortasun genetikoa 57 SNPen (genotipazio egokia) genotipoen frekuentzien konparaketa bidez aztertu genuen kasu eta kontroletan. Emaitzarik adierazgarriena rs11866002 izan zen eta *CNOT1* genean. Eredu genetiko dominantean, CT+TT genotipoak 0.44-bider murriztu zuten OSren arriskua (95% CI: 0.27-0.73; p = 0.001) Bonferroni zuzenketaren ostean ia adierazgarria zena (p = 0.08). Bestalde, rs3812265 *CNOT4* genean (p=0.025) eta rs3823994 *SND1* genean (p=0.041) ere OSren arriskuarekin erlazionatu genituen (2. taula).

**2. taula. OSren arrikusarekin asoaziatutako SNPen genotipoen frekuentziak.**

| Genea | SNPa | Eredu genetikoa | Genotipoa | Kontrolak n (%) | Kasuak n (%) | OR (95% CI) | P balioa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *CNOT1* | rs11866002 | Dominantea | CC | 134 (38.7) | 46 (59.0) | 1.00 | 0.001* |
| | | | CT/TT | 212 (61.3) | 32 (41.0) | 0.44(0.27-0.73) | |
| *CNOT4* | rs3812265 | Dominantea | CC | 212 (63.1) | 39 (49.4) | 1.00 | 0.025 |
| | | | CT/TT | 124 (36.9) | 40 (50.6) | 1.75 (1.07-2.87) | |
| *SND1* | rs3823994 | Aditiboa | AA | 163 (46.8) | 47 (59.5) | 1.00 | 0.041 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | AT | 157(45.1) | 28 (35.4) | 0.66(0.43-0.99) |
| | TT | 28 (8) | 4 (5.1) | |

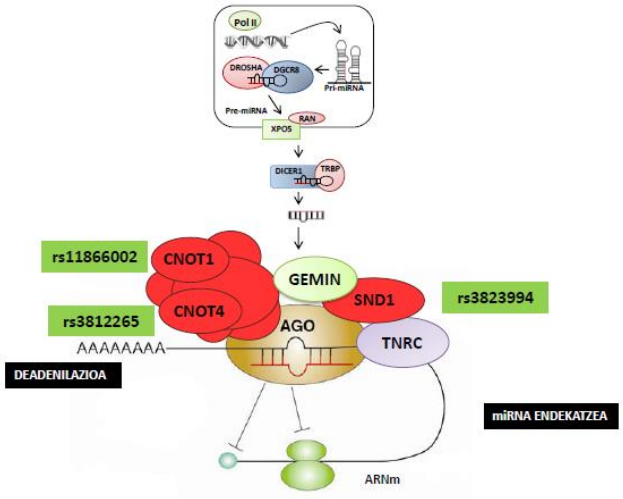
* Bonferroni zuzenketaren ostean adierazgarria (p=0.08).

### 3.3 Eztabaida

MiRNAen prozesamenduan diharduten gene guztien aldakortasun genetikoa aztertu eta gero, miRNAen prozesamendu bidezidorreko hiru genetan (*CNOT1*, *CNOT4* eta *SND1*), OS-ren arriskuarekin hiru SNP asoziaturik topatu genituen, guztiak RISC konplexuaren osagai dira. Beraz, gure emaitzen arabera, RISC konplexuko geneen SNPak OSren suszeptibilitatean garrantzitsuak izan daitezke.

Alde batetik CC genotipoa rs11866002 *CNOT1* genean bere moztitsasketan eragin dezake (Lee eta Shatkay, 2008). Bestalde, rs3812265ren CT+TT genotipoak *CNOT4* genean proteinaren sekuentzian aldaketa sortzen du (Val>Ile) (Lee eta Shatkay, 2008) , eta beraz, proteinaren funtzioan eragin dezake. Bi gene hauek RISC konplexuaren CCR4-NOT konplexuaren parte dira (Lau et al., 2009; Petit et al., 2012). Konplexu honek miRNAekin lotzen den mRNAren poli(A) isatsa mozten (deadenilazioa) du (Piao et al., 2010). CCR4–NOT konplexuaren partaideen deplezioa deadenilazioa oztopatzen du (Behm-Ansmant et al., 2006). Ondorioz, *CNOT1* eta *CNOT4* geneen SNPek mRNA deadenilazio aldatu dezake eta horrek, OSren jatorrian eta bilakaeran inplikatuak dauden geneen adierazpenean eragin dezakete.

Azkenik, TT genotipoa rs3823994 SNPan *SND1* genean OSren arriskuaren murrizketarekin asoziatuta behatu genuen. SNPk honek *SND1* genearen moztitsasketan eragin dezake. Gene honek miRNA editatuen endekapena kontrolatzen du RISC konplexuan (Caudy et al., 2003) (Li et al., 2008) eta bere adierazpena aldatuta dago zenbait minbizitan (Yoo et al., 2011) (Sand et al., 2012). Bere adierazpenaren aldaketa miRNA maila aldatu dezake eta honek, OSren arriskuan eragin. Izan ere, SND1 ixilpenak mir-17-92 miRNA taldearen adierazpena areagotzen du (Heinrich et al., 2013), eta miRNA talde hau gainadierazita dago OSn eta OS lerro zelularren proliferazio, inbasio eta migrazioarekin asoziatuta dago (Li et al., 2014b).




**Irudia 2. OSren arriskuarekin asoziatutiko SNPak RISC konplexuaren genetan daude.**

## 4. Ondorioak

Hortaz, lehenengo aldiz RISC konplexuko geneak, bereziki rs11866002 *CNOT1* genean OS-ren suszeptibilitatean inplikatuta egon daitezkela aurkitu genuen. Emaitza horiek balioztatzeko beste OS populazioetan miRNAen prozesamenduaren aldakortasun genetikoa behatu beharko genuke.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honetan miRNAen prozesamenduan diharduten geneak OSren jatorrian zeresana eduki dezaketela behatu dugu. miRNAn adierazpena miRNAk eurak dituzten SNPek (mir-SNP) ere eragin ditzakete. Beraz, hurrengo pausua, miRNAak eurak OS-an duten aldakortasun genetikoa behatzea litzateke. Izan ere, duela gutxi bi ikerketa lanek jadanik frogatu dute mir-34 miRNA familiako bi SNP OS-ren suszeptibilitatean eragiten dutela (Lv et al., 2014; Tian et al., 2014). Beraz, miRNA polimorfiko guztien ikerketa egitea beharrezkoa litzateke OS-ren mir-SNP sinadura lortzeko.

## 6. Erreferentziak

Behm-Ansmant, I., J. Rehwinkel, T. Doerks, A. Stark, P. Bork, eta E. Izaurralde, (2006), mRNA degradation by miRNAs and GW182 requires both CCR4:NOT deadenylase and DCP1:DCP2 decapping complexes: *Genes Dev*, v. 20, p. 1885-98.

Broadhead, M. L., J. C. Clark, D. E. Myers, C. R. Dass, eta P. F. Choong, (2011), The molecular pathogenesis of osteosarcoma: a review: *Sarcoma*, v. 2011, p. 959248.

Caudy, A. A., R. F. Ketting, S. M. Hammond, A. M. Denli, A. M. Bathoorn, B. B. Tops, J. M. Silva, M. M. Myers, G. J. Hannon, eta R. H. Plasterk, (2003), A micrococcal nuclease homologue in RNAi effector complexes: *Nature*, v. 425, p. 411-4.

Gutierrez-Camino, A., E. Lopez-Lopez, I. Martin-Guerrero, M. A. Piñan, P. Garcia-Miguel, J. Sanchez-Toledo, A. Carbone Bañeres, J. Uriz, A. Navajas, eta A. Garcia-Orad, (2014), Noncoding RNA-related polymorphisms in pediatric acute lymphoblastic leukemia susceptibility: *Pediatr Res*, v. 75, p. 767-73.

He, J., J. Wang, D. Wang, S. Dai, T. Yv, P. Chen, R. Ma, C. Diao, eta G. Lv, (2014)a, Association between CTLA-4 genetic polymorphisms and susceptibility to osteosarcoma in Chinese Han population: *Endocrine*, v. 45, p. 325-30.

He, M., Z. Wang, J. Zhao, Y. Chen, eta Y. Wu, (2014)b, COL1A1 polymorphism is associated with risks of osteosarcoma susceptibility and death: *Tumour Biol*, v. 35, p. 1297-305.

He, M. L., Y. Wu, J. M. Zhao, Z. Wang, eta Y. B. Chen, (2013), PIK3CA and AKT gene polymorphisms in susceptibility to osteosarcoma in a Chinese population: *Asian Pac J Cancer Prev*, v. 14, p. 5117-22.

Heinrich, E. M., J. Wagner, M. Krüger, D. John, S. Uchida, J. E. Weigand, B. Suess, eta S. Dimmeler, (2013), Regulation of miR-17-92a cluster processing by the microRNA binding protein SND1: *FEBS Lett*, v. 587, p. 2405-11.

Hiard, S., C. Charlier, W. Coppieters, M. Georges, eta D. Baurain, (2010), Patrocles: a database of polymorphic miRNA-mediated gene regulation in vertebrates: *Nucleic Acids Res*, v. 38, p. D640-51.

Horikawa, Y., C. G. Wood, H. Yang, H. Zhao, Y. Ye, J. Gu, J. Lin, T. Habuchi, eta X. Wu, (2008), Single nucleotide polymorphisms of microRNA machinery genes modify the risk of renal cell carcinoma: *Clin Cancer Res*, v. 14, p. 7956-62.

Huang, J. T., J. Wang, V. Srivastava, S. Sen, eta S. M. Liu, (2014), MicroRNA Machinery Genes as Novel Biomarkers for Cancer: *Front Oncol*, v. 4, p. 113.

Iliou, M. S., V. da Silva-Diz, F. J. Carmona, J. Ramalho-Carvalho, H. Heyn, A. Villanueva, P. Muñoz, eta M. Esteller, (2013), Impaired DICER1 function promotes stemness and metastasis in colon cancer: *Oncogene*.

Inada, T., eta S. Makino, (2014), Novel roles of the multi-functional CCR4-NOT complex in post-transcriptional regulation: *Front Genet*, v. 5, p. 135.

Jiang, Y., J. Chen, J. Wu, Z. Hu, Z. Qin, X. Liu, X. Guan, Y. Wang, J. Han, T. Jiang, G. Jin, M. Zhang, H. Ma, S. Wang, eta H. Shen, (2013), Evaluation of genetic variants in microRNA biosynthesis genes and risk of breast cancer in Chinese women: *Int J Cancer*, v. 133, p. 2216-24.

Lau, N. C., A. Kolkman, F. M. van Schaik, K. W. Mulder, W. W. Pijnappel, A. J. Heck, eta H. T. Timmers, (2009), Human Ccr4-Not complexes contain variable deadenylase subunits: *Biochem J*, v. 422, p. 443-53.

Lee, P. H., eta H. Shatkay, (2008), F-SNP: computationally predicted functional SNPs for disease association studies: *Nucleic Acids Res*, v. 36, p. D820-4.

Li, S., S. L. Lian, J. J. Moser, M. L. Fritzler, M. J. Fritzler, M. Satoh, eta E. K. Chan, (2008), Identification of GW182 and its novel isoform TNGW1 as translational repressors in Ago2-mediated silencing: *J Cell Sci*, v. 121, p. 4134-44.

Li, S., L. Wang, B. Fu, M. A. Berman, A. Diallo, eta M. E. Dorf, (2014)a, TRIM65 regulates microRNA activity by ubiquitination of TNRC6: *Proc Natl Acad Sci U S A*, v. 111, p. 6970-5.

Li, X., H. Yang, Q. Tian, Y. Liu, eta Y. Weng, (2014)b, Upregulation of microRNA-17-92 cluster associates with tumor progression and prognosis in osteosarcoma: *Neoplasma*, v. 61, p. 453-60.

Liu, J., M. Wei, Y. He, B. Liao, G. Liao, H. Li, eta J. Huang, (2012), Genetic variants in the microRNA machinery gene GEMIN4 are associated with risk of prostate cancer: a case-control study of the Chinese Han population: *DNA Cell Biol*, v. 31, p. 1296-302.

Lv, H., J. Pei, H. Liu, H. Wang, eta J. Liu, (2014), A polymorphism site in the pre-miR-34a coding region reduces miR-34a expression and promotes osteosarcoma cell proliferation and migration: *Mol Med Rep*, v. 10, p. 2912-6.

Melo, S. A., eta M. Esteller, (2014), Disruption of microRNA nuclear transport in human cancer: *Semin Cancer Biol*, v. 27C, p. 46-51.

Melo, S. A., S. Ropero, C. Moutinho, L. A. Aaltonen, H. Yamamoto, G. A. Calin, S. Rossi, A. F. Fernandez, F. Carneiro, C. Oliveira, B. Ferreira, C. G. Liu, A. Villanueva, G. Capella, S. Schwartz, R. Shiekhattar, eta M. Esteller, (2009), A TARBP2 mutation in human cancer impairs microRNA processing and DICER1 function: *Nat Genet*, v. 41, p. 365-70.

Miao, J., S. Wu, Z. Peng, M. Tania, eta C. Zhang, (2013), MicroRNAs in osteosarcoma: diagnostic and therapeutic aspects: *Tumour Biol*, v. 34, p. 2093-8.

Mishra, P. J., eta J. R. Bertino, (2009), MicroRNA polymorphisms: the future of pharmacogenomics, molecular epidemiology and individualized medicine: *Pharmacogenomics*, v. 10, p. 399-416.

Petit, A. P., L. Wohlbold, P. Bawankar, E. Huntzinger, S. Schmidt, E. Izaurralde, eta O. Weichenrieder, (2012), The structural basis for the interaction between the CAF1 nuclease and the NOT1 scaffold of the human CCR4-NOT deadenylase complex: *Nucleic Acids Res*, v. 40, p. 11058-72.

Piao, X., X. Zhang, L. Wu, eta J. G. Belasco, (2010), CCR4-NOT deadenylates mRNA associated with RNA-induced silencing complexes in human cells: *Mol Cell Biol*, v. 30, p. 1486-94.

Rotunno, M., Y. Zhao, A. W. Bergen, J. Koshiol, L. Burdette, M. Rubagotti, R. I. Linnoila, F. M. Marincola, P. A. Bertazzi, A. C. Pesatori, N. E. Caporaso, L. M. McShane, E. Wang, eta M. T. Landi, (2010), Inherited polymorphisms in the RNA-mediated interference machinery affect microRNA expression and lung cancer survival: *Br J Cancer*, v. 103, p. 1870-4.

Ruza, E., E. Sotillo, L. Sierrasesúmaga, C. Azcona, eta A. Patiño-García, (2003), Analysis of polymorphisms of the vitamin D receptor, estrogen receptor, and collagen Ialpha1 genes and their relationship with height in children with bone cancer: *J Pediatr Hematol Oncol*, v. 25, p. 780-6.

Sambrook J, R. D., (2001), *Molecular cloning: A laboratory manual*., v. 6: USA, CSHL Press, 4–12 p.

Sand, M., M. Skrygan, D. Georgas, D. Sand, T. Gambichler, P. Altmeyer, eta F. G. Bechara, (2012), The miRNA machinery in primary cutaneous malignant melanoma, cutaneous malignant melanoma metastases and benign melanocytic nevi: *Cell Tissue Res*, v. 350, p. 119-26.

Savage, S. A., L. Burdett, R. Troisi, C. Douglass, R. N. Hoover, S. J. Chanock, eta N. O. E. s. group, (2007)a, Germ-line genetic variation of TP53 in osteosarcoma: *Pediatr Blood Cancer*, v. 49, p. 28-33.

Savage, S. A., L. Mirabello, Z. Wang, J. M. Gastier-Foster, R. Gorlick, C. Khanna, A. M. Flanagan, R. Tirabosco, I. L. Andrulis, J. S. Wunder, N. Gokgoz, A. Patiño-Garcia, L. Sierrasesúmaga, F. Lecanda, N. Kurucu, I. E. Ilhan, N. Sari, M. Serra, C. Hattinger, P. Picci, L. G. Spector, D. A. Barkauskas, N. Marina, S. R. de Toledo, A. S. Petrilli, M. F. Amary, D. Halai, D. M. Thomas, C. Douglass, P. S. Meltzer, K. Jacobs, C. C. Chung, S. I. Berndt, M. P. Purdue, N. E. Caporaso, M. Tucker, N. Rothman, M. T. Landi, D. T. Silverman, P. Kraft, D. J. Hunter, N. Malats, M. Kogevinas, S. Wacholder, R. Troisi, L. Helman, J. F. Fraumeni, M. Yeager, R. N. Hoover, eta S. J. Chanock, (2013), Genome-wide association study identifies two susceptibility loci for osteosarcoma: *Nat Genet*, v. 45, p. 799-803.

Savage, S. A., K. Woodson, E. Walk, W. Modi, J. Liao, C. Douglass, R. N. Hoover, S. J. Chanock, eta N. O. E. S. Group, (2007)b, Analysis of genes critical for growth regulation identifies Insulin-like Growth Factor 2 Receptor variations with possible functional significance as risk factors for osteosarcoma: *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, v. 16, p. 1667-74.

Tian, Q., J. Jia, S. Ling, Y. Liu, S. Yang, eta Z. Shao, (2014), A causal role for circulating miR-34b in osteosarcoma: *Eur J Surg Oncol*, v. 40, p. 67-72.

Toffoli, G., P. Biason, A. Russo, E. De Mattia, E. Cecchin, C. M. Hattinger, M. Pasello, M. Alberghini, C. Ferrari, K. Scotlandi, P. Picci, eta M. Serra, (2009), Effect of TP53 Arg72Pro and MDM2 SNP309 polymorphisms on the risk of high-grade osteosarcoma development and survival: *Clin Cancer Res*, v. 15, p. 3550-6.

Wang, J., L. Nong, Y. Wei, S. Qin, Y. Zhou, eta Y. Tang, (2013), Association of interleukin-12 polymorphisms and serum IL-12p40 levels with osteosarcoma risk: *DNA Cell Biol*, v. 32, p. 605-10.

Wu, S., W. Yu, X. Qu, R. Wang, J. Xu, Q. Zhang, J. Li, eta L. Chen, (2014), Argonaute 2 promotes myeloma angiogenesis via microRNA dysregulation: *J Hematol Oncol*, v. 7, p. 40.

Yang, J., eta W. Zhang, (2013), New molecular insights into osteosarcoma targeted therapy: *Curr Opin Oncol*, v. 25, p. 398-406.

Yang, W., M. He, J. Zhao, eta Z. Wang, (2014), Association of ITGA3 gene polymorphisms with susceptibility and clinicopathological characteristics of osteosarcoma: *Med Oncol*, v. 31, p. 826.

Yoo, B. K., P. K. Santhekadur, R. Gredler, D. Chen, L. Emdad, S. Bhutia, L. Pannell, P. B. Fisher, eta D. Sarkar, (2011), Increased RNA-induced silencing complex (RISC) activity contributes to hepatocellular carcinoma: *Hepatology*, v. 53, p. 1538-48.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Proiektu hau Red Tematica de la Investigación Cooperativa en Cancer (RTICC) (RD/12/0036/0036), Eusko Jaurlaritzak (IT661-13), eta Euskal Herriko Unibertsitateari (UFI11/35) esker burutu da. AGC-k Eusko Jaurlaritzako laguntza predoktorala jaso zuen eta ELL-k Eusko Jaurlaritzako laguntza posdoktorala jaso zuen. Eskerronak Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) Zerbitzu Orokorrei (SGIker).

# Hortz mamiko ama zelulen ezaugarri neuralen azterketa

Luzuriaga J, Irastorza I, Gallastegi Garcia P, Uribe-etxeberria V, Aurrekoetxea M, Ibarretxe G, Unda F.

*Biologia zelular eta histologia departamentua. Medikuntza eta Ondotologia fakultate. Euskal herriko unibertsitate (EHU). Jon.luzuriaga@gmail.com*

***Laburpena***

Gizaki helduen hortz mamian gongor neuraleko fenotipoa erakusten duten ama zelula populazioak aurkitzen dira; hori dela eta “dental pulp stem cells” (DPSC) deritzete hauei. Markatzaile neuralen espresio basala, eskuragarritasun erraztasuna eta *ex-vivo* hedapen gaitasun handia kontuan izanda, DPSC-ak neuroberritze terapia zelularretan erabiltzea aukera erakargarria da. Desberdintzapenan zehar xeno-serum bariko erein medioak duen garrantzia eta honi esker zelulek lortzen duten "pre-diferentziazio" egoera agerian geratzen da ikerketa honetan. DPSC-ek duten neurodesberdintzeko barne gaitasunak neuroberritze terapia zelularretan erabiltzeko diferentziazio protokolo erraz, eraginkor eta seguruak sortzeko aukera ematen du.

Hitz gakoak: Ama-zelula, neuroberrikuntza, dental pulp stem cell (DPSC), neurodesberdintzapena.

***Abstract***

*Dental pulp stem cells (DPSC) population has been described in a dental pulp of adult teeth , which show a neural crest cell phenotype. Because of the basal expression of a wide variety of neural cells markers, easy accessibility compare with endogenoues neural stem cells and the big capacity of ex-vivo expansion, these are potentially a very attractive option for its use in autologous neuroregenerative cell therapies. It has seen the important role of xeno-serum free medium in the differentiation and the "pre-differentiation" status achieved by DPSC under this condition. The DPSC intrinsic neurodifferentiation potential may leaves the door open to easy, efficient and safe differentiation protocols for posterior use of this cells in neuroregenerative therapies.*

Key words: Stem, neuroregeneration, dental pulp stem cell (DPSC).

## 1. Sarrera eta motibazioa

Ama zelulei buruzko ikerkuntza ezinbestekoa da ehun ingeniaritza berritzaileen terapia berriak sustatzeko. Ehun mindu eta disfuntzionalak berritzeko zelulen transplantean datzan terapia zelularra etorkizuneko medikuntza irauli dezakeen tresna boteretsua da. Giza gorputzak stem zelulen bizitza helduan aktibatuta dirauten zenbait iturri ditu. Hauen egitekoa organismo helduan zelula desberdinduen berriztatzea mantentzea da, eta azala edo hezur muina bezalako berriztatze prozesu handiak jasaten dituzten ehunetan aurkitzen dira batik bat. Stem zelulen transplantea gertatu da jadanik arlo klinikoan eta dituen onurak frogatuak izan dira, teknika honetan jarrita zeuden esperantzak baieztatuz (Rama P. et al., 2010).

Terapia zelularraren behin behineko arrakasta izateko, ezinbestekoa da ama zelula populazio eskuragarri, *in vitro* hedakorrak, nahi den zelula motara desberdintzeko ahalmena dutenak, organismora ondo molda daitezkeenak eta arriskurik ez dutenak ( ez onkogenikoak) izatea.

Glia zelulak ondoan metatzeko joera dute ehunaren suntsitzea gertatzen denean, orban gliala sortuz, honek zuntz nerbiosoak sartzea eragozten du eta ondorioz mindutako gunean berrinerbazioa ekiditen da (M. . V. Sofroniew, 2009). Ikerketa esfortzuaren zati handi bat orban glialaren gainetik zuntz nerbiosoak gurutzatzera laguntzeko estrategiak lortzera dago fokatuta. Lortu dira jadanik emaitza faboragarriak alor honetan, usaimen- erraboileko zelulen transplantearen bitartez primate eta karraskarietan (A. Ramon-Cueto eta C.Muñoz-Quiles, 2011). Tratamendu hau giza pazienteetan erabiltzeko stem zelulen kantitate nahikoa lortzeko metodoak bilatzea beharrezkoa da. Stem zelula neuralak (NSC) 2 gunetan daude kokaturik burmuinean: hipokanpoko giro dentatuko zona

subgranularrean eta alboko bentrikulutako zona subbentrikularrean . Hauek gune irizgaitzak dira, bakarrik zauri handiko burmuin kirurgia bitartez eskuragarriak. Gainera, lortuko litekeen kantitatea oso txikia izango litzateke, burmuin *postmortem* batetik ateratzen ez balira, terapia autologoa baztertuko lukeena (T. D. Palmer et al., 2001).

Hobeto karakterizatuta dagoen stem zelula motatako bat stem zelula mesenkimala (MSC), hauek zilbor-heste, hezur muin, ehun adiposo,etab. aurkitu daiteke (H. K. Vaananen, 2005). Jatorri mesodermikoak duten zelula multipotentzialak dira eta ehun konektibo gehienen aitzindariak. Izaera mesodermiko eta neuroektodermikoa duten zelulen muga handia bada ere emaitza faboragarriak izan dira, bide honetatik lortu diren zelulak neural/glial funtzionalak edo efekto artefaktual bat baino ez badira ere (P. Lu et al., 2004). Bide honek zenbait arazo mediko azaltzen ditu, prozedura batzuek manipulazio genetikoa eskatzen dute, beste batzuek zitoeskeletoaren aldaketa edo hiltze zelularra baino ez dute lortzen, eta neurodesberdintzapenaren erakusle gisa erabiltzen diren markatzaile neural bakarrak lausoki agertzen dira.

MSC-ak desberdintzatu daitezkeela frogatzen ez bada ere, MSC-ak eta beste stem zelula batzuk nerbio ehunaren berrikuntzan parte har dezaketela deskribatu da beste mekanismo batzuk erabiliz, esate baterako, anti-hantura zitokinen sekrezio bitartez edota hazkuntza,biziraute eta angiogenesia sustatzen duten faktoreen bitartez, eta mitokondriaren transferentzia eta fusio zelularra (Y. H. Song et al., 2011). Oraindik ez da argi geratu hauetako zeinek jokatzen duen paper garrantzitsuagoa funtzionamendu neuralaren hobekuntzan MSC transplante esperimentutan.

Zelula neuralak lortzeko beste modu bat gongor neuraleko stem zelulak, *neural crest stem cells* (NCSC) erabiltzea da. Orain dela gutxi ezagutu da hortz eta periodontoko ehuna NCSC iturri garrantzitsuak direla. Ehun konektibo kraneofazial gehienak, hortz muina eta lotailu periodontala, besteak beste, ehun konektibo berezi batez osaturik daude, zein garapen enbrionarioan zehar gongor neuraletik gongor neuraletik sortua den eta ektomesenkima da izendatua (S. Gronthos et al., 2000). Aho muskulua, hezur, mingain, nerbioa eta hortz stem zelulak ektomesenkimatik (EMSC) datoz eta jatorria konpartitzen dute NCSC-ekin.

Zelula hauen ezaugarri garrantzitsuenetako bat hauetako kantitate handi bat hortz mamian eta lotailu periodontalean mantentzen direla da, bai betirako hortz zein hortz erorkorretan ere (G. T. Huang et al., 2009). *In vivo* funtziorik garrantzitsuena fibroblastoak, hortz mamian, eta dentina eratzeko odontoblasto populazioen berritzea da, ehun periodontaletan berriz kolageno zuntzak eta fibroblastoak birmoldatzen laguntzen du indar murtxikatzailea moldatzeko ( B. M. Seo et al., 2004). Hortz EMSC-en abantaila gongor neuraleko fenotipoa erakusten dutela da eta MSC-etan gertatzen ez de bezala neural aitzindarien markatzaileak adierazten ditu kondizio basaletan. Enbriogenesian alboko sistema nerbiosoarekin ama-komunean duten jatorria kontuan izanda, zilegi dirudi EMSC-ak beste stem zelulak baino zelula nerbiosoetatik zenbait pauso aurrerago egotea eta, beraz, neurodesberdintzapen gaitasun handiagoa izatea. Hala ere, aipatu beharra dago desberdintze erraztasun hau ez dela hortz EMSC-ena bakarrik , beste NCSC batzuek ere, azal edo ile-folikuluko zelulek antzerako ahalmena dute ( K. J. L. Fernandes et al., 2006).

Hainbat EMSC desberdin aurki daitezke hortz helduetan:

- EMSC stem zelulen artean giza hortz erorkorren ama zelulak daude, baita bere ingelesezko akronimoaz ezagunak, SHED ( I. Kerkis et al., 2007).
- EMSC-en barruan koka daitezkeen beste ama zelula batzuk lotailu periodontalean aurkitzen direnak dira (PDLSC)( J. Xu et al., 2009).
- Digestio entzimatiko bitartez isolatuak izan daitezkeen gongor neuraletik eratorriak diren EMSC populazioak aurkitzen dira giza hortz helduetan. *In vitro* ereinduak direnean forma fibroblastikoa duten kolonia itsaskor klonogenikoak sortzen dituzte . DPSC akronimoz ezagunak

diren ama zelula hauek, ugaritze ahalmen aldakorra adierazten dute eta baita morfologia eta ehun markatzaile espektro zabal bat ere. Errealitatea da *in vitro* hazitako DPSC-ak hainbat lerro zelularretara desberdindu daitezkeela odontoblastoak, adipozitoak, gihar zelula eta kondroblastoetara, adibidez . Lerro batera edo bestera desberdintzatzeko ahalmena ehun ostalariak askatzen dituen seinale parakrinoen menpe dago, zelula transplantatuak ehunaren fenotipo berezi bera sortzea eraginez (J. Yu et al., 2007). Deskribatu da 3 geruza enbrionarioetara desberdintzeko gaitasuna dutela; endodermo, mesodermo eta ektodermora, bakarrik ama zelula enbrionarioen (ES) eta zelula pluripotente induzituen (IPS) ezaugarri berezia uste zelarik (M. Atari et al., 2011). Markatzaile pluripotentzialak (Oct4, Sox2) eta berezko mesenkimalak ( kolagenoI eta vimentina) adierazten dituzte. Ikerketa honetan ikusiko den bezala, gainera, markatzaile neural batzuk (B3tubulina, nestina) ere espresatzen ditu eta "pre-diferentziazio" egoeran aldaketa eman daitezke hauetako batzuetan (M. Kiraly et al., 2009).

Eskuragarritasun erraztasuna, odol gabeko kirurgia beharra eta stem zelulen kantitate handia kontuan hartuta, DPSC zelula mota neuroberrikuntza terapia zelular autologoetan erabiltzeko tresna ezin hobea da. Hori dela eta, ezinbestekoa da zelula hauen karakterizazio eta ezagutza absolutua giza pazienteetan lan egiten hasi baino lehen.

Orain arte literaturan deskribaturiko neurodesberdintzapenean erabilitako koktelek giza organismoarentzako toxikoak diren sustantziak dituzte. Gainera, DPSC-en hedapenerako erabilitako erein medioak DMEM (Dubelcco's modified Eagle medium), FBS%10-an du, zein giza organismorako elementu exogenoa den. Ezinbestekoa da zelula hauek terapia zelularretan erabiliko diren heinean, ahalik eta osasuntsuen eta naturalen mantentzea, beraz, gorputzarentzako exogenoak diren elementuak desberdintzapen protokolotik ezabatzea. Horregatik stem zelulentzako berezia den serum gabeko hazkuntza medioa erabiliko dugu, stem pro bezala ezaguna dena, eta STP izendatuko duguna. Gure ikerketa zelula hauen neurodesberdintzatzeko ahalmen intrintsekoak erabiltzean oinarrituko da, sasi-desberdintzapen bat lortu eta ondoren fase *in vivo* batean testatzeko.

## 2. Ikerketaren helburuak

Xede nagusia hortz mamitik lortutako zelulen neurodiferentziazio ahalmena ezagutzea da. Horretarako lerro nerbiosoetara diferentziazioa erraztu dezaketen elementu eta mekanismoak ikertzea ezinbestekoa da. Helburu espezifikoak hurrengoak dira:

- DPSC-en karakterizazio orokorra.
- Serum gabeko medioak molekularki eta zelularki eragin dezakeen "pre-diferentziazio" egoera.
- Diferentziazio nerbiosoan garrantzitsuak diren molekula desberdinen eta molekula hauen hartzaileen identifikazioa: neurotrofinen hartzaileak, neurotrofinak eta neurotransmisoreak.

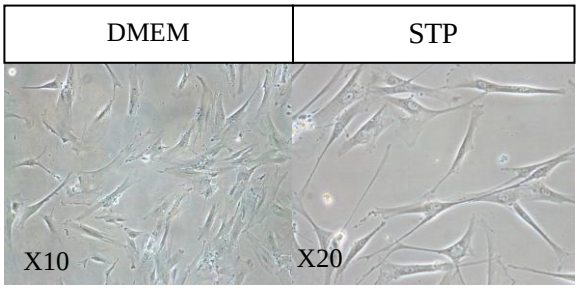
## 3. Ikerketaren muina

DPSC-ekin lan egiteko orduan argi izan behar da azken helburua hauek giza terapia zelularretan erabiltzea izanik ezin direla zelula hauen bidegarritasuna zein normaltasuna aldatu ditzaketen konposaturik erabili. Premiazkoa da zelulak era natural eta seguru batean lerro neuraletarantz desberdinduko dituen bide bat aurkitzea. Ikerketa honek oinarri izango du gizakiarentzat faktorerik exogenorik gabe lan egitea. Hazkuntza medio arruntek %10 behien feto serum-a beharrezkoa izaten dute, beraz, erabiliko diren medioek hau ez edukitzea izango da lehen urratsa, erabiliko den hazkuntza medio ordezko Stem PRO izenarekin ezagutzen da merkatuan eta STP bezala izango da izendatua lan honetan.

### 3.1 DPSC-en oinarrizko karakterizazioa

DMEM zein STP-n azaleko karakterizazio burutu da batetik DPSC-ek dituzten berariazko gaitasunak ezagutzetako eta bestetik ea serum gabeko medioak oinarrizko ezaugarrietan inolako aldaketarik eragiten duen jakiteko.

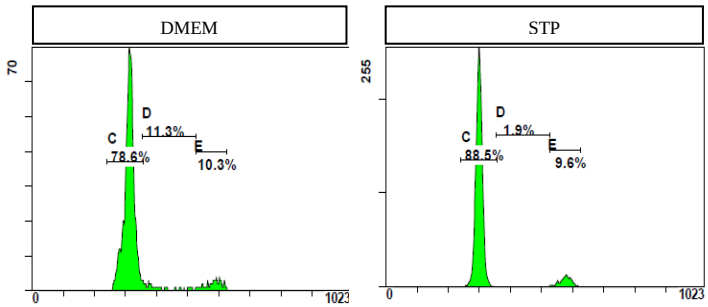
**1. irudia. Fenotipo aldaketa DMEM eta STP medioetan ereindako DPSC-etan.**




1.irudian ikus daitekeen moduan alderantzizko mikroskopio optikoan serum-aren presentazian (DMEM) kultibatuak izan diren DPSC-ak fibroblasto-moduko itxura zapal eta luzatua erakusten dute, STP-en ereinduak izan direnak berriz neural-moduko itxuraruntz hurbiltzen dira, prozesu luze eta finak ikusten direlarik.

Garrantziskoa den beste puntu bat, DPSC-ek duten proliferazio ahalmena da. Hori neurtzeko fluxu zitometro bidez ziklo zelularreko experimentuak burutu ziren ioduro propidioa erabiliz. Proba honi esker ez da bakarrik DPSC-ek duten bikoizketa heina zehaztu baizik eta serum-aren absentziak eragiten duen proliferazio ratio aldaketa ikustea lortu da.

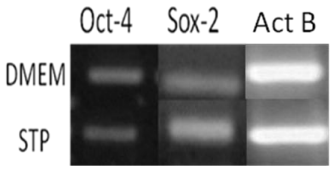
**2. irudia. Fluxu zitometria bitartez 2 erein medioen ereindako DPSC-en ziklo zelular azterketa.**




2.irudian DMEM eta STP-n hazkuntza kultibotan hazitako DPSC-en ziklo zelularreko egoera dago irudikatuta. Horrela serum-aren presentzian ereindako zelulen populazioaren %21,6 metafase egoeran dagoela ondorioztatu zen. STP-n hazitako zelulen %11,5 baino ez da bikoizketa fasean agertzen. Emaitza hauek “pre-diferentziazio”-aren hipotesia bermatzen dute nola bait, non bikoizketaren gelditzea zelulak diferentziazio egoeran sartzean lortzen den efektuari dagokiola ulertzen bada.

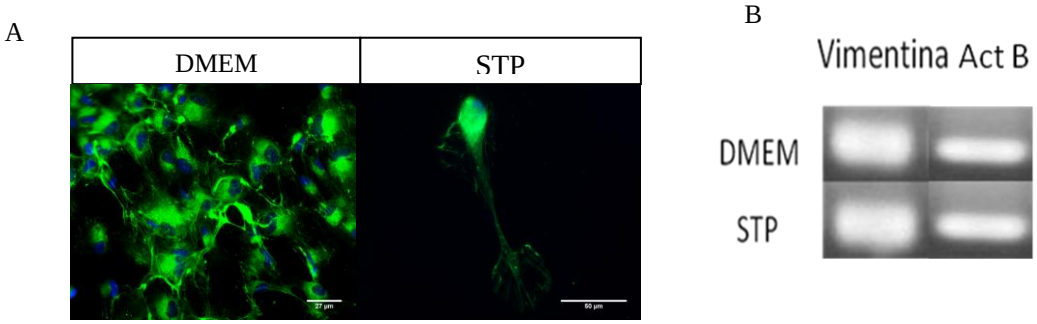
Azkenik oinarrizko karakterizazio honi amaiera emateko 1 atalean (sarreran) aipatu den pluripotentzialtasuna frogatzeko zenbait esperimentu burutu ziren. 3 geruza enbrionariotako markatzaileak aztertuz.

**3. irudia.PCR konbentzional bidez OCT-4 eta SOX-2 geneen azterketa. Actina B “housekeeping”- a geneen kontrol positibo bezala erabili da.**



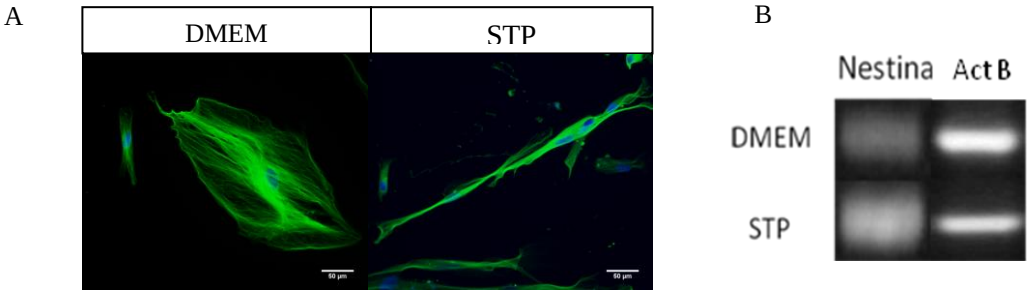

3.irudian PCR konbentzionalen bitartez OCT-4 eta SOX-2 markatzaile pluripotentzialen geneei dagozkien bandak ikus daitezke 2 erein egoeratan.

**4. irudia. A, kolageno I dagokion immunozitokimika. B, PCR konbentzional bidez vimentinaren genearen azterketa. Actina B "housekeeping"- a geneen kontrol positibo bezala erabili da.**




4A. irudian kolageno I markatzaile mesenkimala geneari dagozkien immunozitokimikako irudiak ikus daitezke 2 egoeratan, biak x40 handipenetara daude eta 2.ek aurkezten dute markatzailea (berdez).4.B irudian PCR konbentzionalen bitartez vimentina markatzaile mesenkimala geneari dagozkion bandak ikus daitezke 2 egoeratan.

**5. irudia. A, B3tubulinari dagokion immunozitokimika. B, PCR konbentzional bidez nestinaren azterketa. Actina B "housekeeping"- a geneen kontrol positibo bezala erabili da.**

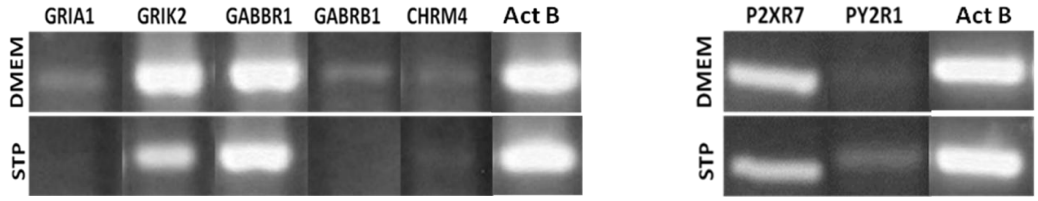



5A.irudian β3tubulina markatzaile neurala geneari dagozkien immunozitokimikako irudiak ikus daitezke 2 egoeratan, biak x40 handipenetara daude eta 2.ek aurkezten dute markatzailea (berdez) fenotipoki desberdinak badira ere.4.B irudian PCR konbentzionalen bitartez nestina markatzaile neurala geneari dagozkion bandak ikus daitezke 2 egoeratan.

### 3.2 Serum absentzian, STP-n, ereindako zelulen "pre-diferentziazio" egoera

Behin oinarrizko ezaugarriak aztertuta eta DPSC zelulek duten izaera anizkoitza eta pluripotentzialtasuna frogatu ostean, lerro nerbiosoko zelulek bere dituzten ezaugarriak DPSC-etan agertzen diren begiztatzea izan zen hurrengo pausua.

**6. irudia. Neurotransmisoreen hartzaileei dagokien PCR konbentzionalen emaitzak. Actina B "housekeeping"- a geneen kontrol positibo bezala erabili da.**

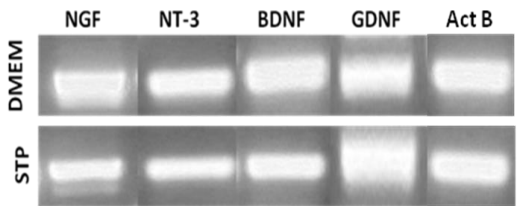



6.irudian PCR konbentzional bidez neurotransmisore nagusien hartzaile diren geneei dagozkien bandak ikus daitezke. Argi eta garbi antzematen da 2 egoeratan adierazpena antzeko dela. Beraz, nerbio ehunetako zelulen berezko diren ezaugarriak azaltzen dituzte DPSC-ek eta STP-n ereitean ez dira hauek galtzen. Parentesi artean hartzaile bakoitzaren agonista dago izendatua; GRIA1(ampa), GRIK(kainato), GABBR1/GABRB1(gaba), CHRM4(kolinergikoa), P2XR7(ATP,ionotropikoa), PY2R1(ATP,metabotropikoa).

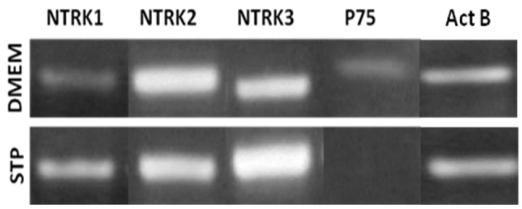
Alde batetik, neurotrofinak eta hauen hartzaileak ditugu. Neurotrofinak zelula nerbiosoek askatzen dituzten hazkuntza, desberdintze eta biziraute elementuak izaki, hauen presentzia DPSC-etan aztertu zen.

**7. irudia. A, neurotrofinei dagokien PCR konbentzionalaren emaitza. B, neurotrofinen hartzaileei dagokien PCR konbentzionalaren emaitza. Actina B "housekeeping"- a geneen kontrol positibo bezala erabili da.**

A




B

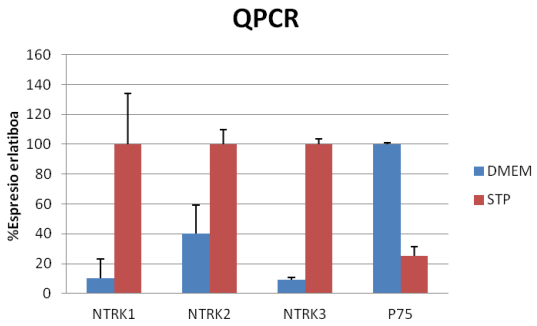



7.A irudian PCR konbentzional bidez neurotrofina nagusiak diren geneekin erlazionatutako bandak ikus daitezke.

Argi eta garbi antzematen da 2 egoeratan adierazpena antzeko dela. Bestalde, 7.B irudian PCR konbentzional bidez neurotrofinen hartzaile nagusiak diren geneei dagozkien bandak ikus daitezke. Kasu honetan, berriz, adierazpen desberdintasuna dago serum gabeko hazitako zeluletan. Derbedintasun agerienak NTRK1 eta P75 geneetan antzeman daitezke. Bai serum-dun medioan (DMEM) zein STP-n adierazpen geniko berbera ikusten da kasu gehienetan, hala ere, agerian geratzen da STP medioan ereindutako zelulek zenbait desberdintasun adierazten dituztela gene expresioan DMEM-ekoekin alderatuta. Neurotrofinen hartzaileen kasua da esanguratsuena. Elementu hauek neurodesberdintzapenean duten garrantzia kontuan izanda, gehiago sakondu nahi izan da hauen esagutzan eta hurrengo irudian adieraziko diren PCR kuantitatiboen emaitzek argi usten dute jasandako aldaketa.

Argi ikusten da STP medioko zelulek erakusten duten NTRK1 (NGF), NTRK2 (BDNF) eta NTRK3 (NT3)ren gain-adierazpena, P75 afinitate baxuko hartzailea azpi adierazi egiten delarik mRNA mailan (8.irudia). Emaitza honek hurrengo pausoa eta neurodesberdintzapenaren helburua lortzeko bidea argi usten du. STP-k lortarazten duen hartzaileen gain-espresioa aprobetxatu beharreko tresna bat da. Hurrengo atalean ikusiko den bezala.

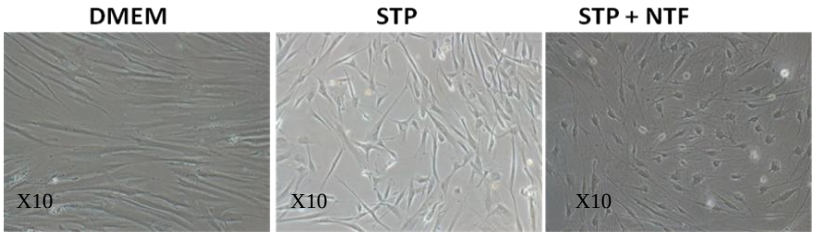
**8.irudia. Neurotrofinen hartzaileei dagozkien PCR kuantitatiboaren emaitza.**




### 3.3 Neurotrofina bidezko diferentziazio koktela

Aurreko azpiatalean NGF,BDNF eta NT3 neurotrofinen hartzaileak STP hazkuntza medioan gain-adierazi egiten direla ondorioztatu da. STP medioari 3 neurotrofina hauek gehituz ea burmuineko NSC-en neurodiferentziazioan deskribatuta dagoen neurotrofinen hartzaile bidezko desberdintzapena aztertzeko.

**9.irudia. 3 egoera (DMEM/STP/STP + neurotrofinak gehituta) desberdinetan DPSC zelulen irudi optikoa.**




Aldaketa fenotipikoa benetako desberdintzapen bat egon dela zihurtatzeko nahikoa ez bada ere, argi geratu da 3 egoeratan DPSC-ek aldaketa morfologiko esanguratsu bat izan dutela (8.irudia). STP eta neurotrofinak konbinatzean glia moduko izar itxurako, eta neuronen antzeko prozesuak, dendritak eta axoiak, dituzten zelulak ikusten hasten dira, eta beraz, nolabaiteko desberdintzapena eman dela proposatu daiteke.

## 4. Ondorioak

- DPSC-en karakterizazio hertsia lortu da.

- DPSC-ak serum gabeko mediotan ereitean genotipo zelularrean aldaketa nabari bat frogatzen da, lehen aipatutako "pre-diferentziazio" teoria bermatzen delarik. (STP) serum gabeko medioan neurotrofinen hartzaileen (NTRK1,NTRK2,NTRK3) gene gain-adierazpen bat ikusten da, proliferazio eta beste gene batzuen adierazpen aldaketa batzuekin batera baina ezaugarri orokor eta garrantzitsu bat bera ere aldatu gabe.

- Neurotransmisoreen hartzaileen gene adierazpenean aldaketa nabaria ematen da serum absentzia eta presentziaren arabera erein medioan.

- Neurotrofinak gehitzean GFAP adierazpena handitu eta glia itxurako fenotipoa lortzera heltzen dira DPSC-ak, nolabaiteko diferentziazioa islatuz.

Azkenik, orokorrean, ikerketa honetan neurotransmisoreen eta neurotrofinen aurrean DPSC-en erantzun ahalmena egiaztatu da. Honek terapia zelularreko pazienteen segurtasuna arriskuan jarriko ez duen neurodiferentziazio protokolo berriak sortzeko aukera emango du.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Burutuko den lehen azterketa, neurotrofinen koktela gehitzean DPSC-ak jasaten dituzten aldaketa molekular eta zelularrak jasotzea izango da. Ezinbestekoa izango da desberdintzapen koktela gehitu ostean markatzaile neural berantiarrak adierazten hasten diren jakitea.

DPSC zelulek duten neurodiferentziazio barne ahalmena frogatu ostean, ikerketa honek iraun duen bitartean jasotako informazio guztiarekin neurodiferentziazio protokolo eraginkor eta fidatzekoa osatzea izango da hurrengo pausoa. Ezinbestekoa izango da, DPSC-ekin giza pazienteetan lan egiten hasi baino lehen hauek nahi ditugun lerro nerbiosoetarantz ( mikroglia, oligodendrozitoak, neuronak, etab.) desberdintzeko ahalmena lortzea, eta prozedura hau errepikagarria izan dadila.

Bestalde, fase *"in-vivo"* bat ere aurreikusia dago proiektu honetan, DPSC desberdinduak ehun nerbiosoan edozein modutako lesioren bat izan duten edota gaixotasun nerbiosoren bat pairatzen duten saguekin lan egitea da helburua, benetan terapia zelularretan izan dezaketen garrantzia testatzeko eta zelula ostalariekin sor ditzaketen elkarrekintzak baloratzeko.

## 6. Erreferentziak

A. Arthur et al., (2008), "Adult human dental pulp stem cells differentiate toward functionally active neurons under appropriate environmental cues," *Stem Cells*, vol. 26, no. 7, pp. 1787–1795.

A. Ramon-Cueto and C.Muñoz-Quiles, (2011) "Clinical application of adult olfactory bulb ensheathing glia for nervous system repair," *Experimental Neurology*, vol. 229, no. 1, pp. 181–194.

B. M. Seo et al., (2004), "Investigation of multipotent postnatal stem cells from human periodontal ligament," *Lancet*, vol. 364, no. 9429, pp. 149–155.

G. T. Huang et al., (2009) ,"Mesenchymal stem cells derived from dental tissues vs. those from other sources: their biology and role in regenerative medicine," *Journal of Dental Research*, vol. 88, no. 9, pp. 792–806 .

H. K. Vaananen, (2005), "Mesenchymal stem cells," *Annals of Medicine*, vol. 37, no. 7, pp. 469–479.

I. Kerkis et al., (2007), "Isolation and characterization of a population of immature dental pulp stem cells expressing OCT-4 and other embryonic stem cell markers," *Cells Tissues Organs*, vol. 184, no. 3-4, pp. 105–116.

J. Xu et al.,(2009), "Multiple differentiation capacity of STRO-1+/CD146+ PDL Mesenchymal Progenitor Cells," *Stem Cells and Development*, vol. 18, no. 3, pp. 487–496.

J. Yu et al., (2007), "Odontogenic capability: bone marrow stromal stem cells versus dental pulp stem cells," *Biology of the Cell*, vol. 99, no. 8, pp. 465–474, 2007.

K. J. L. Fernandes et al., (2006)"Analysis of the neurogenic potential of multipotent skinderived precursors," *Experimental Neurology*, vol. 201, no. 1, pp. 32–48.

M. Atari et al., (2011), "Isolation of pluripotent stem cells from human third molar dental pulp," *Histology and Histopathology*, vol. 26, no. 8, pp. 1057–1070.

M. Kiraly et al., (2009), "Simultaneous PKC and cAMP activation induces differentiation of human dental pulp stem cells into functionally active neurons," *Neurochemistry International*, vol. 55, no. 5, pp. 323–332.

M. V. Sofroniew, (2009) "Molecular dissection of reactive astrogliosis and glial scar formation," *Trends in Neurosciences*, vol. 32, no. 12, pp. 638–647.

Rama P. et al.,. (2010) Limbal stem-cell therapy and long-term corneal regeneration. N Engl J Med. Jul;363(2):147-55.

P. Lu et al., (2004) "Induction of bone marrow stromal cells to neurons: differentiation, transdifferentiation, or artifact?" *Journal of Neuroscience Research*, vol. 77, no. 2, pp. 174–191.

S. Gronthos et al.,(2000) "Postnatal human dental pulp stem cells (DPSCs) in vitro and in vivo," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of Amer*ica, vol. 97, no. 25, pp. 13625–13630

X. Yang et al., (2007), "Multilineage potential of STRO-1+ rat dental pulp cells in vitro," *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, vol. 1, no. 2, pp. 128–135.

Y. H. Song et al., (2011), "Stem cell-induced cardiac regeneration: fusion/mitochondrial exchange and/or transdifferentiation?" *Cell Cycle*, vol. 10, no. 14, pp. 2281– 2286.

## 7. Eskerrak eta oharrak

- Jesus Gangoiti Barrera fundazioari eskerrak emandako diru laguntzagatik.

- UPV/EHUk emandako beka predoktoral bati esker sustatua izan da ikerketa (PIF/13/268).

# Sistema endokannabinoidearen eragina estres kronikodun sagu eredu batean

*Egaña J. Fernández A, Royo N, Reguero L, Puente N, Grandes P, Elezgarai I, Sarria R*

*Neurozientziak Saila, Medikuntza eta Odontologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea E-48940 Leioa*

*Jegana009@ikasle.ehu.eus*

***Laburpena***

Gaur egun, gero eta ebidentzia gehiago aurkitzen dira sistema endokannabinoideak (eCB) estres-prozesuetan duen ondorioei buruz. Sistema horretan dagoen CB1 hartzailea (CB1R) genetikoki ezabatzeak hipotalamo-hipofisi-adrenal (HPA) ardatzaren aktibitatea areagotzea eragiten du eta animaliak estresera sentsibilizatzen ditu. Are gehiago, ikerketa neurofisiologikoek erakutsi dutenez, CB1 hartzailearen aktibitatean aldaketak gertatzen dira estresaren ondorioz. Aurkikuntza hauek badira ere, ez da oso ezaguna estresaren eragina aipatutako giltzurrun gaineko guruinaren sistema endokannabinoidean.

Hitz gakoak: eCB-CB1R-estres-giltzurrun gaineko guruina

***Abstract***

*Increasing evidence suggests that the endocannabinoid (eCB) system plays a role in stress responses. Genetic disruption of the endocannabinoid signaling by knocking out the cannabinoid 1 receptor (CB1R) increases activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis, sensitizing animals to stress. Furthermore, neurophysiological studies reveal changes in CB1 receptor activity following stress. Despite these findings, little is known about how stress affects the endocannabinoid system in the adrenal gland.*

*Key words: eCB-CB1R-stress-adrenal gland*

## Sarrera eta motibazioa:

Estresaren erantzunean, estresatzaile fisiologiko zein psikologikoen aurrean gorputzaren homeostasia mantentzeko martxan jartzen diren sistema fisiologikoak biziraupen-tasa handitzeko balio dute. Bi babes-sistema aktibatzen dira nagusiki: nerbio sistema begetatiboa eta sistema neuroendokrinoa. Erantzun begetatiboan, sistema adrenomedularraren parte diren giltzurrun gaineko guruinaren muineko zeluletan katekolaminen sintesiaren eta jariapenaren handipena gertatzen da. Erantzun neuroendokrinoan berriz, hipotalamo-hipofisi-adrenal ardatzaren (HPA) aktibazioaren ondorioz, glukokortikoideen jariapenaren handipena gertatzen da (Pecorano et al., 2006).

Endokannabinoide sistema hainbat prozesu fisiologiko eta fisiopatologikotan parte hartzen duen sistema neuromodulatzailea da. Izan ere, estres erantzunaren erregulatzaile kritiko moduan proposatu izan da HPA ardatzaren sentsibilitatea eta aktibitatea modulatzen dituelako (Steiner et al., 2008). Endokannabinoide sistemaren inhibizioak HPA sistemaren aktibazioa eragiten du (Patel eta Roelke, 2004). Gainera sistema horrek estres-egoeren aurrean gertatzen diren egokitzapen-prozesuetan ere parte hartzen du (Patel eta Hillard, 2008).

Hau guztia jakinda, gure interesa sistema endokannanbinoidearekin erlazionatutako proteina desberdinak giltzurrun gaineko guruinean espresatzen diren ala ez jakitea izan da. Horrez gain, estres kronikodun egoeran proteina ezberdinen espresioarekin zer gertatzen den aztertu dugu.

## Arloko egoera

HPA ardatzean hiru atal bereizten dira: a) hipotalamoa, non nukleo parabentrikularreko tamaina handiko neuronek kortikotropinaren faktore askatzailea (CRF) sintetizatu eta jariatzen duten b) hipofisia, non zelula kortikotropikoek CRFren eraginez kortikotropina (ACTH) sintetizatu eta askatzen duten eta c) giltzurrun gaineko guruinaren kortexa edo azala, non nagusiki ACTHren efektuagatik glukokortikoideak jariatzen diren (Tasker eta Herman, 2011).

Hormona horiek atzeraelikadura mekanismo negatibo baten bitartez, HPA ardatzaren atal zentralen funtzioa (hipotalamoa zein hipofisiarena) inhibitzen dute. Atzeraelikaduraren fase azkarrean gertatzen diren aldaketak mintzeko glukokortikoideen hartzaileek endokannabinoideen ekoizpenean daukaten eraginagatik gertatzen dira (Malcher–Lopes et al., 2006).

Endokannabinoideak sinapsi atzeko mintzean sintetizatzen diren molekula lipidikoak dira. Garrantzitsuenak 2-AG (2-arakidonilglizerola) eta anandamida (N-arakidoniletanolamida) dira. Espezifikoak diren hartzaileekin (CB1 eta CB2) batuz, sinapsi aurreko neurotransmisoreen askapena inhibitzen dute (Howlett et al., 2002). Egoera normaletan sistema endokannabinoideak erregulazio negatibo bat eragiten du HPA ardatzean eta nerbio sistema begetatiboan eta ondorioz, sistema horietako hormonen jariapena inhibitzen da. Estres-egoeretan, endokannabinoide mailak jaisten dira eta horren ondorioz, inhibizioa eteten da eta aipatutako bi sistemak berriro aktibatzen dira (Hill et al., 2011).

Orain arteko ikerketa gehienak HPA ardatzaren egitura zentraletan egin dira; hala ere, azkenaldian plazaratutako zenbait artikulutan sistema horren eragina ardatzaren eremu periferikoan ere eman daitekeela argitaratu da, hots, endokanabinoiedeek giltzurrun gaineko guruinean ere eragin zuzena dutela. Horrela, untxietan egindako ikerketa baten, zelula kromafinen adrenalina-jariaketan sistema endokannabinoidearen inplikazioa frogatu da (Nierderhoffer et al., 2001). Horrez gain, RT-PCR teknika erabiliz, endokannabinoide lehen eta bigarren motako (CB1 eta CB2) hartzaileen espresioa egiaztatu da gizakien guruineko zelula kortikaletan. Gainera, CB1 motako hartzailearen aktibazioak esteroidogenesiaren inhibizioa eragiten du (Ziegler et al., 2010).

## Helburua:

HPA ardatzaren erregulazioan sistema endokannabinoideak duen parte-hartzea jakina delarik, lan honen hasierako helburua giltzurrun gaineko guruinean endokannabinoide sistemarekin erlazionatutako proteinen espresioa frogatzea izan da. Giltzurrun gaineko zelulen funtzioarekin zerikusia duten beste proteinen espresioa ere bilatu da. Horrez gain, estres kronikodun egoeretan giltzurrun gaineko zeluletan sistema endokannabinoidearen proteinen espresioan eman daitezkeen aldaketak aztertu dira. Helburu horiek aurrera eramateko, teknika immunozitokimikoak erabili ditugu, mikroskopio optikorako zein elektronikorako.

## Ikerketaren muina:

Ikerketa burutzeko hiru sagu mota erabili dira. C57 sagu kontrolak eta kronikoki estresatuak izan diren animaliak. Animaliak estresatzeko immobilizazio-teknika bat erabili da non saguak plastikozko poltsa itxietan sartzen diren egunero ordubetez, 10 egunetan zehar. Hirugarren animalia mota CB1 hartzailearen sagu *knockout*-a izan da.

Animalia guztiak perfunditu ondoren ateratako giltzurrun gaineko guruinak moztu dira bibratomo baten bidez 40 mikra lodierako xerrak lortzeko. Teknika immunozitokimikoak erabiliz sistema endokananbinoideekin erlazionatutako proteina desberdinen espresioak aztertu dira animalia kontroletan eta estresatuen giltzurrun gaineko hainbat eremutan, zehatzago, azalean eta muinean. Horien artean CB1, TRPV1 (*transient receptor potential vanilloid subfamily, member 1*) eta DAGL α (*diacylglycerol lipase α*) 2-AG sintesian parte hartzen duen entzimaren proteinak daude. Proteina horiez gain, giltzurrun gaineko zelulen funtzioarekin zerikusia duten beste proteina batzuk bilatu dira. Horien artean TH (*tyrosine hydroxylase*) katekolaminen sintesian parte hartzen duen entzima eta sinapsi aurreko eremuan kokatzen diren I taldeko glutamatoaren hartzaile metabotropikoak, mGluR1a eta mGluR5a. Proteina desberdinen espresioak mikroskopio optikoan zein elektronikoan aztertu dira. Laginak mikroskopio elektronikoan ikusi ahal izateko, aurretik zilar bidezko intentsifikazioa erabiltzen duen urre markaketaren bidez proteinak markatu dira. Ikerketan lortutako emaitzen argi mikroskopio mailako azterketa argazki kamera bat duen (Axiocam HRc) Zeiss Axiophot mikroskopio batean burutu da. Antigorputzen markaketen intentsitatea neurtzeko Image J programa erabili da eta lortutako datuen analisi estatistikoa GraphPad (Prism 4, 4.03 bertsioa)

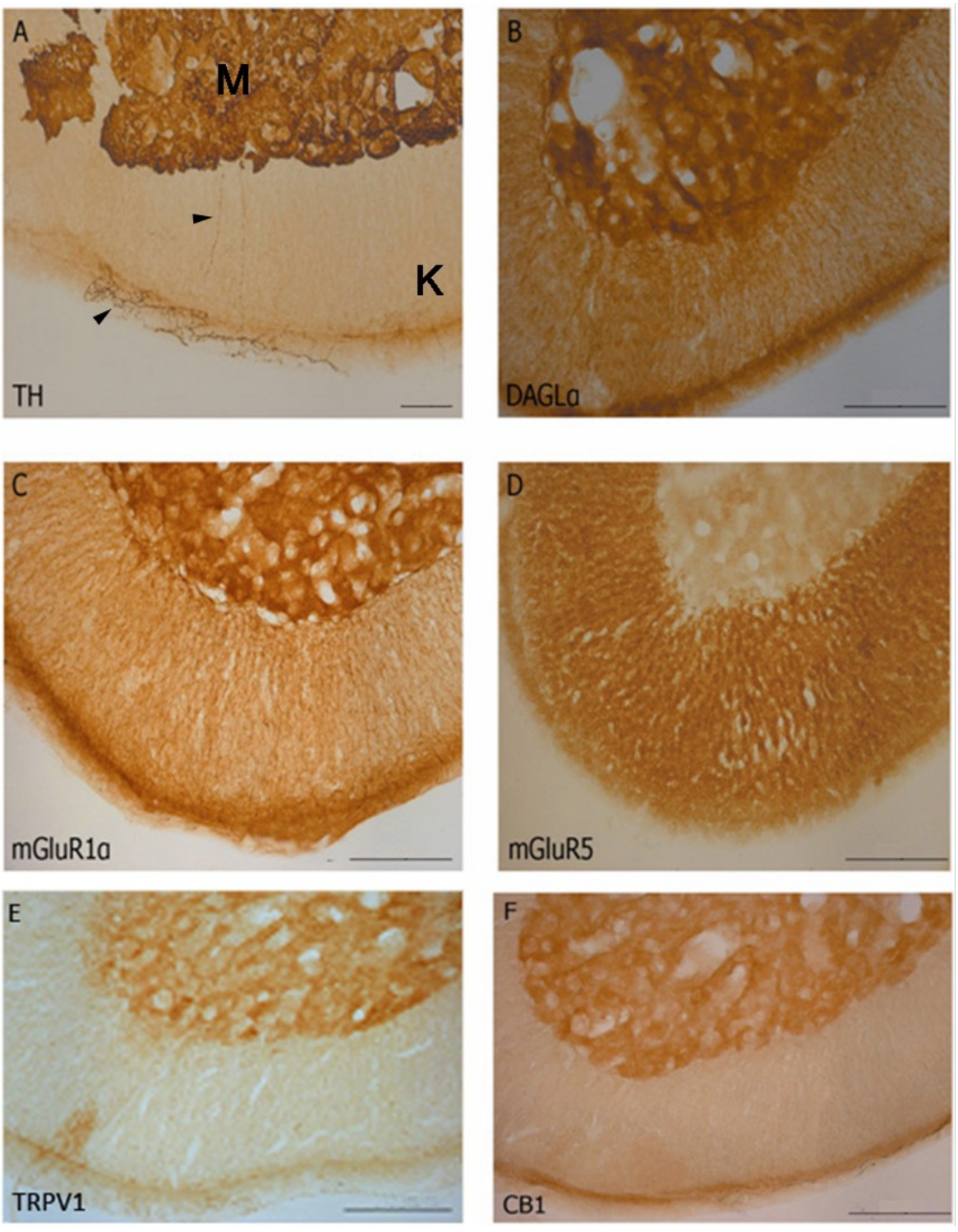
programa informatikoa erabiliz egin da. Mikroskopio elektroniko mailako behaketa Morada kamara bati lotutako Philips EM2008S mikroskopio batean egin da.

Argi mikroskopia mailan, animalia kontroletan TH immunorreaktibitatea muineko zelula kromafinetan ikusten da (1A irudia), non katekolaminak (epinefrina eta norepinefrina) ekoizten diren. Gainera, giltzurrun gaineko guruinaren kapsulan eta azalean zehar TH immunorreaktiboak diren nerbio zuntzak ere ikus daitezke (1A irudia). Kokapena eta intentsitateari dagokionez, aztertutako endokannabinoide-sistemarekin erlazionatutako proteinen espresioak ez dira uniformeak izan. CB1 hartzailearen markaketa batez ere muineko zelula kromafinetan ikusten da, nahiz eta azalean ere agertu (1F irudia). Giltzurrun gaineko muineko zelulak ere intentsitate handiko DAGL markaketarekin agertzen dira (1B irudia). Azalean ere hari itxurako DAGL espresioa dago (1B irudia). Azkenik TRPV1 espresioa bakarrik guruinaren muineko zatian ikusten da (1E irudia). Aztertutako I taldeko glutamatoaren hartzaile metabotropikoen espresioa guztiz desberdina da. mGluR5 immunorreaktibitatea azaleko geruza guztietan agertzen da (1D irudia), mGluR1 markaketa, aldiz, giltzurrun gaineko muineko zeluletan soilik aurki daiteke (1C irudia).

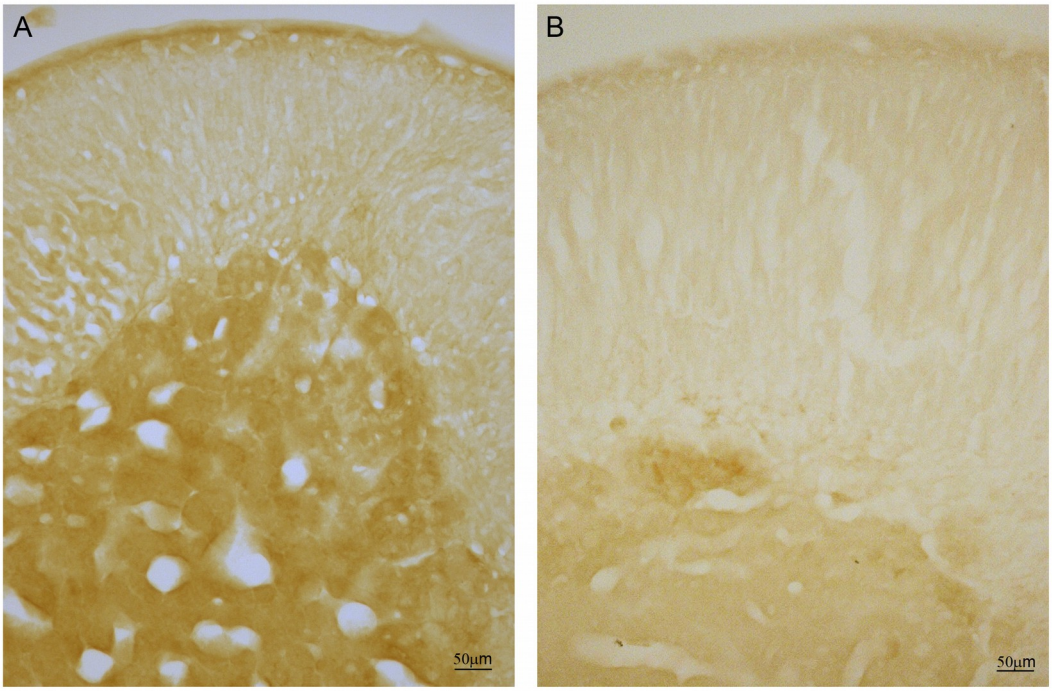
Animalia estresatuetan ikusitako antigorputzen kokapenek, kontrol animaliekin alderatuta, ez dute ezberdintasunik adierazten. Hala ere, estresatutako animalietan CB1 hartzailearen markaketaren intentsitatea kontrol animaliena baino txikiagoa da, batez ere muineko zeluletan (2A eta 2B irudia). GraphPad programa informatikoa erabiliz, animalia estresatuen muineko zeluletan gertatzen den CB1 hartzailearen markaketaren intentsitate jaitsiera esanguratsua dela ($p < 0.05$) bermatu dugu (1.taula). Animalia estresatuen kortexeko zeluletan lortutako CB1 hartzailearen markaketaren intentsitatea baxuagoa da animalia kontrolarena baino. Hala ere, jaitsiera hori ez da esanguratsua ($p > 0.05$).

Mikroskopio elektronikorako prozesatutako laginetan, animalia kontroletan, CB1 hartzailearen espresioa giltzurrun gaineko guruinaren zelula kortikalen arteko odol-hodietako paretako zeluletan behatu dugu (3A). Animalia estresatuetan CB1 hartzailearen markaketa kortexeko zelula mota berdinetan ikusten da (3B). Ikusitako markaketa espezifikoa dela ziurtatzeko, CB1 hartzailearen sagu *knockout*-ak erabili dira, eta animalia mota horietan ez da hartzailearen markaketarik ikusi (3C). Muineko zeluletan ere nerbio bukaeren mintzean eta zelulen mitokondrietan CB1 hartzailearen markaketa dagoela ikusi da (4.irudia).

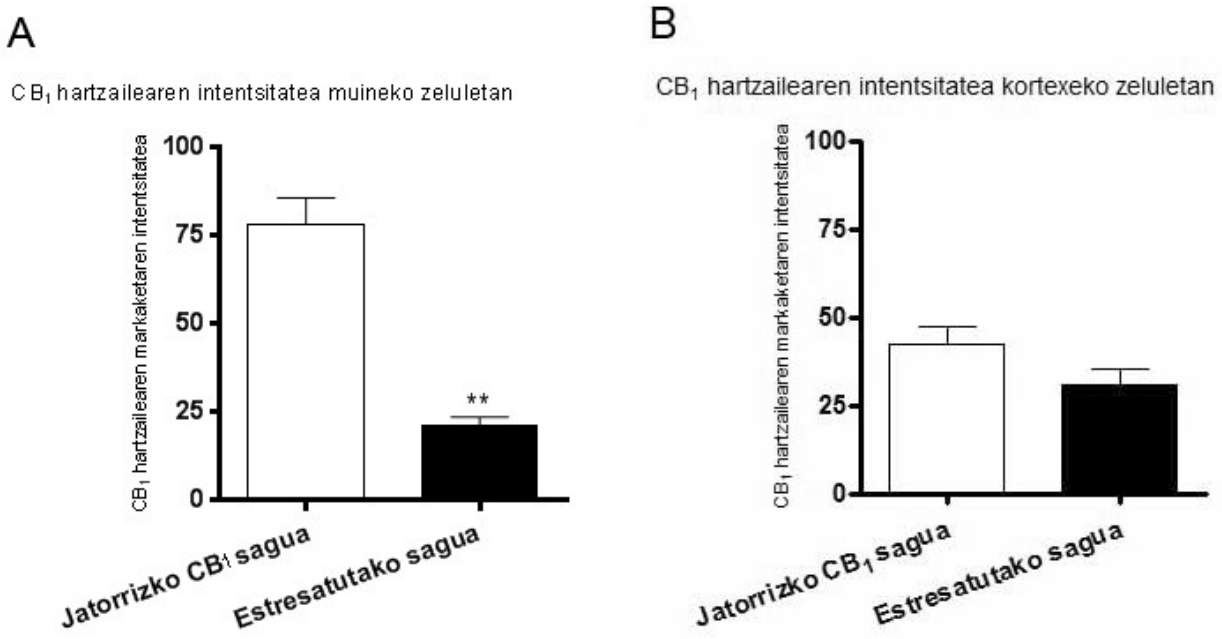
**1. irudia**. Argi mikroskopio mailan endokannabinoide sistemaren proteinen (CB1, DAGLα eta TRPV1), glutamato hartzaile metabotropikoen (mGluR1α eta mGluR5) eta TH-ren immunorreaktibitateak sagu kontrolen giltzurrun gaineko guruinean. **(A)** TH immunorreaktiboak diren muineko zelulak eta TH-arekiko immurnorreaktiboak diren kapsulako eta kortexeko zuntzak (gezi buruak). **(B)** DAGLα–ren immunorreaktibitatea muineko zein kortexeko zeluletan agertzen da. **(C)** mGluR1 immunorreaktiboak diren zelulak, kortexeko geruza glomerularrean eta muineko zeluletan kokatzen dira. **(D)** mGluR5 immunorreaktiboak diren zelulak soilik kortexeko geruzetan ikusten dira. **(E)** TRPV-aren immunorreaktibitatea kortex zein muinean agertzen da. **(F)** CB1-ren immunorreaktibitatea batez ere muineko zeluletan agertzen da.



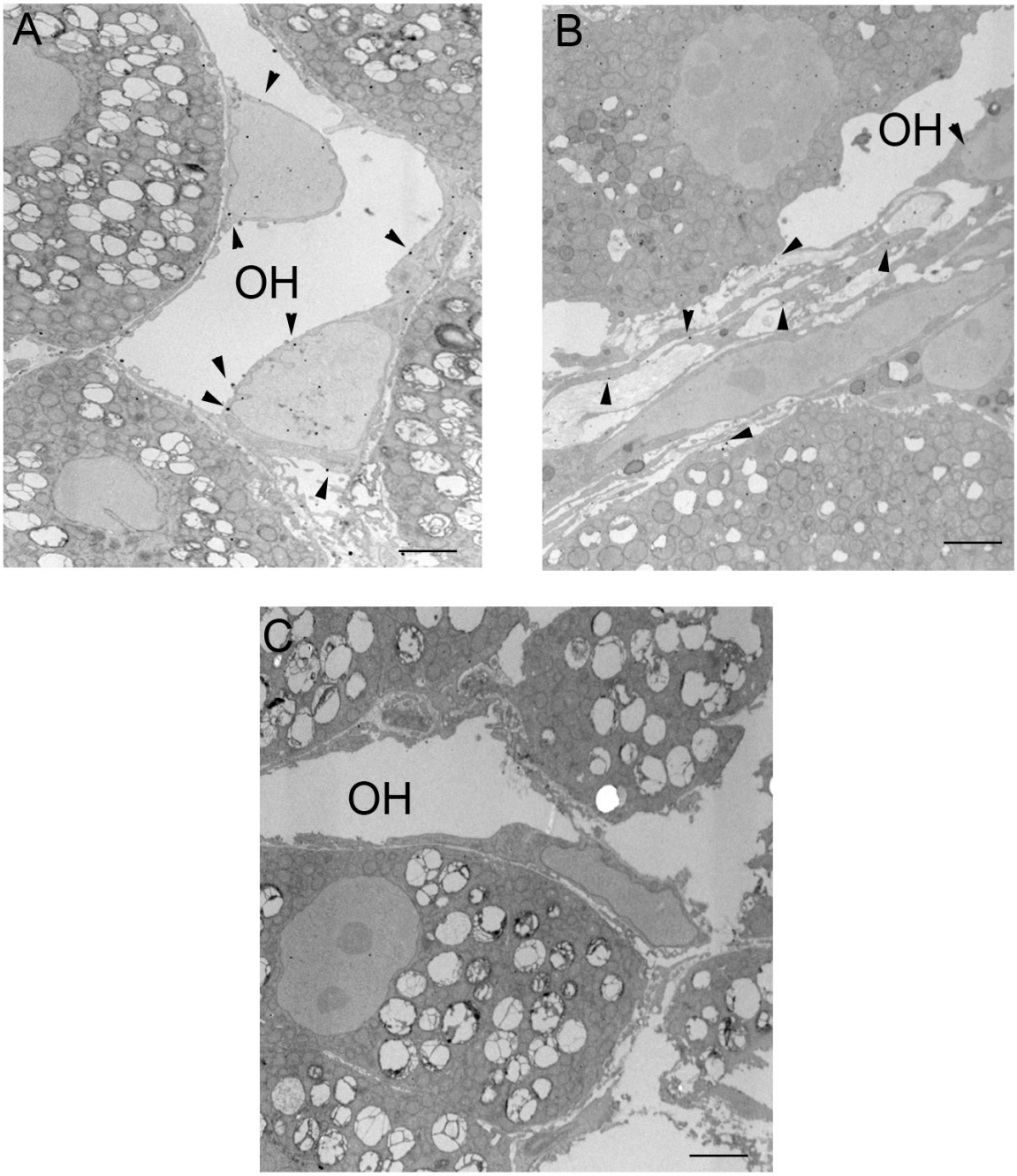
**2. irudia**. Argi mikroskopio mailan CB1 hartzailearen giltzurrun gaineko guruinaren markaketa. Kronikoki estresatutako saguetan muineko zelulen markaketaren intentsitatea (**B**), sagu kontroletan ikusitakoa baino baxuagoa da (**A**).



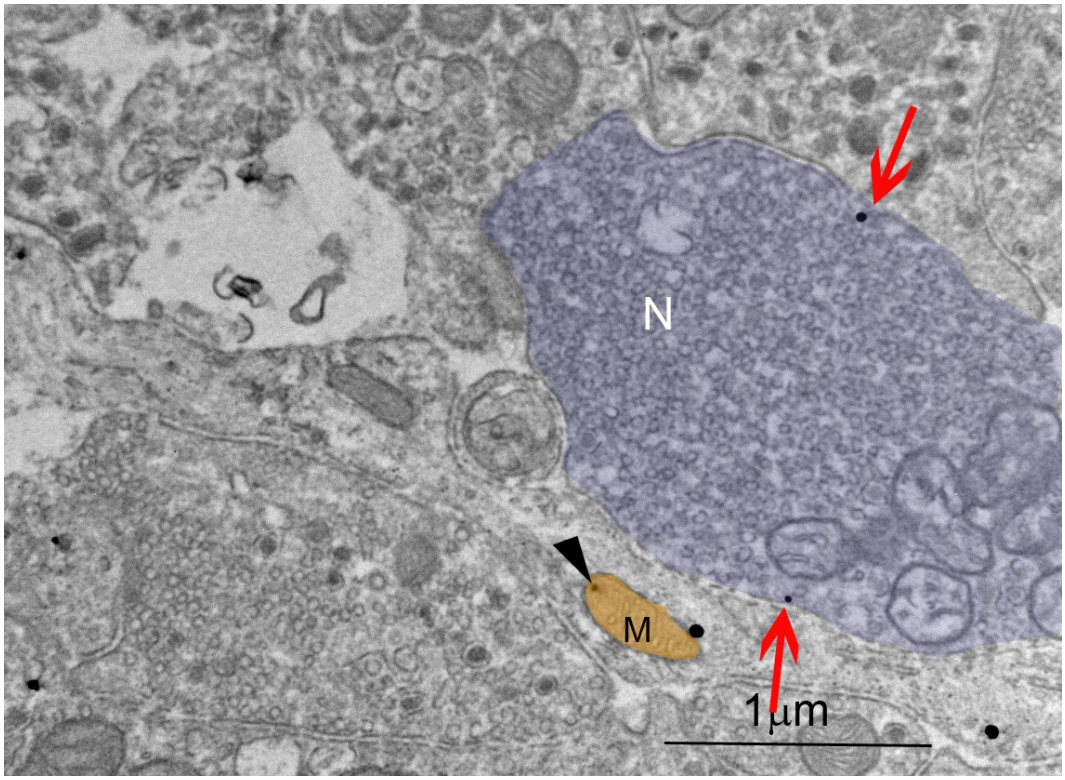

**1. taula**. GraphPad programa informatikoaren bidez burututako analisi estatistikoaren arabera CB1 hartzailearen markaketaren intentsitatea txikiagoa da kronikoki estresatutako saguetan jatorrizko saguetan baino. Jaitsiera hau giltzurrun gaineko muinean **(A)** zein kortexean **(B)** gertatzen bada ere, kortexean baino ez da adierazgarria ($p < 0.05$).



**3. irudia**. Mikroskopio elektronikoaren bidez lortutako giltzurrun gaineko guruinaren kortexeko irudiak. Sagu kontroletan **(A)** CB1 hartzailearen espresioa (gezi burua) zelula kortikalen inguruko odol-hodien (OH) zelula endotelialetan ikusten da. Estres kronikoa jasan duten saguetan **(B)** ere CB1 hartzailearen espresioa zelula mota berdinetan behatzen da. CB1 hartzaileren sagu *knockout*-etan berriz **(C)**, ez da aipatutako endotelioko zelula horietan CB1 hartzailearen markaketarik ikusten.



**4. irudia**. Mikroskopio elektronikoaren bidez lortutako giltzurrun gaineko guruinaren muineko irudia. Sagu kontrolean CB1 hartzailearen markaketa (gezia) sinapsi aurreko nerbio bukaeraren (N) mintzean kokatzen da. Horrez gain, CB1 hartzailearen markaketa (gezi burua) mitokondrietan (M) ere ikusten da.




## Ondorioak

Endokannabinoide sistemaren proteinak, HPA ardatzaren egitura zentraletan kokatzeaz gain, ardatzaren egitura periferikoan ere, hau da, giltzurrun gaineko guruinean espresatzen dira. Izan ere CB1R, DAGLα eta TRPV1 proteinak aurkezten baititu.

CB1 hartzailearen espresioa animalia kontrol zein estresatuen giltzurrun gaineko guruinaren kortexeko eta muineko zeluletan ikusten da.

Kronikoki estresatutako animalietan bai kortexeko zein muineko zeluletan CB1 hartzailearen markaketaren intentsitatea animalia kontrolarena baino baxuagoa da. Jaitsiera hau soilik muineko zeluletan da esanguratsua ($p < 0.05$).

Animalia kontroletan ere, giltzurrun gaineko guruinaren funtzioarekin erlazionatutako hartzaile metabotropikoak espresatzen dira. mGluR1 hartzailearen espresioa kortexeko zein muineko zeluletan aurkitzen da, aldiz mGluR5 hartzailearen espresioa kortexean baino ez da ikusten.

## Etorkizuna:

Gure ikerketa taldearen helburu nagusia sistema endokannabinoideak, bai egoera fisiologiko zein fisiopatologikoetan gertatzen den plastikotasun sinaptikoan inplikaturik dauden ekintza mekanismoak aztertzea da. Proiektu honetan lortu diren emaitzak kannabinoideen ekintza farmakologikoa zehaztea ahalbidetuko dute. Gainera, sistema endokannabinoidearen eta bertan inplikaturiko proteinen modulazioak estresari loturiko gaixotasunetan izan dezaketen parte-hartzea, argituko lukete. Honekin batera, sistema endokannabinoidean eragina duten antsiolitiko berrien garapenean garrantzi nabarmena izan dezakeen informazio berria plazaratu dezakete gure ikerketek. Modu honetan kannabinoideak epe luzera dituzten aukera terapeutikoak hobeto aztertzea ahalbidetuko litzateke, ligando farmakologiko berrien sorrerarekin.

## Erreferentziak:

*Hill MN, McLaughlin RJ, Bingham B, Shrestha L, Lee TT, Gray JM, Hillard CJ, Gorzalka BB, Viau V. (2010): Endogenous cannabinoid signaling is essential for stress adaptation.. Proc. Natl. Acad. Sci. U S A. 18;107(20):9406-9411.*

*Hill MN, Tasker JG.( 2012): Endocannabinoid signaling, glucocorticoid-mediated negative feedback, and regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. Neuroscience. 1;204:5-16.*

*Hill, M. N., McLaughlin, R. J., Pan, B., Fitzgerald, M. L., Roberts, C. J., Lee, T. T. Y. & Hillard, C. J. (2011): Recruitment of prefrontal cortical endocannabinoid signaling by glucocorticoids contributes to termination of the stress response. J. Neurosci, 31(29), 10506-10515.*

*Pecoraro N, Dallman MF, Warne JP, Ginsberg AB, Laugero KD, la Fleur SE, Houshyar H, Gomez F, Bhargava A, Akana SF. (2006): From Malthus to motive: how the HPA axis engineers the phenotype, yoking needs to wants. Prog Neurobiol.;79(5-6):247-340.*

*Howlett, A. C., Barth, F., Bonner, TI., Cabral, G., Casellas, P., Devane, W. A. & Pertwee, R. G (2002): International Union of Pharmacology. XXVII. Classification of cannabinoid receptors. Pharmacol Rev. 2002 Jun;54(2):161-202.*

*Malcher-Lopes, R., Di, S., Marcheselli, V. S., Weng, F. J., Stuart, C. T., Bazan, N. G., & Tasker, J. G. (2006): Opposing crosstalk between leptin and glucocorticoids rapidly modulates synaptic excitation via endocannabinoid release. . Neuroscience., 26(24), 6643-6650.*

*Niederhoffer, N., Hansen, H. H., Fernandez-Ruiz, J. J., & Szabo, B. (2001): Effects of cannabinoids on adrenaline release from adrenal medullary cells. Br J Pharmacol. 134(6):1319-1327.*

*Patel S, Hillard CJ. (2008): Adaptations in endocannabinoid signaling in response to repeated homotypic stress: a novel mechanism for stress habituation.Eur J Neurosci. Jun;27(11):2821-2829.*

*Patel S, Roelke CT, Rademacher DJ, Cullinan WE, Hillard CJ. (2004): Endocannabinoid signaling negatively modulates stress-induced activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. Endocrinology.;145(12):5431-5438.*

*Steiner MA, Wotjak CT. (2008): Role of the endocannabinoid system in regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis. Prog Brain Res;170:397-432.*

*Tasker JG, Herman JP. (2011): Mechanisms of rapid glucocorticoid feedback inhibition of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. Stress., 14(4):398-406.*

*Tsigos, C., & Chrousos, G. P. (2002): Hypotalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. J Psychosom Res. 53(4):865-887.*

*Ziegler, C. G., Mohn, C., Lamounier-Zepter, V., Rettori, V., Bornstein, S. R., Krug, A. W., & Ehrhart-Bornstein, M. (2010): Expression and function of endocannabinoid receptors in the human adrenal cortex. Horm Metab Res. 42(2):88-92.*

## Eskerrak eta oharrak:

Eskerrak Medikuntza Fakultateko Euskal Hizkuntza eta Komunikazioa Saileko Itziar San Martin lankideari. Ikerketa honek honako diru-laguntzak izan ditu: Eusko Jaurlaritza BCG IT764-13; Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU UFI11/41; Ekonomia eta Lehiakortasun Ministerioa (MINECO) BFU2012-33334 eta Droga-menpekotasun Arazoen Sarea (RTA)-Carlos III. Osasun-Institutua RD12/0028/0004.

# Kannabidiolaren eragina hipoxia-iskemia eragin zaien arratoi jaioberrien ereduan

[1]Achicallende S, [2]Ceprián M, [1]Reguero L, [1]Puente N, [1]Buceta I, [1]Gerrikagoitia I, [1]Elezgarai I, [2]Martínez-Orgado J, [1]Grandes P

[1]Neurozientziak saila, Medikuntza eta Odontologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea E-48940 Leioa, [2]Instituto de Investigación Puerta De Hierro Majadahonda, Madril (sachicallend001@ikasle.ehu.es)

## *Laburpena*

Jaioberrietan gertatzen den garuneko kalte iraunkorren arrazoi nagusia hipoxia perinatala da, jaiotzen %1-6 inguruan jazotzen baita. Pertsona hauetako asko hil egiten dira, eta bizirik jarraitzen dutenek hainbat urritasun garatzen dituzte, besteak beste, koordinazio motorra, zein kognizioa eta jokabidearekin erlazionaturikoak. Azken urteotan, kannabinoideak etorkizun oparoko agente neurobabesle gisa azaleratu dira, hainbat garuneko kaltetan. Esaterako, kannabidiol fitokannabinoideak (CBD) hipoxia-iskemia (HI) eragin zaien animaliengan gertatzen diren garuneko kalteak ekiditen ditu hein handi batean, bai arlo kognitibo eta motorrean eta bai eta maila molekularrean eta zelularrean ere. Proiektu honetan, HI eragin zaien arratoien garun-eskualde minduetan, CBD-ak duen eragina aztertu da egitura mailan.

## *Abstract*

*Perinatal hypoxic-ischemic (HI) encephalopathy is the principal reason for permanent brain damage in new-borns, with a 1-6% incidence. Many of these new-borns die, but those who survive develop severe disabilities such us cognition delays, coordination impairments and behavioural alterations. In the last years, cannabinoids (CBs) have emerged as promising neuroprotective agents, in several brain damages. One of these compounds is the phytocannabinoid cannabidiol (CBD) which prevents brain damage caused by HI in several animal models. In this project, we have studied the effects of CBD in brain areas damaged by HI at structural level.*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Hipoxia, odolean, zeluletan edota ehun batean gertatzen den oxigeno-gabezia da, hauen biziraupena kaltetzen duelarik. Iskemia, berriz, odol-fluxuaren jaitsieraren ondorioz emandako estres zelularra da, honek hipoxiaz gain, elikagaien murrizketa eta metabolismo-hondakinen kanporatzea oztopatzen du. Hipoxia-iskemia egoera honek burmuina kaltetuz gero, oso zaila izaten da eragindako mina sendatzea, izan ere, bizirik mantentzea lortzen duten pertsonek, hainbat urritasun pairatuko dituzte.

Hipoxia kasu larrienetako bat hipoxia-iskemia perinatala (HI) da, munduko jaiotzen %1-6 inguruan gertatzen dena, eta karena edo birika-mailan gertatzen den oxigeno-trukearen gabezia edo murrizketa bortitza da honen kausa. Ondorioz, hipoxemia (odoleko [$O_2$] jaitsi), hiperkapnia (odoleko [$CO_2$] igo) eta hipoxia tisularra agertzen dira, azidosi metabolikoarekin batera. Gainera, kasu askotan hipoxia larriegia izatearen ondorioz, zelulak beraien metabolismoa aldatzera behartuta aurkitzen dira, askotan heriotza zelularra eraginez.

Hipoxia-iskemia perinatalak organo ezberdinak kaltetzen dituen arren, denetan kaltetuena burmuina izaten da. Oxigeno eta odol-fluxuaren gabeziak fosforilazio oxidatiboa murrizten du, jaioberriaren burmuinari metabolismo anaerobioa erabiltzera bultzatuz. Honen ondorioz, erradikal libreak askatzen dira, kaltzio intrazelularraren kontzentrazioa igotzen da, neurotransmisore kitzikatzaileen askapena areagotzen da (exzitotoxizitatea), eta azkenik, garuneko zelulen funtzionaltasuna kaltetua egotean, heriotza zelularra (nekrosia) gertatzen da (Ming-Chi eta San-Nan, 2011).

Jaiotzean gertatzen den hipoxia hau normalean hilkorra da (%60), eta bizirik irauten dutenen %25ak hainbat urritasun garatzen dituzte, besteak beste, koordinazio motorra, zein kognizio eta jokabidearekin erlazionaturikoak (Saigal eta Doyle, 2008). Horrek, epe luzerako gastu sozioekonomiko esanguratsuak ekartzen ditu familia zein gizarte-mailan (Cilio eta Ferreiro, 2010). Hala ere, ikusi da jaioberrien garunak helduenak baino gaitasun hobea daukala hipoxia-iskemia egoerei aurre egiteko, bere plastikotasuna helduena baino askoz handiagoa delako.

Gaur egun hipoxia-iskemia perinatala tratatzeko erabiltzen den teknika hipotermia da. Honen funtsa, jaioberriaren garunaren tenperatura 30-35°C ingurura jaistea da, honela metabolismo zelularra jaitsiz, oxigeno eta glukosaren eskariak murrizten dira endekapen-prozesuak atzeratuz, eta hein batean heriotza zelularra ekidinez. Tratamendu hau jaio eta sei orduko tartean burutu behar da, epe hori gaindituz gero beranduegi delako. Dena den, hipotermiak oso larriak ez diren kasuen heriotza-tasa eta ondorio gogorrak gutxitzen ditu. Hipoxia bortitza jasan dutenen kasuetarako, berriz, ez dago oraindik tratamendurik. Ondorioz, garrantsitzua litzateke oso, hipotermiarekin batera, erabil litezkeen tratamendu osagarriak garatzea, honen ahalmen neurobabeslea emendatzeko edota bere leiho terapeutiko tenporala luzatzeko.

Azken urteotan, asko hitz egin eta ikertu da kannabinoideek (CB) duten ahalmen neurobabesle eta neuromodulatzaileari buruz. Izan ere, CB-ek hainbat ondorio onuragarri dutela ikusi da, esaterako, aktibitate mitokondrial kaltetua eta kaltzioaren homeostasi anormala saihestuz, apoptosi-tasa murrizten baitute. Gainera, propietate antiinflamatorio eta antioxidatzaileak dituzte, glutamatoak eragindako exzitotoxizitatea ere ekidin dezakete, bai eta oxido nitriko induzigarria (iNOS) inhibitu ere, besteak beste (Castillo et al., 2007; Pazos et al., 2012).

Orokorrean, uste izan da, CB-en artean, $CB_1$ hartzailearen agonistak direnak direla neurobabesle hoberenak, bai garun helduan (Martínez-Orgado et al., 2007), bai eta garun gaztean ere (Fernández-López et al., 2007). Hala ere, ikerketa batzuen arabera, baliteke $CB_1$ hartzailearen hiper-aktibazioak ondorio latzak ekartzea garun heldugabean (Ferreiro, 2008). Guzti hau kontuan izanik, azkenaldian $CB_1$ hartzailearen agonistak ez diren CB-ekin lan asko egin dira garun heldugabean.

Kannabidiol fitokannabinoidea (CBD) *Cannabis sativa* landarearen konposatu ez psikoaktibo nagusiena da. Efektu psikoaktiboen gabezia, $CB_1$ hartzaileari lotzeko gaitasunik ez daukalako da, eta $CB_2$ eta adenosina hartzaileari lotzearen ondorioz hainbat propietate neurobabesle ditu CBD-k (Castillo et al., 2010).

Guzti hau kontutan izanik, interesgarria izango litzateke CBD-ak hipoxia-iskemia perinatalean dituen efektuak aztertzea, arlo kognitibo, koordinazio-motor, zelular eta biokimikoan, bai eta egitura-mailan ere.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Azken urteetan zenbait ikerketa burutu da hipoxia-iskemia eragin zaien animaliak CBD-arekin tratatuz (Lafuente et al., 2011; Pazos et al., 2012). Esaterako, *in vitro* ereduetan, non sagu jaioberrien garun xerrak glukosa eta oxigeno-kontzentrazio baxuetan jartzen diren (hipoxia garatzeko), ikusi da CBD-ak zelulen apoptosia eta nekrosia gutxitzen duela, exitotoxizitatea, inflamazioa eta oxido nitriko toxikoaren ekoizpena modulatuz (Castillo et al., 2010). Gainera, *in vivo* ereduetan ere onurak ikusi dira, HI egoera bat eragin zaien txerrikumeengan, CBD hipoxia egoera eta berehala emanez gero, neurona eta astrozitoak babestu, aktibitate zerebrala mantendu, kaltetutako egiturak murriztu, eta txerrien portaera neurologiko orokorra hobetu egiten baita (Lafuente et al. 2011).

Arratoi jaioberrien kasuan ere, CBD-ak hainbat onura dakar, portaera neurologiko orokorra inolako hipoxiarik garatu ez duten arratoien mailan mantentzen baitu, esaterako RotaRod, CRT (cylinder rear test) eta NOR (novel object recognition) testetan. Gainera, HI-ren ondorioz eragindako garuneko kalte tisularra murrizten du, HI eragin eta hilabete batera CBD-z tratatu diren arratoien garunaren eremu kaltetua, kontrolarekin konparatuz %17an gutxitzen baita. Era berean, Western Blot bidez egindako analisietan ikusi denez, zelulak nekrosi edo apoptosira bultzatzen duten bidezidorren aktibazioa ekiditen du, adibidez TNF$\alpha$-ren produkzioa jaitsiz (Pazos et al., 2012).

Azken ikerketen arabera, badirudi HI egoera baten ostean ematen den paralisiaren arrazoi nagusia, patologia honetan agertzen den hipomielinizazioa dela. HI kalteak aitzindari oligodendrozitikoen proliferazioa bultzatzen du, bai aitzindari goiztiarrena (OPC) bai berantiarrena (preOL). Hala ere, nahiz eta hauen proliferazioa gertatu, ez dira gai egoera heldura iristeko, ezta behar bezala mielinizatzeko ere, eta ondorioz, hipomielinazioa gertatzen da.

Gure ikerketaren interesa HI eragin zaien arratoietan CBD-ak izan dezakeen eragina oligodendrozito eta axoietan aztertzean datza. Honetarako, hiru arratoi mota erabili dira, 3 tratamendu ezberdinekin: kontrolak (SHM/SHMV), SHAM arratoiak HI eragin gabe, garraio-substantzia besterik jaso ez dutenak; HI eragin eta garraio-substantziaz tratatu direnak (HV); eta azkenik, HI eragin eta berehala CBD eman zaienak (HC). Hiru tratamenduak jasan dituzten saguen garuna mikroskopio fokukidean eta elektronikoan behatzeko prestatu dira.

## 3. Ikerketaren muina

Ikerketarako erabilitako modeloa Rice-Vanucci deritzona izan zen, aldaketa txiki batzuekin. 7-10 egun zituzten (P7-P10) Wistar arratoiei (Harlan Laboratories, Bartzelona, Espainia) ezkerreko karotida elektrokoagulatu eta 3 ordutara, 112 minututako hipoxia (%10 $O_2$ 37ºC-tara) egoera bat eragin zitzaien, garuneko kaltea ezkerreko hemisferioan beste inon eragin gabe. Hipoxiatik suspertu ondoren (10 minutu inguru), arratoiak garraio-substantzia edo CBD-aren (1 mg/kg) dosi bakarrarekin tratatu ziren. SHAM arratoiak erabili ziren kontrol moduan, eta hauek bakarrik garraio-substantziaz tratatu ziren, arinagoko ikerketetan CBD-ak arratoi hauengan eraginik ez zuela ikusi baitzen (Pazos et al., 2012). Arratoiei eutanasia aplikatu zitzaien, HI eragin eta 24 ordu, 7 egun (P14), eta hilabete batera (P37). Jarraian, bihotzean zehar perfusioa egin zen %4 formaldehidoarekin (PFH) (argi mikroskopiarako). PFH-az gain %1 glutaraldehidoa gehitu zitzaion mikroskopio elektronikoan behatuko ziren animalien finkatzaileari eta ondoren garunak erauzi ziren.

Mikroskopio fokukide mailan garuneko bi gune aztertu ziren: kanpoaldeko kapsula eta kortexa. Immunohistokimikaren bitartez, gune hauetako hainbat zelula-mota eta egitura aztertu ziren, mota bakoitzaren markatzaile espezifiko baten aurkako antigorputzak erabiliz (**1. taula**). Gainera, CBD-ak axoietan izan ditzakeen onurak maila ultraegituralean aztertzeko, mikroskopio elektronikoa erabili zen.

**1. taula.** Immunohistokimikan erabilitako antigorputzak zelula edo egitura bakoitza identifikatzeko. Markatzaile hauen aurkako antigorputzen bidez burutu zen markaketa. Mikroskopio fokukideko analisi estatistikoan zelula-kopurua bi ikerlari ezberdinek independenteki kontatu ondoren, ANOVA testari esker estatistikoki analizatu zen ($p<0,05$ kontsideratu zen estatistikoki esanguratsua).

| Zelula edo egitura | Markatzailea | Denborak |
|---|---|---|
| Zelula proliferatiboa | Ki67 | 24h, 7 egun |
| Aitzindari oligodendrozitiko goiztiarra (OPC) | Olig2 | 24h, 7 egun |
| Aitzindari oligodendrozitiko berantiarra (preOL) | Sox10 | 24h, 7 egun |
| Oligodendrozito heldua | GST-π | Hilabete bat |
| Mielina | MBP | Hilabete bat |

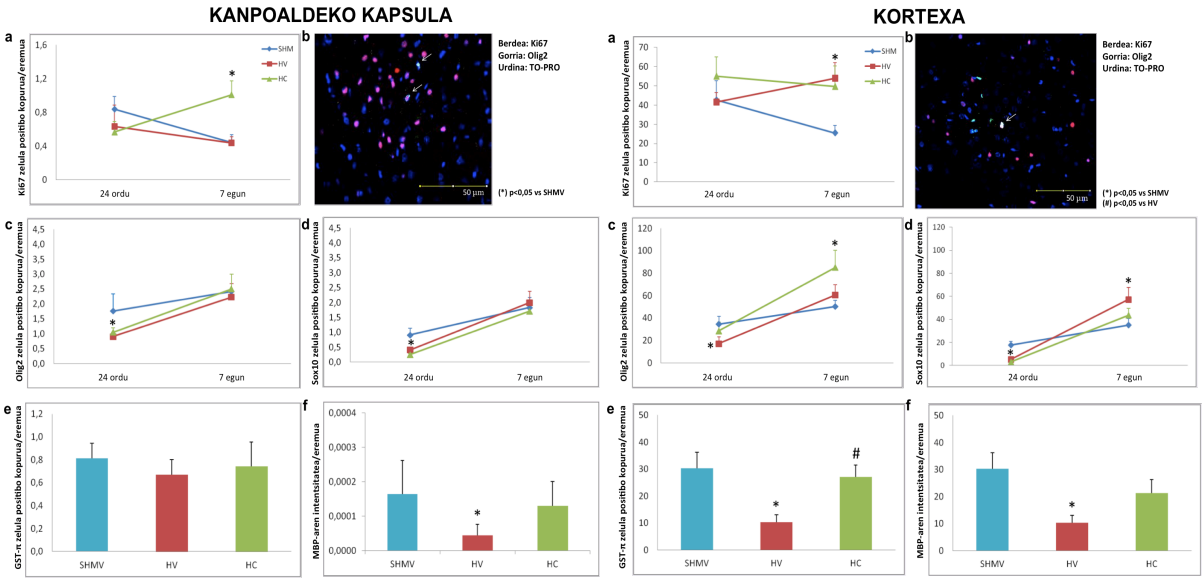
Kanpoaldeko kapsulari dagokionez (**1. irudia**), CBD-ak zelulen proliferazioa areagotzen du (Ki67 positiboak), HI eragin eta 7 egunetara (P14) (1.a. irudia). Proliferazio-tasa emendatu hau, partzialki OPC-ekin (Olig2 positiboak) kolokalizaturik agertzen da (1.b. irudia). Nahiz eta CBD-aren tratamenduak ez zuen eraginik preOL (Sox10 positiboak) eta oligodendrozito helduen (GST-π positiboak) proliferazioan (1.c/1.d./1.e. irudiak), CBD-aren ondorioz ehuneko mielina kantitatea (MBP-aren intentsitatea neurtuz kalkulatzen da) emendatua agertzen da hilabete batera (P37) (1.f. irudia). Garraio-substantziaz tratatu diren arratoiekin konparatuz, CBD-aren tratamenduak oligodendrozitoen proliferazio eta heltze-prozesuan ezberdintasunik agertzen ez duen arren, Ki67 positibo diren zelula-kopurua eta MBP-aren intentsitatea emendatzen du. Gainera, esanguratsua da HC tratatutako arratoiek SHAM arratoiek baino Ki67 positibo diren zelula gehiago dituztela kanpoaldeko kapsulan, eta oligodendrozitoen proliferazio-maila HI eragin ez zaien arratoi hauen maila berean mantentzen duela 7. egunean. Mielina kantitateari dagokionez ere, CBD-ak arratoi kontrolen mailara igotzea lortzen du. Laburbilduz, kanpoaldeko kapsulan CBD-ak zelulen proliferazioa bultzatzen du, nahiz eta gune honetako oligodendrozitoetan eraginik ez izan, mielina kantitatea handitzen du.

Kortexean, ordea, bestelako ondorio batzuk atera daitezke (**2. irudia**). Izan ere, CBD-ak ez du eraginik Ki67 positibo diren zelulen kopuruan, HV arratoien kortexean zelula proliferatibo gehien agertzen direlarik (2.a. irudia). Hala ere, kasu honetan, ezberdintasunak oligodendrozitoen proliferazio eta heldutasun-mailan agertzen dira (2.c./2.d./2.e. irudiak). HI eragin eta 7 egunetara CBD-ak OPC eta preOL-en proliferazioa bultzatzen du, eta hilabete batera oligodendrozito heldu gehiago agertzea lortzen du. Aipagarria da aitzindari oligodendrozitiko goiztiarren kopurua SHAM arratoietan baino handiagoa dela, eta ia oligodendrozito helduen kopurua berdintzea lortzen duela. Aitzindari oligodendrozitiko berantiarren kasuan, HI eragin eta inolako tratamendurik jasan ez duten arratoien kasuan agertzen dira kopuru handienean, eta hilabete batera agertzen duten mielinaren ekoizpenerako gabezia azaldu dezake. CBD-ak OPC-en proliferazioa bultzatzen duenez, ehuneko mielina-kantitatea

emendatzen du tratamendu gabeko ehunekin konparatuz gero (2.f. irudia), nahiz eta SHAM arratoien ehunen MBP intentsitate mailara ez heldu. Beraz, kortexean HI kasuetan CBD-aren tratamenduak oligodendrozitoen proliferazioa eta heltzea aktibatzen ditu, eta ehuneko mielina kantitatea emendatua agertzea lortzen du.

**1. irudia.** CBD tratamenduak kanpoaldeko kapsulan, Ki67 positibo diren zelula kopurua emendatzen du, zeina partzialki Olig2-arekin kolokalizaturik agertzen den. CBD emateak ez du eraginik oligodendrozitoen proliferazio eta heltze-prozesuan, baina hilabete batera mielina kantitatea handitzen du. **a)** Zelula proliferatiboen kopurua (Ki67 positibo). **b)** Mikroskopio fokukideko argazkia, zelula proliferatibo eta OPC-ak markaturik agertzen dira bertan. **c)** OPC-en kopurua (Olig2 positibo). **d)** preOL-en kopurua (Sox10 positibo). **e)** Oligodendrozito helduen kopurua (GST- π positibo). **f)** Mielinaren-kantitatea HI eragin eta hilabete batera (MBP-aren intentsitatea neurtuz kalkulatua).

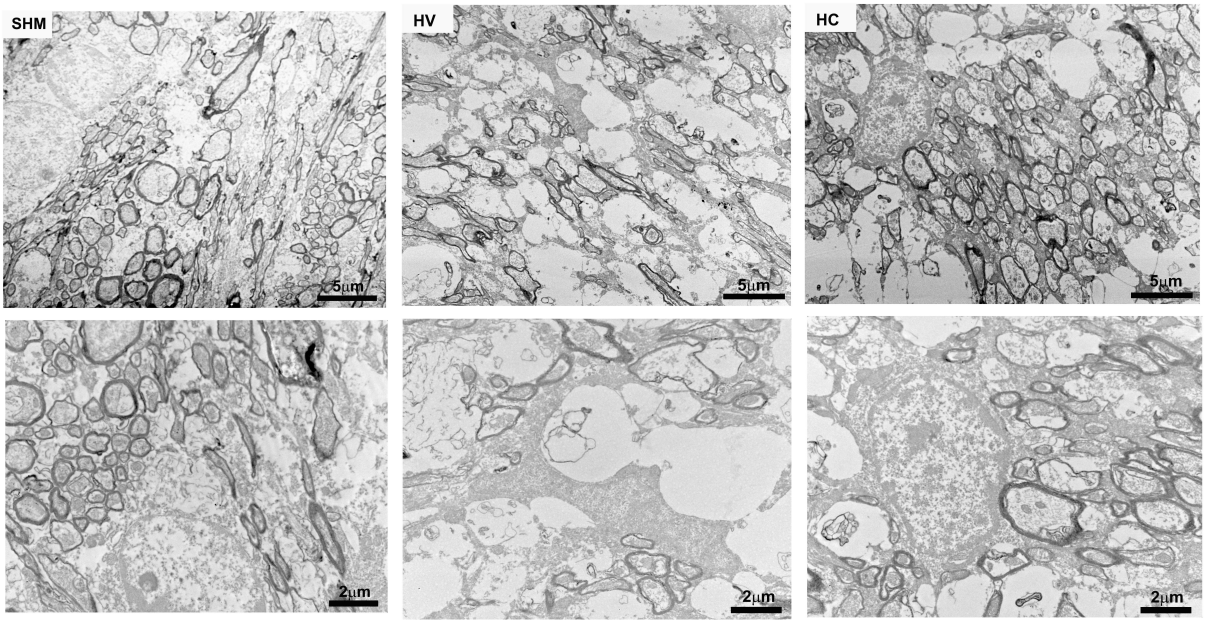
**2. irudia.** Kortexean, CBD-aren tratamenduak ez du inolako eraginik zelula proliferatiboen kopuruan, baina oligodendrozitoen proloferazio eta heltze-prozesua aktibatzen du. Gainera, mielinaren sintesia emendatua agertzen da HI eragin eta hilabete batera. **a)** Zelula proliferatiboen kopurua (Ki67 positibo). **b)** Mikroskopio konfokaleko argazkia, non zelula proliferatibo eta OPC-ak markaturik agertzen diren. **c)** OPC-en kopurua (Olig2 positibo). **d)** preOL-en kopurua (Sox10 positibo). **e)** Oligodendrozito helduen kopurua (GST- π positibo). **f)** Mielinaren-kantitatea HI eragin eta hilabete batera (MBP-aren intentsitatea neurtuz kalkulatua).



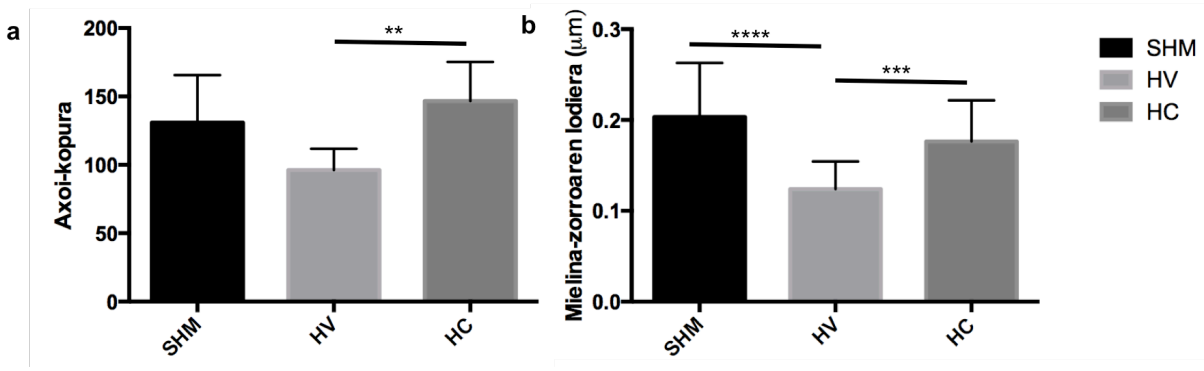

Transmisio-mikroskopio elektronikoa erabiliz, axoien egitura aztertu zen kanpoko kapsulan (**3. irudia**). Beha daiteke, HC kasuan, hau da, CBD-az tratatu diren saguen kasuan, axoi kopurua garraio-substantziaz tratatu diren saguen kasuan baino nabarmenki handiagoa dela. Gainera, CBD-ak HI jasan duen ehunaren ultraegitura, SHAM arratoien ehunaren itxurara hurbiltzea lortzen du. Axoien mielinazio-maila handiagoa da HC tratamenduan, izan ere, kasu honetan erraz aurkitzen baitira ezaugarri morfologiko ohikoak agertzen dituzten oligodendrozitoak (esaterako heterokromatina multzo elektrodentsoez betetako nukleoa). Beraz, HI egoera batean CBD-arekin tratatzeak, axoi-kopurua emendatzen du, bai eta hauen mielinazio-maila, eta oligodendrozito kopurua ere.

Azkenik, argazkiak aztertuz, hiru tratamenduetako axoi-kopuru eta mielina-zorroaren analisi estatistikoa burutu da (**4. irudia**). Axoi-kopuruari dagokionez (4.a. irudia), CBD-ak HI-ren ondoriozko jaitsiera ekiditen du, HV arratoiek baino axoi gehiago edukitzea eraginez. Gainera, axoi hauen mielina-zorroaren lodiera SHAM arratoienaren parekoa mantentzen da, inolako tratamendurik jasan ez duten arratoien axoien kasuan finagoa den bitartean (4.b. irudia).

**3. irudia.** CBDaren tratamenduaren eragina transmisio-mikroskopio elektronikoaren mailan. Ikusi HC kasuan axoi-kopurua nabarmenki handiagoa dela HV kasuan baino; kontrol egoerarantz hurbilduz. Bestalde HC-an erraz aurkitzen dira ezaugarri morfologiko ohikoak aurkezten dituzten oligodendrozitoak, hala nola, heterokromatina multzo elektrodentsoez betetako nukleoa. (**SHM**: garraio-substantzia jarri zaion animalia kontrola; **HV**: hipoxia-iskemia eragin eta garraio-substantzia jarri zaion animalia; **HC**: hipoxia-iskemia eragin eta CBDarekin tratatu den animalia.)




**4. irudia.** Mikroskopio elektronikoko argazkiak ImageJ programari esker analisatu dira, eta GraphPad programaren bitartez estatistikoki aztertu. **a)** CBD-ak HI-ren ondoriozko axoi-kopuruaren jaitsiera ekiditen du, SHAM arratoietan baino gehiago izatea lortuz, HC kasua HV kasuarekiko estatistikoki esanguratsua delarik (HC vs. HV, **, p<0,05, analisatutako argazkien handipena 3500x). **b)** Axoien mielina-zorroaren lodiera ere SHAM arratoien antzekoa da, balio bi hauek HV kasuarekiko estatistikoki esanguratsuak izanik (SHM vs. HV ****, HC vs. HV ***, p<0,05, analisatutako argazkien handipena 14000x).




## 4. Ondorioak

Kannabidiol fitokannabinoideak hainbat onura dakar HI eragin zaien arratoien garunetan. Kanpoaldeko kapsulan (**1. irudia**) zelulen proliferazioa aktibatzen du, nahiz eta oligodendrozitoetan ez izan eragin handirik. Hala ere, CBD-ak hipoxia-iskemiak eragindako hipomielinizazioa saihesten du, garraio-substantziaz beste ezerekin tratatu ez diren arratoien kasuan baino mielina gehiago agertzen baita. Baliteke garunaren gune honetara, beste gune batzuetako oligodendrozito helduek migratzea, ikusi dugun bezala oligondendrozitoen proliferazioan eraginik ez duen arren, mielina-kantitatea emendatua agertzen baita.

Kortexean (**2. irudia**), aldiz, zelula proliferatiboen kopuruan eraginik izan ez arren, oligodendrozitoen proliferazio eta heltze-prozesua bultzatzen du, batez ere aitzindari oligodendrozitiko goiztiarrena (OPC). Garraio-substantziaz tratatu diren animalien kasuan, kopuruan emendatua agertzen diren aitzindari oligodendrozitikoak, berantiarrak dira. Hau datu garrantzitsua da, izan ere preOL-ek oligodendrozito heldu izateko zailtasun gehiago dituzte, eta ondorioz, mielina ekoizteko gaitasun gutxiago dute. Emaitzetan argi ikus daiteke hau, HI eragin eta hilabete batera CBD-arekin tratatu diren

animalien kortexean oligodendrozito helduen kopurua eta mielina-kantitatea handiagoa baita. Beraz, CBD-ak kortexean OPC-en proliferazioa aktibatzen du, hilabete batera oligodendrozito helduen kopurua eta mielina-kantitatea emendatzea eraginez.

Transmisio-mikroskopio elektronikoko emaitzak eta hauetatik ateratako analisi estatistikoak ere bat datoz arinagokoekin (**3. irudia**, **4. irudia**). CBD-arekin tratatutako animalien ehunek SHAM arratoien ehunen antza hartzen dute, axoi-kopurua berdina izanik, eta gainera axoi hauen mielina-zorroaren lodiera arratoi kontrolen balioetan mantentzen da.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerketa honen arabera, kannabidiol fitokannabinoideak hainbat onura dakar hipoxia-iskemia eragin zaien arratoietan. Batez ere, HI-ak eragindako hipomielinizazioa sahiesten du, HI-ren ondoriozko paralisi gehienen arrazoi nagusia. Gaur egun erabilitako tratamenduak, hipotermiak, hutsune batzuk dituenez, sarreran esan bezala tratamendu osagarrien beharra dago. CBD-a tratamendu egokia izango litzateke, dosi bakarrarekin ehunaren mielinizazio-maila emendatzen baitu animali ereduetan. Beraz, interesgarria izango litzateke CBD-arekin fase kliniko bat hastea, hipotermiarekin batera HI jasan duten jaioberriei emanez.

Laborategian ere, bestelako ikerketa batzuk burutu ahal izango lirateke. Esaterako, interesgarria izango litzateke bentrikulu azpiko guneko zelula amak markatu, eta hauen migrazioa aztertzea. Beharbada, kanpoaldeko gunean ematen den mielinizazioa hemendik migratutako zelula ametatik eratorritako oligodendrozitoek burutzen dute. Gainera, baliteke CBD-ak zelula hauen proliferazio eta migrazioa emendatzea, eta esperimentu honi esker argituko litzateke.

## 6. Erreferentziak

Castillo A., Tolón M.R., Fernández-Ruiz J., Romero J., Martínez-Orgado J. (2010). "The neuroprotective effect of cannabidiol in an in vitro model of newborn hypoxic-ischemic brain damage in mice is mediated by CB2 and adenosine receptors". Neurobiology of Disease, 37, 7895-7900.

Cilio M.R. eta Ferreiro D.M. (2010). "Synergistic neuroprotective therapies with hypothermia". Seminars in Fetal and Neonatal Medicine, 15, 293-298.

Fernández-López D., Pazos M-R., Tolón R.M., Moro M.A., Romero J., Lizasoain I., Martinez-Orgado J., (2007). "The cannabinoid WIN55212 reduces brain damage in an in vivo model pf hypoxic-ischemic encephaloparhy in newborn rats". Pediatric Research, 62, 255-260.

Ferreiro D.M. (2008). "Cannabinoids-can what hurts you make you stronger?". Pediatric Research, 64, 590-591.

Lafuente, H., Alvarez, F.J., Pazos, M.R., Alvarez, A., Rey-Santano, M.C., Mielgo, V., Murgia-Esteve, X., Hilario, E., Martinez-Orgado, J. (2011): "Cannabidiol reduces brain damage and improves functional recovery after acute hypoxiaeischemia in newborn pigs". Pediatric Research, 70, 272-277.

Martínez-Orgado J., Fernández-López D., Lizasoain I., Romero J. (2007). "The seek of neuroprotection: introducing cannabinoids". Recent Patents on CNS Drug Discovery, 2, 131-139.

Ming-Chi L. Eta San-Nan Y. (2011). "Perinatal Hypoxic-Ischemic Encephalopathy". Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2011, ID: 609813.

Pazos M.R., Cinquina V., Gómez a., Layunta R., Santos M., Fernámdez-Ruiz J., Martínez-Orgado J. (2012). "Cannabidiol administation after hipoxia-ischemia to newborn rats reduces long-term brain injury and restores neurobehabioral function". Neuropharmacology, 63, 776-783.

Saigal S. Eta Doyle L.W. (2008). "An overview of mortality and sequelae of preterm birth from infacy to adulthood". Lancet, 371, 261-269.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa honek honako diru-laguntzak izan ditu: Eusko Jaurlaritza BCG IT764-13; Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU UFI11/41; Ekonomia eta Lehiakortasun Ministerioa (MINECO) BFU2012-33334 eta Droga-menpekotasun Arazoen Sarea (RTA) - Carlos III. Osasun-Institutua RD12/0028/0004. Eskerrak UPV/EHU-ko Euskara Zerbitzuko Agustin Otsoa Eribeko itzultzaileari.

# A eranskina.
# Egileen indizea

Acera, A. 785
Achicallende, S. 825
Agirre, E. 582, 670
Agirre, M. 777
Agirrezabal, M. 15
Aguirre, E. 458, 481
Aguirre, M. 287
Akimov, V. 711
Alaba, N. 108
Alberdi-Rodriguez, J. 321
Aldabaldetreku, G. 656, 697
Alegria, I. 600
Alkorta Agirrezabala, J. 24
Alkorta, I. 293
Almeida, A. 608
Alonso-Vicario, A. 509
Altuna B., 46
Alvarez, A. 717, 769
Alvarez, J. 621, 626
Amutio, M. 621, 626
Anthonisen Añabeitia, I: 409
Arana, G. 311
Arana, L. 293
Aranburu, R. 516
Arechaga, J. 445
Arlucea, J. 445
Arnau, A. 401
Arranz, J. 300
Arrasate, X. 522
Arregi, A. 621, 626
Arregi, X. 677
Arrieta Frutos, F. 206
Arrieta, A. 639
Arrieta, H. 146, 758
Arrospide, E. 697
Arruabarrena, A. 321
Arteaga, O. 717, 769
Artetxe Sánchez, E. 409
Artetxe, M. 621, 626
Artola, X. 590, 600
Astigarraga, A. 662
Auguet, J. C. 311
Aurrekoetxea, M. 817
Axpe, E. 371
Azkargorta, M. 785
Azkune, G. 608
Azkune, M. 656
Azpilicueta, L. 458, 481
Badillo, I. 557
Ballesteros, B. 537
Barbarias, I. 621, 626
Barrena, A. 670
Barrio, R. 356
Barros, S. 632
Barroso, N. 632
Barroso, O. 632
Basañez, G. 350, 438
Belategi, O. 220
Beloki, Z. 590
Benet, S. 425
Benito-Vicente, A. 752
Bereziartua Etxeberria, G. 243
Berganza, A. 656
Bikandi, I. 656
Bilbao, A. 530
Bilbao, E. 425
Bilbao, J. R. 746, 763, 797
Bilbao-Aldaiturriaga, N. 809
Bizarro, C. 335
Blagoev, B. 711
Borges, C. E. 509
Bornaetxea Estela, Tx. 304

Bou-Ali, M. M. 537, 545, 551
Buceta, I. 833
Bustamante, M. A. 802
Bustillo-Zabalbeitia, I. 350, 438
Calderon, O. 266
Calvete, E. 740
Calvo, J. 758
Calvo, P. M. 632
Calvo-Soraluze, J. 251
Camarero, L. 311
Campillo-Robles, J. M. 537
Cancio, I. 335
Carravilla, P. 432
Casis, L. 328
Ceprián, M. 833
Chen, L. 608
Claudia Ojeda, C. 785
Contreras, FX. 425
Cortese, M. S. 342
Crespo de Antonio, M. 495
de Diego, A. 311
de la Caba, K. 615
Delgado, A. 389
Díaz de Ilarraza, A. 677
Díaz, K. 189
Díez Sanz, A. 160
Dittmar, G. 356
Duhalde, M. 101
Durana, G. 656, 697
Echezarraga, A. 725
Egaña, J. 825
Egaña, T. 220
Egurtzegi, A. 39
Elezgarai, I. 825, 833
Elordi, U. 758
Elortza, F. 785
Erkizia, I. 425
Erro, D. 452
Escobes, I. 785
Espeso, E. A. 342, 417
Estevan, A. 376
Estomba, H. 328
Estonba, I. 704
Etxabide, A 615
Etxaniz, A. 445
Etxebarria, A. 445, 752
Etxebarria, N. 389
Etxeberria, L. 647
Etxebeste, O. 342, 417
Ezeiza, A. 632
Falcone, F. 458, 481
Fdez-Ortiz de Vallejuelo, S. 311
Fernandez, A. 825
Fernandez-Figueras, M. 425
Fernandez-Jimenez, N. 746, 797
Flores-Romero, H. 350, 438
Franco, M. 356
Gabiña, A. 183
Gago, M. 220
Gallardo, I. 401
Gallastegi Garcia, P. 817
Garcia, J. A. 371
Garcia-Arrona, R: 395
Garcia-Azkoaga, I. 77
Garcia-Etxebarria, K. 763
Garcia-Orad, A. 809
García-Porras, M. 350
García-Sáez, A. J. 350
Garrués, M. A. 758
Garzia, A. 417
Gebhardt, M. 545
Gerrikagoitia, I. 833
Gianzo, M. 328, 704
Gil de Montes, L. 237
Gil, J. 146
Gil, S.M. 146
Goikoetxea Salutregi, J. 564
Goirigolzarri Garaizar, J. 138
Goñi, F. M. 293, 432, 445
Gonzalez, A. 311
Gonzalez, M. 356
González-Aseguinolaza, G. 791

Gonzalez-Bullon, D. 445
Gonzalez-Dios, I. 15
Gorka Salces, G. 189
Gorostidi, A. 417
Grandes, P. 825, 833
Gredilla, A. 311
Guerra, B. 711
Guerrero, P. 615
Gurrutxaga, A. 600
Gutiérrez-Camino, A: 809
Guzmán, F. 785
Hankin, B. 740
Hernáez, I. 452
Hernández, C. 632
Hernandez, X. 522
Herrero-García, E. 342
Hilario, E. 717, 769
Huarte, N. 432
Ibáñez, A. 363
Ibarretxe, G. 817
Idoiaga, N. 237
Iloro, I. 785
Intxaurrondo, A. 582
Iñurrieta, U. 32
Irastorza, I. 817
Irazusta, A. 758
Irazusta, J. 146, 328, 704
Iribas, H. 475
Izquierdo-Useros, N. 425
Jauregi-Miguel, A. 746, 797
Josu Martinez, J. 212
Juaristi, P. 258
Jugo, J. 557
Justel, D. 516
Koehler, W. 545
Kratchmarova, I. 711
Landabera, E. 70
Landabidea, X. 189, 198
Landajuela, A. 350
Landeta, O. 350, 438
Lapeira, E. 545
Lapeira, E. 551
Larrañaga, M. 551
Larretxi, I. 802
Las Hayas, C. 725
Lasa, A. 802
Lasa, G. 516
Lascano, B. 272
Lectez, B. 356
Lee, S. Y. 356
Legarra, E. 371
Leiza, J. R. 287
Leon, I. 686
Leturia, I. 573
Lindemann, D. 95
Lizarraga, J. 382
Loayssa, A. 475
López de Ipiña, D. 608
López de Ipiña, K. 632
Lopez de Lacalle, O. 582
Lopez, G. 621, 626
López, J. 791
Lopez-Eiguren, A. 382
Lopez-Gazpio, I. 15
Lopez-Gazpio, J. 281
Lopez-Iturri, P. 458, 481
López-López, E. 809
Lorizate, M. 425
Lozano, J.A. 691
Luis Pastor, L. 116
Luzuriaga, J. 817
Macarulla-Arenaza, A. M. 509
Madariaga, J. A. 551
Madariaga, J. M. 311
Madinabeitia, A. 122
Maguregi Olabarria, I. 409
Mandaluniz, N. 300
Maria Ruiz, M. 130
Mariñelarena, J. 475
Marquina-Iñarrairaegui, A. 342
Martin, C. 445, 752
Martinez, A. 356

Martinez-Ibargüen, A. 769
Martínez-Orgado, J. 833
Martinez-Picado, J. 425
Martin-Guerrero, I. 809
Mateos-Pérez, E. 740
Mayor, U. 356
McCloskey, A. 522
Mendiburu, A. 691
Mendiluce, N. 758
Merida, D. 371
Mialdun, A. 545
Millán, E. 281, 395
Miranda, J. 802
Miren Urteaga, M. 63
Muguerza, J. 321
Muñoa, I. 328, 704
Muñoz-Sanjose, V. 371
Navas, E. 452
Nieto-Garai, J.A. 425
Nieva, J.L. 432
Oca, L. 537
Odriozola-Gurrutxaga, M. 176
Oiartzabal-Arano, E. 417
Ojeda, E. 777
Olatz Arregi, 677
Olazar, M. 621, 626
Olivares, M. 389
Oribe-Garcia, I. 509
Oronoz, M. 731
Ortiz, L. 266
Ortiz-Zarragoitia, M. 335
Osinalde, N. 711
Ostolaza, H. 445, 752
Otamendi-Irizar, I. 503
Ozaeta, A. 77
Palacios, L. 752
Pascual Cuesta, G. 90
Patrick, J. 731
Paulis, M. 287
Pavón, A. 228, 258
Pedraz, J. L. 777
Perez de Nanclares Arregi, E. 342
Perez de Viñaspre, J. 670
Perez de Viñaspre, O. 731
Perez-Landazabal, I. 371
Pijoan, A. 509
Pinacho, A. 108
Pino, M. 425
Plaza-Izurieta, L. 746, 763, 797
Plazaola, F. 371
Pombar-Gomez, M. 809
Portilla, J. 557
Posada, O. 389
Prado, JG. 425
Prieto, A. 389
Puente, N. 825, 833
Puras, G. 777
Ramirez de la Piscina, A. 168
Ramirez, J. 356
Recarte, V. 371
Reguero, L. 825, 833
Reiter, L. 356
Requejo-Isidro, J. 432
Retegi, A. 516
Revuelta, M. 717, 769
Rezola, A. 467
Rodríguez, I 662
Rodriguez-Iruretagoiena, A. 311
Rojo Labaien, E. 152
Rojo-Bartolomé, I. 335
Roman, I. 691
Romero-Garmendia, I. 746, 797
Ros, O. 389
Royo, N. 825
Rubio, A. 321
Ruiz, F. 758
Ruiz, R. 300
Sagardui, G. 639
Sagues, M. 475
Salas, D. 791
Salido, E. 791
San Vicente, I. 95, 639

Sánchez, J. 452
Sanchez-Alarcos, V. 371
Sánchez-Beitia, S. 495
Sánchez-Quiles, V. 711
Santamaria, C. 551
Santana, R. 691
Sanz Villar, Z. 83
Saralegi, X. 639
Saratxaga, I. 452
Sarria, R. 825
Segura, M. 54
Sevillano, J. F. 467
Shevtsova, V. 545
Simón, E. 802
Soraluze, A. 677
Soria, J. 785
Soroa, A. 590, 670
Suárez, T. 785
Subiran, N. 328, 704
Susperregi, U. 632
Telleria, A. 522
Terrones, O. 350, 438
Torres-Unda, J. 146
Triller, T. 545
Txurruka, I. 802
Ugalde, U. 417
Ugalde, U. O. 342
Ugarte, E. 300
Ugartemendia, M. 758
Unda, F. 817
Unzueta, I. 371
Urdanpilleta, M. 615
Uriarte, M. 489
Uribe, K. 445
Uribe-etxeberria, V. 817
Urigüen, L. 717
Urizar, I. 328, 704
Urrestilla, J. 382
Valencia, A. 335
Valencia, J. 237
Valero, J. G. 350
Vallejo, A. 389
Vélez, I. 467
Villate, I. 777
Zabala, N. 371
Zabaleta, N. 791
Zarate, J. 777
Zinkunegi, N. 758
Zuberogoitia, A. 228, 258
Zubia, J. 656, 697