

# elhuyar

332 zk. | 2018ko abendua

5'90 euro

Elkarrizketa  
Amaia Zurutuza

1918ko pandemiaren  
itzala

Gure  
bazterretako fosilak





# EUSKARALDIA

11 EGUN EUSKARAZ

## Elhuyar



**Zorionak eta  
eskerrik asko  
parte hartu  
duzuen guztioi!**

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute  
*Elhuyar* aldizkariaren zuzendaria



# Euskal kazetaritzaren 10 mugarri

Rikardo Arregi Kazetaritza Sariak 30 urte bete dituzte aurten, eta zerbait oso berezia egin nahi izan dute antolatzaileek: euskal kazetaritzan mugarri izan diren 10 proiektu komunikatibo izendatu dituzte. Albiste ezin pozgarriagoa izan da guretzat *Elhuyar* aldizkaria izatea 10 mugarri horietako bat! Luxuzko bidelagunak izan ditugu, gainera: *Berria/Euskaldunon Egunkaria*, *Argia/Zeruko Argia*, EITB taldea, Goiena Komunikazio Taldea, EHUko Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultatea, Euskal Irratiak, *Anaitasuna* aldizkaria, Eibar.org eta *Ttapi-Ttapa* aldizkaria.

Guretzat, ohorea izan da euskal kazetaritzaren festan parte hartzea. Eta, pozaren pozez, esker ona adierazteko premia datorkigu bihotzera. Eskerrik asko, duela 32 urte eta ausardiaz beteta, artean euskarazko zientzia-komunikazioa hasita ere ez zegoenean, *Elhuyar* aldizkaria sortu zenuteno. Nola ez, eskerrik asko harpidedun guztioi, zuen babesik gabe ezingo baikenuen urte hauetan guztietan ilusioz beterik iraun. Eta eskerrik asko hemengo zientzialariei ere, beti laguntzeko eta elkarlanean jarduteko prest egoteagatik. Iritzi kualifikatua behar dugunean, informazioa eskatzen dizuegunean, edota zuen ikerketen berri ematen diguzuenean... gertu sentitzen zaituztegu. Eskerrik asko, bihotzez. Sari hau zuena ere bada. ●

## 34

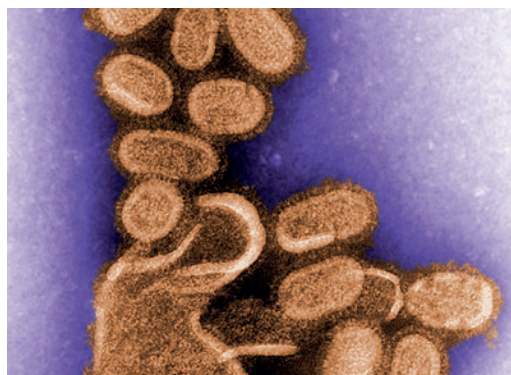
ELKARRIZKETA

### **Amaia Zurutuza Elorza**

GRAPHENEA



Material bidimentsionalek teknologian iradokitzen dituzten berrikuntzak gauzatuko balira, Amaia Zurutzaren ametsak beteko lirateke. Urte luze hauetako lana emankorra izatea du helburu.



### **1918ko pandemia: ehun urteko itzala, lausoagoa gaur**

## 48

Batzuen esanean, 1918ko gripe-pandemia edo espainiar gripea inoizko hilgarriena izan zen. Geroztik, mundu osoko ikertzaileak ari dira birusa ezagutzeko eta hari aurre hartzeko ahaleginean.

## 40



### **Gure bazterretako fosilak**

Lurpean ezkatututako fosilak maite dituzte paleontologoek. Gainerakook ere maiteko genituzke, agian, fosilek kontatzen diguten istorioa ezagutuko bagenu; orduan hasiko baikin bateke ezkutukoa, duela milaka eta milioika urteko bazter miresgarriak, ikusten.



**04** IKUSMIRAN  
*Basabizitzaren urrea  
agerian*

**14** ALBISTEAK

**24** 2018KO NOBEL SARIAK

**30** IRAULTZA TXIKIEN LEKUKOAK  
*Jon Zarate Sesma*

**32** ANALISIA  
*Ikerketa eta  
berrikuntza arduratsua*

**34** ELKARRIZKETA  
*Amaia Zurutuza  
Elorza*

**40** ERREPORTAJEA  
*Gure bazterretako  
fossilak*

**48** ERREPORTAJEA  
*1918ko pandemia:  
ehun urteko itzala,  
lausoagoa gaur*

**54** MUNDU DIGITALA  
*Ada Lovelace,  
ordenagailuen eta  
adimen artifizialaren  
aitzindari*

**58** ISTORIOAK  
*Karl von Frisch  
erleekin dantzan*

**62** EKINEAN  
*Ainhoa Magrach  
González*

**64** GAI LIBREAN  
*Fosil kosmikoak*

**69** GAI LIBREAN  
*Zenbakien hizkuntza*

**74** GAI LIBREAN  
*Konposite  
magnetoelektrikoetan  
oinarritutako energia-  
metagailu berriak*



Eduki gehiago, webgunean  
aldizkaria.elhuyar.eus



ARG.: Marsel van Oosten/Wildlife Photographer of the Year 2018



# Basabizitzaren urrea agerian

## Wildlife Photographer of the Year 2018

Urre-koloreko tximino sudurmotz ar bat harrian eseri da. Berehala batu zaio taldeko eme gazte bat. Adi begira daude biak, beste bi taldetako ar nagusien arteko liskarrari.

Udaberria da Quin mendietan (Txina). Mendi horietan soilik bizi dira tximino sudurmotz hauek (*Rhinopithecus roxellana*), desagertzeko arriskuan. Adarretik adarrera ibiltzen ez dakienarentzat, ez da erraza haiei jarraitzea. Ondo daki hori Marsel van Oosten argazkilariak. Eta zuhaitzetatik jaisten direnean, gutxitan egoten da argi egokia argazki on bat ateratzeko. Oostenek, ordea, tximinoen ilaje eder hori eta aurpegi urdin txundigarri hori erretratatu nahi zituen, nola edo hala. Eta, hainbat egunen buruan, lortu zuen une eta leku egokian egotea. Tximinoen kokapena ezin hobea zen, baita zuhaitzetan zehar iragazten zen argia ere.

Aurtengo basabizitzaren argazki onena izan da, Wildlife Photographer of the Year lehiaketa ospetsuan. Hurrengo orrietan, lehiaketak utzi dizkigun beste argazki eder batzuk.

### Urrezko bikotea (The golden couple)

Marsel van Oosten (Herbehereak)





ARG.: Darío Podestá/Wildlife Photographer of the Year 2018

### **Quickstep argentinarra (Argentine Quickstep)**

Darío Podestá, Argentina

Gatz-zelaian gurasoen atzetik korrika bizian doa txita, bere hanka handiekin. Txirriek jaio orduko uzten dute habia, eta hanka luze horiei esker jarraitzen diete gurasoei, eta ihes egiten diete harrapariei.



---

### **Katu dotorea (Cool Cat)**

Isak Pretorius, South Africa

Antzeman zion edatera zihoala, eta leku egokian kokatu zen Isak Pretorius. Han agertu zen lehoi emea belar artetik, dotore.





ARG.: Jen Guyton/Wildlife Photographer of the Year 2018





## Basamortuko erlikia (Desert relic)

Jen Guyton (Alemania/AEB)

*Welwitschia* emearen estrobiloak zerurantz altxatzen dira Namibia basamortuan, polinizatzaileei nektar gozoa eskaintzeko. Landare bitxiak dira. Bi hosto baino ez dituzte, motel baina gelditu gabe hazi ahala zirpiltzen doazenak. Zortzi metrotik gora luzatzera irits daitezke, eta 1.000 urte baino gehiago izatera. Egun osoan basamortuan ibili ostean aurkitu zuen Jen Guytonek "forma egokia eta kolore biziak" zituen metro eta erdiko ale hau. Eguzkia jaisten hasi zenean, lainoek islatutako argiaz baliatuz atera zuen argazkia.

**Dolua (Kuhirwa mourns her baby)**

Ricardo Núñez Montero (Espainia)

Ugandako Bwindi baso itxian, Kuhirwa gorila eme gazteak ez du bere kumearen gorpua uzten. Ricardo Núñez Monterori gidariek kontatu zioten eguraldi txarra zegoela erditu zenean, eta, seguruenik, hotzez hil zela kumea. Asteetan, gorpua besoetan eraman zuen; txukuntzen zuen, hankak eta besoak mugitzen zizkion... gainerako amek bezala.



ARG.: Ricardo Núñez/Wildlife Photographer of the Year 2018



ARG.: Arshdeep Singh/Wildlife Photographer of the Year 2018

### **Hodiko mozoloak (Pipe owls)**

Arshdeep Singh (India)

Arshdeep Singh aitarekin autoan zihoala, mozolo bat ikusi zuen hondakin-uren hodi zahar batean sartzen. Aitak asko sinetsi ez zion arren, autoa gelditu, eta atzera egin zuten. Berehala ikusi zuten mozoloa hoditik burua ateratzen. Aitari kamera eskatu, eta prest jarri zen Arshdeep. Hamar urte soilik izan arren, bazekien zertan ari zen, sei urte zituenetik ari baitzen hegaztiei argazkiak ateratzen. Mozoloak burua atera zuen berriz, eta haren atzetik besteak.





### Lokatza biribiltzen (Mud-rolling mud-dauber)

Georgina Steytler (Australia)

Hegaztiei argazkiak ateratzeko asmoz joan zen Walyormouring Erreserbara (Australia) Georgina Steytler, baina urertzean zebiltzan liztorrekin txundituta gelditu zen. Emeak ziren, eta gogor ari ziren lanean, lokatza biribilduz eta garraiatuz, habia egiteko. Lokatzetan etzan zen argazkilaria, liztorrak gertutik erretratatzeko.

ARG.: Georgina Steytler/Wildlife Photographer of the Year 2018





## Irakurketaren funtsezko garun-egiturak eta funtzioak argitu dituzte

Neurozientzialariek lehendik ezagutzen zuten irakurketarekin lotutako eremu nagusia, baina ez zegoen garbi haren egitura eta funtzionamendua. Orain, eremu hori bi zatitan banatzen dela argitu dute BCBL kognizioa, garuna eta hizkuntzari buruzko ikerketa-zentroan.



ARG.: Jabego publikoa.

Kepa Paz-Alonso BCBL zentroko ikertzailearen arabera, garun osoak hartzen du parte irakurketan, baina informazioaren sarbidearen gunea (kortex okzipito-tenporal bentrala) funtsezkoa da: "Hain zuzen eremu hori kaltetuta duten pertsonak alexia dute, ez dira irakurtzeko gai".

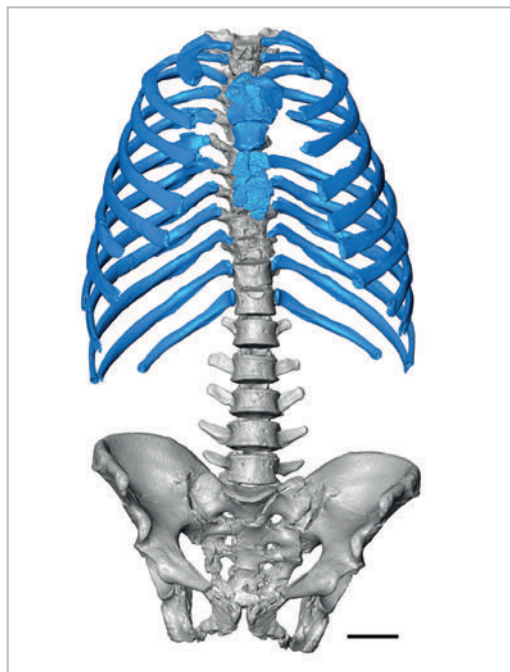
Azken 15 urtetan eremu horri buruzko ikerketa ugari argitaratu diren arren, ez zegoen ikuspegi bateraturik. Orain ikusi dute zergatik. "Gaur egun dauden neuroiruditeriako teknika aurreratuenak erabilia, ikusi dugu eremu hori bitan banatuta dagoela: bat pertzepzioarekin erlazionatuta, eta bestea, arlo lexiko-semantikoarekin. Hau da, funtzioak egitura anatomiko desberdinetan daude banatuta", azaldu du Paz-Alonsok.

*PNAS* aldizkarian argitaratu dute ikerketa, eta irakurketaren arloan eragina izango duela uste dute; esaterako, dislexian. ●

## Neandertalen toraxak forma desberdina zuen

Neandertal heldu baten toraxa birtualki berreraikita, ondorioztatu dute sapiensaren toraxaren antzeko tamaina zuela, baina forma desberdina. Hala, neandertalen arnasketa-mekanika ere zertxobait desberdina izango zela iradoki dute.

EHuko ikertzaile Asier Gómez Olivenciak eta kideek aurkitu den toraxik osoena aztertu eta berreraiki dute; Kebarako (Israel) aztarnategiko Kebara 2 neandertal ar helduarena. "Bizkarrezurrak saiheztuzurekin duen finkapenak bizkarrezur egonkorragoa iradokitzen du. Horrekin batera, toraxa zabalagoa da beheko aldean", azaldu du Mikel Arlegi EHuko ikertzaileak. Hala, diafragma ere zabalagoa izango litzatekeela ondorioztatu dute ikertzaileek, eta iradoki dute arnasketa sapiensetan baino lotuago egongo litzatekeela diafragmari, eta gutxiago kutxa torazikoaren hedapenari. Bestalde, kalkulatu dute arnasa hartzean bolumen handiagoa har zezaketela, toraxaren forma horri esker. ●



ARG.: A. Gómez Olivencia, A. Barash and E. Been.

---

## Sexu bereko saguetatik kumeak sortu dituzte

Lehenengo aldiz, eta ugalketa sexualaren jokorauak hautsita, sexu bereko bi gurasoren kumeak sortzea lortu dute saguetan. Ingeniaritza genetikoaren erabili behar izan dute ugalketa sexualak ezartzen dituen mugak saihesteko, baina emaitza hor dago: kume osasuntsuak jaio dira, helduaroan ugaltzeko gai direnak.

Ugaztunon kasuan, derrigorrezkoa da eme baten eta ar baten informazio genetikoak jasotzea. Izan ere, inpronta genetikoak ematen dira. Alegia, enbrioak jasotzen dituen gene batzuetan bietako bat aktibatuta eta bestea inaktibatuta egoten dira. Derrigorrezkoa da bat aitarengandik eta bestea amarengandik jasotzea, bi aleloak inaktibatuta egoteak garapenean-arazo larriak eragiten baititu.



Sexu bereko gurasoen saguak normaltasunez ugaltu dira, eta kumeak izan dituzte. ARG.: Leyun Wang.

Ikerketan, zelula ama enbrionario haploideak erabili dituzte. Kromosometan, markatutako 3 eremu ezabatu dituzte, inprontaren arazoa ekiditeko, eta nukleorik gabeko obulu batean txertatu dute material genetikoak. Ikerketaren helburua ez da halako teknikak gizakiekin erabiltzea, anormaltasun-arriskua handiegia baita, baizik eta ugaztunen ugalketa nolakoa den hobeto ezagutzeko. [Cell Stem Cell aldizkarian](#) argitaratu dute. ●

---

## Dickinsonia animalia zaharrenetakoa dela baieztatu dute

Zientzialariek orain arte ez dute garbi izan zer eratako biziduna zen Dickinsonia. Ediacara periodoko fosil obalatu batzuei deitzen zaie horrela, eta onddotzat edo protistatzat hartu izan dituzte. Orain, ordea, fosilen berariazko biomarkatzaile batzuk aztertuta, animaliak zirela ondorioztatu dute.



Itsaso Zurian (Errusia) aurkitutako Dickinsonia bat. ARG.: Ilya Brobovskiy/Australiako Unibertsitatea.

Adibidez, ikertzaileek nabarmendu dute Dickinsonia fosiletan askoz ere molekula kolesteroide gehiago topatu dituztela (% 93 baino gehiago), inguruko jalkin mikrobianoetan baino (% 11). Horrez gain, ez dute ergosteroidearik topatu; molekula horiek ondoren ezaugarritzat hartzen dira.

Ediacarakoak erregistro fosilean aurkitu diren bizidun zaharrenak dira: duela 575-541 milioi urte bizi izan ziren. [Science aldizkarian argitaratu dute Dickinsonia fosilei buruzko ikerketa](#). ●



## Sardiniarrak genetikoki populazio berezia direla berretsi dute

Sardiniarrek eta euskaldunek indoeuoparren aurreko jatorri neolitikoa partekatzen dutela iradoki du [Nature Genetics aldizkarian argitaratutako ikerketa batek](#). Europako populazioaren inguruko hipotesi nagusiek diote Ekialde Hurbiletik eta Anatoliatik zabaldu zirela nekazari neolitikoa Europan –duela 8.000 urte inguru–, eta, geroago, estepako artzainen zabalkunde postneolitikoa gertatu zela –duela 4.500 urte–. Sardinia irlako biztanleetan, ordea, ez dute ikusi estepako artzainen arrasto genetikorik, baina bai aurreko ehiztari-biltzaileenak, Neolito Goiztiarrekoak.

Sardiniarren ezaugarri bereizgarria da populazio kontinentalekin duten desberdintasuna. Datu genetikoen arabera, geografikoki oso isolatuak egon dira urte luzez; duela 4.300-7.000 urte isolatu ziren europar populazio kontinentaletatik. Hala, interes handikoak dira haiei egindako azterketa genetikoa, eta Giza Genomaren Aniztasuna proiektuan sartu dira. Kasu honetan, 3.514 gizabanakoren genoma osoa sekuentziatu dute, eta euskaldunekin antzekotasun genetikoa gehien Sardinia osoan isolatuen egon den guneak erakutsi du. Italiarrekin zein espainiarrekin baino antzekotasun nabarmen handiagoa dutela ikusi dute. Datu berriak, hortaz, bat datoz [sardiniar eta euskal populazioen arteko lotura genetikoa adierazten zuten hipotesiekin](#). ●



ARG.: Pexels.

## Epaileek CO<sub>2</sub>-isuriak % 25 murriztera behartu dute Herbehereetako Gobernua

Epaitegiek behartu egin dute Herbehereetako Gobernua 2020rako CO<sub>2</sub>-aren isuriak % 25 murriztera. [Urgenda Fundazioak](#) eta 900 herritarrek auzia jarri zioten Gobernuari 2015ean, ez zituelako sinatutako akordioak bete, eta epaitegiak arrazoia eman die. Azkenaldian klima-aldaketa dela-eta erregai fosilen enpresei eta gobernuari jartzen ari diren auzien adibide bat besterik ez da hori, garai batean tabakoaren enpresei jarri zitzaizkien antzekoa.



ARG.: Wikimedia Commons.

Epaileen arabera, Gobernuak ardura du herritarrak jarduera industrial kaltegarrietatik babesteko, eta orain arte hartutako neurriak ez dira nahikoak izan isuriak murrizteko. Belaunaldi honen bizitza eta ondorengoena arriskuan jartzea egotzi diete.

Ebazpenaren aurreko egunean aurkeztu zuen IPCCek, hain justu, [klima-aldaketaren inguruko txosten berria](#). Txostenaren arabera, planetak 2030-2052rako gaudituko du berotze globalaren 1,5°C-ko muga, eta horrek handitu egingo du muturreko lehorteak, uholdeak eta milioika pertsonarentzako elikagai-eskasiak eragiteko arriskua. Hala, txostenak dio mundu osoko gobernuek “aldaketa azkarrak, irismen handikoak eta inoiz ez bezalakoak” egin behar-ko lituzketela gizartearen alor guztietan. ●

# TEKNOPOLIS



etb 1 Larunbatero, 13:30ean

etb 2 Igandero, 13:30ean

Eta Interneten: [teknopolis.elhuyar.eus](http://teknopolis.elhuyar.eus)



elhuyar  
ezagutuz aldatzea



BABESLEAK





## Asteroide batean bi ibilgailu jarri ditu Japoniako espazio-agentziak



MINERVA-II1A ibilgailuak irailaren 22an hartutako irudian Ryugu asteroidearen gainazala ikusten da, ezkerrean. Irudia lauso dago, jauzi egitean ari zen bitartean aterata dagoelako. ARG.: JAXA.

Irailaren 21ean, JAXA Japoniako espazio-agentziaren *Hayabusa2* espazio-ontziak *MINERVA-II1* ibilgailu-parea askatu zuen, Ryugu asteroideetik 55 metrora. Hasieran haien seinalea galdu bazuten ere, [hurrengo egunean baieztatu zuten](#) bi ibilgailuek ongi hartu zutela lur. Asteroide batean ibilgailuak jartzen diren lehen aldia da.

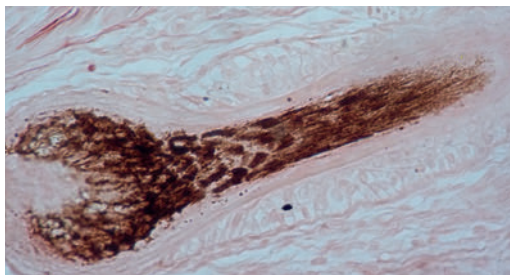
JAXAtik jakinarazi dutenez, bi ibilgailuak egoera onean daude, irudiak eta datuak bidaltzen ari dira, eta asteroidean zehar mugitzen ere bai. Jauziak eginez mugitzen dira, nagusiki, *MINERVA-II 1A* eta *1B*; jauziek 15 minutu irauten dute, grabitate-indarra oso txikia baita.

Asteroidearen irudiak hartzeaz gain, gainazaleko tenperatura neurtzen dute ibilgailuek. Eta misioa ez da hor bukatuko. Hurrengo urtean *Hayabusa2* espazio-ontziak beste bi zunda askatu eta asteroidean jartzea dute aurreikusita, eta, ondoren, *Hayabusa2*-k berak asteroidearen gainazaleko lagin bat hartu eta Lurrera ekartzea. ●

## Sandalo-lurrinak ilea haztea eragiten du

Usaimen-errezptore batek ilearen hazkuntza erregulatzen duela aurkitu dute. Laborategian giza buru-azalarekin egindako esperimentuetan, ikusi dute sandalo-lurrinak ilea haztea eragiten duela. [Nature Communications aldizkarian eman dute horren berri](#).

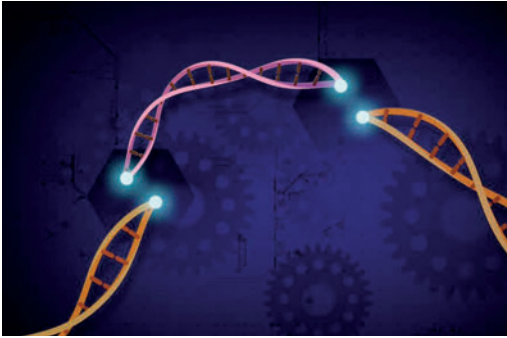
Sudurreko zelula espezializatu batzuek dituzten usaimen-errezptoreek molekula usaintsuak detektatzen dituztenean, usainak hartzen ditugu. Baina gorputzeko beste zelula batzuek ere badituzte usaimen-errezptoreak, eta beste funtzio batzuk izan ditzakete. Esterako, orain aurkitu dute ile-folikuluetan OR2AT4 usaimen-errezptoreak daudela. Eta sandalo-lurrin sintetikoarekin egin dituzten esperimentu batzuetan ikusi dute lurrin horrek ilearen hazkuntza estimulatu duela, keratina sortzen duten zelulen heriotza murriztuz, eta hazkuntza-faktore baten ekoizpena areagotuz. ●



Ile-folikuluetan usaimen-errezptoreek ilearen hazkuntza erregulatzen dutela ikusi dute. ARG.: Ganímedes/CC-BY-SA 3.0

## Jaio aurretik CRISPR erabilia, gaixotasun genetiko bat garatzea eragotzi dute saguetan

Gizakietan jaio aurretik geneak editatzea debekatuta badago ere, saguekin saiakera ugari egiten ari dira zientzialariak, eta, lehenengo aldiz, jaio aurretik gaixotasun genetiko bat tratatzea lortu dute, [CRISPR teknika](#) erabilia. Tirosinemia gaixotasun hereditarioa duten saguetan, mutazioa isilarazita gaitza garatzea eragotzi dute.



ARG.: Ernesto del Aguila, National Human Genome Research Institute.

Kasu honetan, mutazioaren eragina eragotzi dute edizio genetikoaren bidez, baina ez dute mutazioa zuzendu, [Nature Medicine](#) aldizkarian argitaratu dutenez. Hurrengo erronka, hain zuzen, horixe dutela adierazi dute.

Ikertzaileen arabera, helburua da estrategia bat garatzea tratamendu eraginkorrik ez duten giza gaixotasunak jaio aurretik zuzendu ahal izateko, batez ere jaiotakoan konplikazio larriak edo heriotza eragin ditzaketen kasuetarako. Tirosinemiaren kasuan, dieta oso zorrotza egin behar izaten dute haur jaioberriei bizirik jarraitu ahal izateko. Botika bat badagoen arren, funtzionamendu-arazo handiak eta minbizia eragin ditzake gibelean. Jaio aurreko edizio genetikoak potentzial handiko teknika izanik ere, aitortu dute aurretik lan handia dagoela egiteko. ●

## Zientzia eta teknologia Euskadi Irratiaren sintonian Guillermo Roaren eskutik



**OSTIRALETAN:** 22:00etan  
**LARUNBATETAN:** 15:00etan  
**Interneten:** [norteko.elhuyar.eus](http://norteko.elhuyar.eus)

## Klimaren eragin lokala, azken neandertalen eta lehen sapiensen garaian

Neandertalen galera azaltzeko faktoreen artean, askotan aipatzen da klima. Izan ere, Erdi eta Goi Paleolitoan, *Homo sapiens* espeziea Europan hedatzearekin batera, klima gogortu egin zen, eta, beraz, eztabaidagai da zenbateraino eragin zuen klimak bi giza taldeen bilakaeran.



Ana Belén Marín Arroyo ikertzailea, Historiaurreko animalia-hezurren aztarnak aztertzen. ARG.: IIPC.

Orain, metodologia berri bat erabilita, klima lokalaren ezaugarriak aztertu dituzte Bizkaiko eta Gipuzkoako zenbait kobazulotan (Axlor eta Bolinkoba, Bizkaian; eta Lexetxiki, Labeko Koba, Ekain, Amalda eta Aitzbitarte III, Gipuzkoan). Zehazki, duela 50.000-25.000 urte neandertalek eta sapiensek jandako zaldien eta oreinen hezurren kolagenoan dauden karbono-, nitrogeno- eta sufre-isotopoak neurtu dituzte.

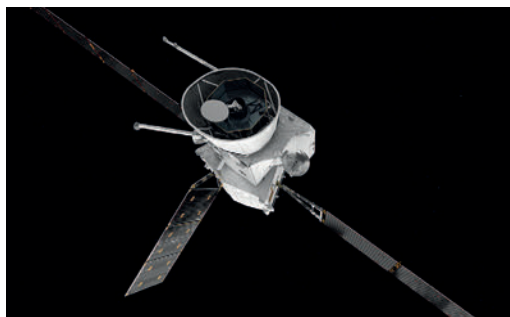
Hortik ondorioztatu dute klimaren aldaketa beste toki batzuetan baino apalagoa izan zela; seguru asko, orografiaren ondorioz. Euskal Herriko, Kantabriako eta nazioarteko ikertzaileek parte hartu dute ikerketan, IIPC institutuaren gidaritzapean, eta *Nature Scientific Reports* aldizkarian argitaratu da. ●

## Merkuriorako bidean da BepiColombo

Urriaren 20an abiatu zen BepiColombo ontzia Merkuriorantz, bi orbitatzailekin: Europako Espazio Agentziaren (ESA) Orbitatzaile Planetarioa eta Japoniako Espazio Agentziaren (JAXA) Orbitatzaile Magnetosferikoa.

2025aren amaiera aldean iritsiko da bere helburura. Hilabete batzuk lehenago, ontziak aske utziko bi orbitatzaileak, Merkurioaren grabitazioak harrapa ditzan. Horrez gain, orbitatzaileek propulsoareak ere erabiliko dituzte orbitan kokatzeko eta, handik, Merkurioko azalaren eta barrualdearen datuak biltzeko. Planetaren ezaugarriak eta bilakaera ezagutzeko da helburua; adibidez, kraterretan ezkutatutako izotza edo eguzki-haizearen eragina.

Artizarraren ingurutik igarotzean, orbitatzaileek hari buruzko datuak ere bilduko dituzte. Jakina, tresna guztiak bereziki diseinatu dituzte muturreko temperaturei aurre egiteko, hotzenak  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  ingurukoak izango baitira, eta beroenak, berriz,  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  baino gehiagokoak. ●



BepiColombo ontziak bi orbitatzaile daramatza, bat ESArene eta bestea JAXArene. ARG.: ESA.



## Bergara, Zientziaren Leku Historikoa

Bergara Zientziaren Leku Historiko izendatu du Europako Fisika Elkarteak. Izan ere, Bergarako Seminarioan aurkitu zuten Juan Jose eta Fausto Elhuyar anaien wolframioa, gerora zientzia modernoaren eta teknologiaren aurrerapenean estrategikoa bihurtu den materiala. Besteak beste, bonbilletan eta elektronikan erabiltzen da.

Europako Fisika Elkarteak fisikaren garapenerako giltzarri izan diren tokiak izendatu ohi ditu Zientziaren Leku Historiko. Esaterako, Curie Institutuak (Frantzia) eta CERN-ren Sinkroziklotroiak (Suitza) jaso dute saria aurretik. Bergararen kasuan, Donostia International Physics Center-ek egin zuen eskaera duela bi urte, eta hortik etorri da wolfra-



Bergarako Seminarioaren (argazkian) eta Laboratorium-aren garrantzi zientifiko eta historikoa aitortu du izendapenak.

maren aurkikuntzan Laboratorium-ak eta Bergarako Seminarioak izandako garrantzi zientifiko eta historikoaren aitortza. ●

# gazteberri.eus

Gazteberri aldizkariko eduki guztiak **nonahi** eta **noiznahi**

Erreportajeak

Elkarrizketak

Euskara

Zientzia

Teknologia Berriak

Sexua

Elikadura

Kontzertu agenda



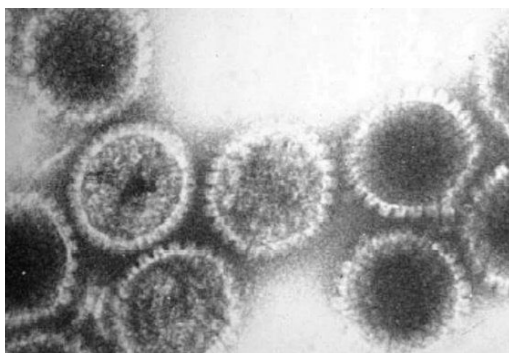
## Herpes birusaren eta alzhemerraren arteko erlazioa

Azken urteotan, hainbat ikerketak frogatu dute badagoela erlazioa herpes birusaren eta alzhemerraren artean. Alabaina, hain birus ohikoa denez (ezpainetako herpesa eragiten duen birus bera da, HSV1), zientzialariek zuhurtziaz hartu dute, eta sakon ikertu nahi izan dute erlazio hori, atzean egon daitekeen mekanismoa argitzeko.

*Frontiers in Aging Neuroscience* aldizkarian, ikerketa-lerro horretan lortu diren emaitzak errepasatu eta ondorioak atera dituzte, eta berretsi dute HSV1 birusa alzhemerraren arrisku-faktore nagusietako bat dela eta gene batekin lotuta dagoela: apolipoproteina E-aren genea (APOE-ε4).

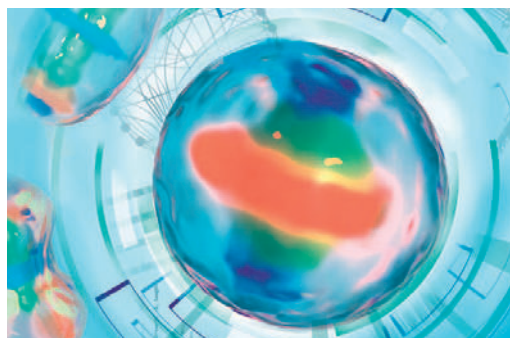
Hala, APOE-ε4 genea eta garunean birusa duten pertsonetan, alzhemerra garatzeko arriskua ez bat ez bestea ez dutenetan baino 12 aldiz handiagoa da.

Hori guztia ikusita, antibiralak alzhemerra tratatzeko eraginkorrak izan daitezkeela proposatu dute ikertzaileek. Bide horretatik, [eskala handiko lehen azterketa egin dute](#) Taiwanen, 33.500 pertsonarekin, eta emaitzak itxaropentsuak dira, herpesaren aurkako tratamendua hartzeak alzhemerra garatzeko arriskua gutxitzen duela ondorioztatu baitute. ●



Herpes birus arruntaren eta alzhemerraren arteko erlazioa berretsi dute. Horrez gain, tratatzeko bide bat ere proposatu dute.

## Mitosiaren proteinen atlas dinamikoa argitaratu dute



Zelula banatzean parte hartzen duten proteinen mapa osatu dute, 4Dn. ARG.: Aleksandra Krolik/EMBL

Zelula banatzeko prozesuan parte hartzen duten proteinen lehen atlas dinamikoa osatu dute. Biologia Molekularreko Europako Laborategian egin dute, eta ikertzaile guztien eskura jarri dute.

Hain zuzen ere, proteinak dira mitosia, zelula banatzeko prozesua, aurrera eramaten dutenak. Prozesu konplexua da, eta proteinek sarri taldeka egiten dute lan hori. Orain arte, laborategietan proteinei banaka jarraitu izan diete. Atlasak, berriz, proteina guztiei egiten die jarraipena, denbora errealean, eta ikertzaileek aukera dute nahi dituzten proteinak aztertzeko. [Mitotic Cell Atlas](#) deitu diote eta *Nature* aldizkarian eman dute haren berri. ●



Albiste gehiago  
webgunean

# berria *lagun* egin nahi duzu?

BERRIALagunak BERRIA proiektuari ekarpen ekonomikoa egiten dioten lagunak dira, edozein dela ere aukeratzen duten modalitatea.

Zure ohitura eta baliabideen arabera, aukeratu ondoen datorkizuna:

## BERRIALaguna

Hilean 10€ edo urtean 100€

### Abantailak:

- BERRIA PDFn
- Irakurle gisa zerbitzu berezietarako sarbidea
- Zozketa, gonbidapen eta deskontu esklusiboak

## BERRIALagun harpideduna\*

Aukeratu harpidetza mota:

Asteartetik igandera, hilean 36€

Asteartetik ostiralera, hilean 23€

Ostiraletik igandera, hilean 21,3€

Asteburukoa, hilean 15€

### Abantailak:

- Egunkaria etxean edo kioskoan
- BERRIA PDFn
- Irakurle gisa zerbitzu berezietarako sarbidea
- Zozketa, gonbidapen eta deskontu esklusiboak



Euskarazko kazetaritza independente eta kalitatezkoa egiten segitzeko, zure konpromisoa ezinbestekoa dugu.

Idatzi gurekin etorkizuna. Izan **berria laguna**  
Berria.eus/geroazugan • 943-30 43 45



**berria**  
#BERRIAK15



## Fisiologia edo Medikuntzako Nobela, minbiziari aurre egiteko kontrol-postuaren immunoterapiari

James P. Allison eta Tasuku Honjo ikertzaileek jasoko dute Fisiologia edo Medikuntzako Nobel saria, minbizia tratatzeko bide berri bat aurkitzeagatik. Nobel sarien erakundeak nabarmendu duenez, garatu duten metodoa iraultzailea da, immunologia-sistemak berak minbizi-zelulei aurre egiteko erabiltzen duen sistema baliatzen baitu, minbizi-zelulak zuzenean suntsitzen saiatu beharrean.

Zehazki, eta nork bere aldetik, immunologia-sistemaren T-zelulak galgatzten dituzten proteinak ikertu dituzte Allisonek eta Honjok, proteina horiek kenduta edo inaktibatuta, immunologia-sistemak aurre egin diezaien minbizi-zelulei.

1990eko hamarkadan, Allisonek CTLA-4 proteina ikertu zuen. T-zelulen proteinetako bat da, eta galga-lana egiten duela aurkitu zuen. Aurrerago, CTLA-4ra lotzen den antigorputz bat diseinatu zuen; horren bidez, T-zelulak askatu eta minbizi-zelulei aurre egiteko gai ziren.

1994ean egin zuen lehen esperimentu bat saguetan, eta emaitza erabat arrakastatsua izan zen. 2010ean, berriz, pertsonetan saio kliniko bat egin

zuen, melanoma aurreratua zuten pazienteekin, eta haietan ere beste edozein tratamendurekin baino emaitza hobea lortu zuen.

Honjok, halaber, T-zelulen proteina bat ikertu du: PD-1 proteina. 1992an aurkitu zuen, eta erakutsi zuen hark ere galga-lana egiten zuela. Hura blokeatuta, T-zelulek minbizi-zelulei eraso egitea lortzen zuen, eta emaitzak Allisonenak baino are ikusgarriagoak ziren: 2012an, minbizi-mota desberdinak eta metastasia zuten zenbait paziente sendatzea lortu zuen.

Allisonen eta Honjoren ikerketek kontrol-postuaren immunoterapiari bidea ireki diote. Terapia erabat berritzailea da, eta, bien estrategiak elkarrekin erabilita, emaitza benetan itxaropentsuak lortu dira. Beste tratamenduekin batera ere erabil daitezke: erradioterapia, kimioterapia, kirurgia... Gaur egun, saio kliniko ugari ari dira egiten bide horretatik, beste minbizi-mota batzuk ere sendatzeko, eraginkortasuna hobetzeko eta albo-ondorioak saihesteko. ●



**James P Allison**  
Alice (AEB), 1948.



**Tasuku Honjo**  
Kyoto (Japonia), 1942.

---

## Fisikako Nobel saria, laserraren fisikan ekarpen iraultzaileak egin zituztenentzat

Arthur Ashkin, Gerard Mourou eta Donna Strickland ikertzaileek jasoko dute 2018ko Fisikako Nobel saria, "laserraren fisikan egindako ekarpen iraultzaileengatik". Ekarpen horiei esker, laserra oso tresna baliagarria bihurtu da hamaika arlotan.

Sariaren erdia Arthur Ashkinentzat izango da, pintza optikoak asmatzeagatik eta haiek biologian aplikatzeagatik. Ashkinek amets bat zuen: argiarekin objektu fisikoak mugitu ahal izatea. 1960an lehen laserrak asmatu zirenean, berehala hasi zen haiekin lanean Ashkin. Laserrekin partikula txikiak mugitzea lortu zuen, eta konturatu zen partikulak izpiaren erdira mugitzen zirela (izpian zehar erradiazio-presioaren gradiente bat dagoelako). Gero, leiar baten bidez laserra enfokatuta, partikulak puntu jakin batean eustea lortu zuen. Pintza optikoak asmatu zituen.

Gero, Ashkinek erakutsi zuen pintza optikoak biologiarako ere oso baliagarriak izan zitezkeela. Infragorri-laserrak erabilia, bakterio biziak kalterik eragin gabe eutsi zitezkeela frogatu zuen, 1984an. Handik aurrera, pintza optiko horiekin, bakterioak, birusak eta zelulak ikertzen hasi zen, baita zelula-barruko sistemak ere. Eta, gaur egun, oso erabilia da teknika hori biologian.

### Intentsitate handiko laserrak

Sariaren beste erdia Gerard Mourou eta Donna Stricklandentzat izango da, intentsitate handiko pultsu ultramotzak sortzeko teknika asmatzeagatik. 1980ko hamarkadan laserren intentsitate-mugara iritsi zirela pentsatzen zen, intentsitatea gehiago handitzen saiatzen baziren, material anplifikatzailea suntsitzen baitzen.

Stricklandek eta Mourouk arazo hori gainditzeko teknika berri bat asmatu zuten (CPA teknika): pultsua laburtu, gero anplifikatu, eta konprimatu. 1985aren amaieran argitaratutako artikuluan batean azaldu zuten. Stricklandek lehen argitalpen zientifikoa zen. Doktore-tesia egiten ari zen, Mourou zuzendari zuela. Orain, Fisikako Nobel saria jasotzen duen hirugarren emakumea izango da, azkenak jaso zuenetik 55 urtera.

Iraultza ekarri zuen aurkikuntza hark, eta intentsitate handiko laserrak egiteko oinarritzko teknika bihurtu zen. Egun, asko erabiltzen dira halako laserrek: ikusmena hobetzeko ebakuntzak egiteko, hainbat material mozteko edo zulatzeke, eta beste hamaika aplikaziotarako. Eta, ziurrenik, askoz erabilera gehiago izango dituzte etorkizunean. ●



Arthur Ashkin  
New York (AEB), 1922.



Gerard Mourou  
Albertville (Frantzia),  
1944.



Donna Strickland  
Guelph (Kanada),  
1958.

## Kimikako Nobel saria, proteinen eboluzioaren ahalmena hobetu dutentzat

Frances Arnold, George Smith eta Gregory Winter ikertzaileek jasoko dute aurtengo Kimikako Nobel saria: lehenengoak, entzimen eboluzio gidatua garatzeagatik, eta, beste biek, farmakoak sortzeko fago erakusleen teknika (*phage display*) garatzeagatik. Nobel Fundazioaren esanetan, saritutako ikertzaileek "eboluzioaren kontrola hartu dute, eta, haren printzipio berak erabilita, gizateriaren arazo asko ebazten dituzten proteinak garatu dituzte".

Frances Arnoldek eboluzioa ikertzen du, medikuntzan, kimikan zein energian izan ditzakeen aplikazioak bilatzeko. 1993an, entzimen lehenengo eboluzio bideratua garatu zuen: proteinen sekuentzian mutazioak sartuta, proteinak optimizatzen joaten zen. Nolabait, eboluzioaren prozesua azkartu egiten zuen. Duela bi urte [Milurteko Teknologia saria](#) jaso zuen lan beragatik, Teknologiako Nobel sari gisa ere ezagutzen dena. Sari hori jaso duen lehenengo emakumea izan zen.

Metodologia hura finduta, katalizatzaile berriak sortzeko erabiltzen diren teknikak sortzen dira orain. Ingurumena gehiago zaintzen duten substantzia kimikoak sortzen dira; esaterako, garraioaren sektore ekologikoagoa lortzeko erregaiak.

### Fago erakusleen teknika, botikak garatzeko metodo berritzailea

Kimikako Nobel sariaren bigarren zatia antigorputzak sortzeko metodologia batek jasoko du. George Smithek fago erakusleen teknika izenez ezagutzen dena garatu zuen 1985an. Bakterioak infektatzen dituzten birusak dira fagoak, eta haietako baten azaleko proteinen geneetan txertatzen zuen proteinen DNA artifizialki, eta hala, bakteriofagoaren azalean azaltzen ziren gero, kanporantz, eta erraz jakin zezakeen proteina bakoitzak zein molekulekin interakionatzeko joera duen.

Gerora, Gregory Winterrek metodo hori gehiago garatu zuen, eta botikak sortzeko erabili. Izan ere, proteinak zein molekulekin lotzen diren jakiteak oso aproposa egiten du teknika inhibitzaile entzimati-koak edo antigorputzak lortzeko.

Sari honen bidez, eboluzioa nabarmendu nahi izan du Nobel Fundazioak: "Bizitza leku guztietara zabaldu da: ur termaletara, ozeano sakonetara eta desertu lehorretara. Hori guztia, eboluzioak arazo kimiko batzuk ebazten asmatu duelako: proteinak eraldatzen eta hobetzen joan da, dibertsitate ikaragarria sortuta. Saridunak eboluzioaren gaitasunean inspiratu dira eta printzipio horiek berak erabili dituzte gizateriaren arazo kimikoak ebatzi ditzaketen proteinak garatzeko". ●



Frances Arnold  
Pittsburgh (AEB),  
1956.



George Smith  
Connecticut (AEB),  
1941.



Gregory Winter  
Leicester (Ingalaterra),  
1951.



---

## Nobel sariak auzitan

Ana Galarraga Aiestaran · Elhuyar Zientzia

Donna Stricklandek harrituta jaso zuen Nobel sariaren ordezkariaren deia. Ezin zuen sinetsi, eta are sinesgaitzagoa egiten zitzaion [Fisikako Nobel saria](#) jasoko duen hirugarren emakumezkoa izatea, sari-ketaren historia osoan. Antza denez, ez zegoen oso arduratuta Nobel sariekin, hori ere ez baitzekien.

Alabaina, azken urteotan gero eta ozenagoa da Nobel sariaren aurkako iritzia, besteak beste, emakumezkoak baztertzeari. Izan ere, zenbakiak argiak dira: 1901ean hasi ziren banatzen Nobel sariak; geroztik, aurtengoak barne, 17 emakumezko baino ez dituzte saritu zientzietako hiru kategorietan: 12 Fisiologia eta Medikuntzakoan, 3 Fisikan (azkena, aipatutako Donna Strickland) eta 5 Kimikan (azkena, aurtun bertan: Frances Arnold).

Aipatzekoa da, berez, 18 aldiz eman diotela sari bat emakumeren bati, baina batek, [Marie Curiek](#), bi jaso zituen: Fisikakoa 1903an, eta Kimikakoa 1911n.

Kimikakoa bakarka irabazi zuen. Hori ez da ohikoa, ezta sarituak gizonezkoak direnean ere. Fisikakoa, ordea, hasieran ez zuten hari emateko asmorik, bere senarra Pierre eta Henry Becquereli baizik. Pierre Curiek ohartarazi zien ez zuela saria jasoko, emazteari ere ematen ez bazioten, Mariaren lana funtsezkoa izan baitzen saritzen zuten ikerketan. Horrela lortu zuen Suediako Zientzia Akademiak Marie Curie ere saritzea, Pierre eta Henry Becquerelekin batera.

Pierre Curieren jokabidea ez da batere arrunta, behin baino gehiagotan jakin baita gizonezko batek jaso duela saria, berez harekin lan egindako emakumezkoak merezi zuenean (edo biek merezi zutenean). Horrelako adibide asko daude. Behar

bada, ezagunenetako bat Lise Meitner fisiariarena da. Fisio nuklearra aurkitu zuen ikerketa-taldeko kide garrantzitsua zen arren, haren nagusi Otto Hahni eman zioten Kimikako Nobel saria.

Donna Stricklandek, alde horretatik, zorte hobea izan du. Izan ere, tesian egindako ikerketagatik saritu dute, tesi-zuzendariarekin batera. Hori bai: tesi-zuzendari izan zenak, Gerard Mourouk, hainbat izendapen entzutetsu eta sari jaso ditu bere ibilbidean; aldiz, Strickland irakasle-laguntzailea zen saritu zuten unean, eta ez zuen artikulurik Wikipedian (zirriborroetan zegoen).

Oso bestelakoa da aurtengo beste emakumezko sarituaren kasua, Frances Arnoldena, zeinak [Kimi-kako Nobel saria](#) jaso duen. Fisikari ospetsu baten alaba, arrakasta handia du, eta aitortza ere jaso du; adibidez, [Milurteko Teknologia saria jaso zuen lehen emakumea](#) bihurtu zen 2016an.

Hain zuzen, Nobel sariak ez dira emakumeak baztertzuten dituzten bakarrak: Matematikan ematen diren sari ezagunenetako bat da Abel saria, eta oraindik ez du emakumezko bakar batek eskuratu. Arlo bereko beste sari ezaguna Fields saria da, eta hor bakarra saritu dute: Maryam Mirzakhani.

Emakumeen bazterkeria alde batera utzita, Nobel sariek bestelako kritikak ere jasotzen dituzte. Besteak beste, zergatik aitortzen diren kategoria horiek bakarrik, eta gehienez hiru zientzialarik jasotzen duten saria, kategorია bakoitzean, lantaldeak saritu beharrean. Ez da erraza gaur egungo zientzialarien lana aitortzea, duela ehun urte baino gehiagoko irizpideekin. ●

# Eskerrik asko harpidedun guztioi

Rikardo Arregi Kazetaritza Sariak 30 urte bete ditu 2018an, eta, urtemuga berezia ospatzeko, euskarazko kazetaritzan mugarri izan diren proiektuak saritu ditu; hamar, guztira. Mugarri horietako bat izan da *Elhuyar* aldizkaria, "euskara zientziara begira jarri eta zientziaren berri euskaraz ematea ahalbidetu duen hedabidea delako".

Izugarrizko ohorea da guretzat euskarazko kazetaritzaren hamar mugarrietako bat izatea, eta, gainera, halako hedabide historikoen artean ospatzea.

Eskerrik asko irakurleoi, urte hauetan guztietan aldizkaria babestu eta aberastu duzuelako! Egin dezagun bide luzea elkarrekin.





Euskarazko kazetaritzaren hamar mugarrirako ordezkariak, ezker-eskuin: Eibar.org ataria, Goiena, EITB taldea, Euskal Irratiak, EHUko Kazetaritza Fakultatea, Ttipi-Ttapa, *Elhuyar* aldizkaria, *Zeruko Argia/Argia*, *Anaitasuna* aldizkaria eta *Euskaldunon Egunkaria/Berria*.



*Elhuyar* aldizkariko lankideak, lankide-ohiak, zuzendari-ohiak eta kolaboratzaileak, aitortza ospatzen.



**Jon Zarate Sesma**  
Farmazian doktorea



## “Zientziarako grina kutsatu zigun irakasleak eragin handia izan du nigan”

Ana Galarraga Aiestaran · Elhuyar Zientzia

Lekeition jaioa, 1979an. Farmazian doktorea da, eta Farmazia eta Elikagaien Zientziak saileko irakasle agregatua. 2011tik 2014ra *Ekaia* EHUko Zientzia eta Teknologiako euskarazko aldizkariaren zuzendari izan zen, eta, geroztik, EHUko Euskararen errektoreordea da. Ikerketan, terapia genikorako bektore ez-biralen ikerketan dabil lanean, batez ere. Elkarrizketan, pertsonak hartu dute protagonismo osoa, bai bere ibilbideko mugarriz hitz egitean, bai etorkizunaz aritu denean.

---

## *Zerk harritu, asaldatu edo txunditu zaitu gehien, lanean hasi zinenetik?*

Ibilbide guztia unibertsitatean egin dut, eta, bide horretan, ezinbestekoa izan da ikerketarako eta zientziarako grina piztu zidan pertsona: Enrique Etxebarria Orella. Fisiologiako irakasle izan genuen lizentziaturan. Oso pertsona hurbila zen, eta, gainera, haren inguruan, ikertzaile gazte euskaldun pila ezagutu nituen.

Aipatzekoa da Enriquek, euskaraz jakin gabe, zer jarrera zuen tesiak euskaraz egiteko; beti laguntzen zuen. Hortaz, horrek izan zuen nigan eragin handiena: batetik, Enriquek zientziarako pasioa kutsatu zigun —Mari Luz Estebanek dioen moduan, zientzia “erotiko” egiten zuen—; eta, bestetik, tesiak oraindik euskaraz egiten ez ziren garai hartan, eta gure laborategiko burua erdalduna zen arren, gure artean euskaraz egiten genuen.

Oso talde polita genuen, tartean zen Itziar Txurruka Ortega ere, eta Enriquek istorio bat asmatu zuen garunaren janguraren erregulazio-mekanismoari buruz. Zucker arratoiekin ikertzen genuen, nolabait esateko, Hommer Simpsonen sindromea zuten arratoi mutanteekin, eta neuropeptido bakoitza komiki-pertsonaia bat zen. Nik, adibidez, endokanabinoideen errezeptoreak ikertzen nituen, eta endokanabinoideak ziren bufoiak. Bazeuden erregea, erregina... Oso erakargarria zen.

## *Zer iraultzaren edo aurkikuntzaren lekuko izan nahiko zenuke zure ibilbidean?*

Orain medikamentuen garapenean nabil lanean, eta niri gustatuko litzaidake bestelako politika batzuk edukitzea, batez ere, botikak erosi ezin dituzten edo eskuragarri ez dituzten milioika pertsona horiekiko. Horrek iraultza edo aldaketa handia eskatzen die boterea duten (dugun) herrialdeei, eta, bidean, iraultza txikiagoak egin daitezke. Adibidez, norberak ere, edo enpresa txiki batek, patente bat lortzen duenean, egin dezake zerbait, botika hori denen eskura jartzeko. Baina, batez ere, enpresa handiek egin beharko lukete, eta horretarako bestelako politikak behar dira.

Hori alde batera utzita, sendagaien garapenean, arreta handia jarri dugu gaixotasun arraroetan. Nire inguru hurbilean, bada Mungiako familia bat koroi-redemia duena. Gaitz monogenetikoa da, eta erretinosi-mota bat eragiten du. Bizi naizen herrikidea da gaixotasuna duten umeen aita, eta elkarte ere ezagutzen dut, eta izugarria da nolako errespetuz eta miresmenez tratatzen gaituzten ikertzaileok. Tratamendua ez bada ere, haien bizi-baldintzak hobetzea niretzat berezia izango litzateke. ●

**Rosina Malagrida**IrsiCaixako Osasunaren arloko  
Living Lab-aren arduraduna

# Zientziaren eragin soziala hobetzeko lehen urratsak

Guztiok ohartu gara Europan ez gabela gai aurreraren zientifikoetatik berrikuntzak lortzeko, eta “paradoxa europarra” bizi dugula esaten dugu. Arazo larri horri erantzuteko, hainbat ekimen politiko jarri dituzte martxan Europako estatu kideek, bai eta EBk ere; baina haien lehentasunak ez datoz bat.

EBk bultzatu zuen politika horietako bati hasieran lkerketa eta Berrikuntza Arduratsua (RRI) deitu zioten, eta, gero, Zientzia Irekia eta Berrikuntza Irekia kontzeptuarekin lotu zuten. Ekimen horiek sustatzen dituzten neurrietako bat da ikerketaren eta berrikuntzaren arloko erabakiak hartzeko erantzukizuna partekatzea eragile sozialen multzo zabal batekin. Eragile horiek identifikatzean, kontuan izan behar dira hainbat jakintza-arlotako zientzialariak, politikak erabakitzen dituzten agenteak eta gizarte zibileko erakundeen eta hezkuntza-komunitatearen zein industriaren ordezkariak. Zenbait esperien-

tzian egiaztatu da mota honetako elkarrizketetan denbora gehiago emateak hobekuntzak ekar ditzakeela ikerketaren eta berrikuntzaren gobernantzan, eta horrek haien eragin soziala hobetzen eta gure paradoxa ebazten lagundu dezakeela.

Urriaren 10ean eta 17an, atsegin handiz hartu nuen parte Zientzia Irekiaren eta RRIaren inguruan Elhuyarren eskutik eta Zientziakide\* proiektuaren barruan egindako bi hausnarketa-saiotan. Parte-hartzaileak bat etorri ziren aldaketa eraldatzaile horretarako bidean aurrera egin behar dugulako ideiarekin, eta gomendio-zerrenda bat egin zuten. Gainera, laster helaraziko diote zerrenda Eusko Jaurlaritzari. Gomendioak oraindik adosten ari dira, baina, besteak beste, nabarmenduko nituzke iker-tzaileak ebaluatzeko modua aldatzeko proposamena, eta gizarte-erronketara bideratutako I+G+Bko proiektuak finantzatu beharra, lan sistemikoagoa eta konpartimentuetan ez hain banatua bultzatzeko. Hasi besterik ez da egin ikertzeko moduaren paradigma aldatzeko prozesua. ●

\* Erakunde laguntzaileak, 80. orrialdean.





**Andoni Eizagirre Eizagirre**

Mondragon Unibertsitateko ikertzailea

# Zer da zientzia eta zientzialari arduratsua izatea?

Pentsa dezagun dementzietan eta, zehazki, Alzheimerrean. Edo elektromugikortasun jasangarrizan, elikaduran, itsas ingurunea babestean eta gure beste erronka konplexu askotan. Irudika ditzagun edizio genetikoak eta garuna manipulatzeko nanotxipak. Ezagutza eta berrikuntza sustatzeko, gero eta ohikoagoa da eragileak, ikuspuntuak eta auziak integratzeko erantzukizuna. Izan ere, ezinbestekoa da ezagutzen arteko lankidetzak, ikuspuntuekiko begirunea eta erantzukidetasuna sustatzea; ezinbestekoa da etorkizunak —desiratuak, kaltegarriak, bazterrean utziak— aurretiaz irudikatzea, ikerketa, garapena eta berrikuntza modu arduratsuan egin nahi bada.

Zientziaren betiko helburu eta idealetako bat izan da arduraz jokatzeko, noski. Baina, denborarekin, aldatzen ari dira zientzia eta zientzialari arduratsua izatea zer den ulertzeko moduak. Zientziakide\* proiektuaren tailerretan egiaztatu dugu zientzialariek ikuspuntu ugari dituztela ardurari buruz;

askatasun zientifikoa, ikerketarako motibazioa, erantzukizuna ulertzeko moduak ez dira unibokoak. Guztiarekin ere, partaideek aukerakotzat balioetsi dute RRIa (Ikerketa eta Berrikuntza Arduratsua) desafio handiei erantzuteko, oro har.

Nolanahi ere, tailerretan berretsi denez, RRIaren ikuspuntuak hainbat osagaien menpeko dira: nolako tokia eta pisua duten ikerketa- eta berrikuntza-politiken lehentasunetan (programa estrategikoak, finantzazio-lerroak, ebaluazio-sistemak, pizgarriak); zer nolako formazioa eta trebakuntza jasotzen dugun zientzia-hezkuntzan eta ikerketa-ibilbidean; zientzia bera eta zientziak gizartearekin dituen harremanak nola ulertzen ditugun; ikerketaren faseetan (gaiaren definizioa, proiektuaren diseinua eta exekuzioa, implementazioa), zer intentsitate, kalitate eta dentsitatekin esperimendatzen ditugun elkarlaneko prozedurak, metodoak eta egiteko moduak. Horien konbinazioak argitzen du zeri deritzogun modu arduratsuan ikertzea. ●

**Amaia Zurutuza Elorza**  
Grapheneako zuzendari zientifikoa

*“Espero dut aplikazioak merkatuan egotea gizarteak interesa galdu aurretik”*

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute · Elhuyar Zientzia  
Argazkiak: Jon Urbe/@Argazkipress



---

Material bidimentsionalen aroa iritsi da teknologian. Grafenoa izan zen aurkitzen lehenengo, baina horrek mundu berri baterako ateak ireki besterik ez zuen egin. Zenbat aplikazio harrigarri irudikatuko ote zituzten zientzialariek eta ingeniariak orduz geroztik! Amets horien guztien euskarri da Graphenea, Donostian, eta hango zuzendari zientifiko Amaia Zurutuzarekin bildu gara. Eskuetan grafenoz egindako dispositiboak dituela azaldu da.

**Itxaropen handia sortu zen grafenoaren inguruan, duela urte batzuk. Zuk zeuk zeure ikerketa-esparrua utzi eta grafenora egin zenuen salto, bete-betean, modako materialera. Nola izan zen?**

Ni ikerketa farmazeutikoan ari nintzen orduan, atzerrian. Polimeroak ikertzen nituen, botiken dosiak kontrolatzeko polimeroak. Saiatu nintzen Euskal Herrira itzultzen, eta nanoGUNEren iragarki bat ikusi nuen, grafenoaren alorreko enpresa berri batean lan egiteko eskaintza zuena. Ez nekien grafenoa zer zen ere, baina aplikazio aldetik denetarik egin zitekeen harekin, eta horrek erakarri ninduen. Ni lanean hasi eta handik oso gutxira, Nobel saria eman zieten grafenoa aurkitu zutenei, eta ordutik aurrera espontzialki hazi zen grafenoarekiko interesa, baita gizartean ere.

**Munduko grafeno-ekoizlerik handienetakoa bihurtu zarete zuzenean, ezta?**

Bai, merkatua oso txikia da. Oraingoz ikerketan erabiltzen da soilik; ezin dira ekoizle asko izan. Iaz, 16 milioi euro eman zituen mundu osoan. Datu gisa, Samsung enpresa ez da sartzen merkatu berri batean, baldin eta merkatu horren tamaina ez bada, gutxienez, bilioi bat dolarrekoa. 16 milioi euro sosa besterik ez da haientzat.

**Itxaropen ikaragarria dago jarrita grafenoan, baina, berez, material oso xumea da: karbono hutsez eratutako xafla fin-finak. Zerk egiten du hain berezi?**

Simplea da, bai. Grafitoa —arkatzaren osagai nagusia— garbitzen ari zirela aurkitu zuten. Grafitoaren geruza indibidual bat da. Karbonoek egitura

hexagonala hartzen dute, erlauntzen gisara, baina atomo bakarreko lodiera duen xafla sortuta. Bidimentsionala da. Grafenoaren ezaugarri berezia da elektroiak ikaragarri azkar mugitzen direla xafla monoatomiko horietan, masarik ez balute bezala. Eraztun asko dituenek, elektroiak deslokalizatuta daude material osoan. Ez dute oztoporik mugitzeko. Hala, grafitoan elektroiak azkar mugitzen badira, grafenoan askoz ere azkarrago. Adibidez, silizioan, asko jota,  $1.000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ -ko abiadura mugitzen dira, eta grafenoan,  $200.000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ -koa izan daiteke.

Elektroiak hain azkar mugitzeak erabilgarritasun handia emango dio elektronikan. Abiadura horren erakusle da orain dela gutxi 5G telekomunikazioetarako atera den aplikazio interesgarri bat: segundo bakar batean 25 film jaistea ahalbidetuko luke grafenoak.

**Oraingoz ez da iritsi aplikaziorik merkatura, baina zertan dira grafenoaren azken prototipoak?**

Bada, prototipo on piloa dago. Adibidez, optoelektronikan, aplikazio interesgarria da fotodetektagailuena: gaueko ikusmena duten kamerak garatzen ari dira, kotxeetarako. Telekomunikazioetan ere garatzen ari dira aplikazioak, zuntz optikoetan silizioarekin konbinatuta erabilia. Horiei ikusten diet, bereziki, etorkizun handiena. Duela bizpahiru urte mugikorretarako pantaila malguak egiteaz ere hitz egin zen. Gertatzen dena da mugikor osoak izan beharko lukeela malgua, bestela ez du zentzurik. Eta, oraingoz, ezin da halakorik egin.



## “Grafenoaren supereroankortasuna izan da aurten hot topic”

Medikuntzaren alorrean, adibidez, biosentsoreak garatzen ari dira. Biomolekulek oso interakzio ona dute grafenoaren eraztun aromatikoekin. Eta proportzioan oso azalera handia duenez grafenoak, oso azkar hautematen du biomolekuletan gertatzen den aldaketa oro, interakzio oro. Adibidez, odolean biomarkatzaileak aurkitzeko balioko luke.

Garuna estimulatzeko elektrodoak ere garatzen ari dira. Orain erabiltzen diren elektrodoak platinozkoak dira, oso zurrunka eta lodiak, eta grafenoa geruza bakarrekoa izanik, askoz ere estimulazio hobea egiten du garunean. Animalietan egin dituzte probak jada. Hemendik aplikazio ugari erator litezke, garuna estimulatu eta gaixotasun asko sendatzeko.

### **Grafenora salto egin zenuenetik, grafenoaren inguruko zein aurkikuntza izan da zugarria handiena sortu duena?**

Bada, oraindik ere sorpresa piloa ematen duen materiala da. Denak dira interesgarriak, baina aurtengo *hot topic* izan da supereroankortasunarena. Grafenoaren bi geruza gainjartzen badituzu angelu jakin batekin, grafenoak supereroankortasuna azaltzen du. Hori imajinatu ere ez genuen egiten duela urte bat edo bi. Emango du zeresana!

### **Aurkitutako lehenengo material bidimentsionala da grafenoa, baina aukera ireki du beste asko lortzeko. Zer ezaugarri berezi du bidimentsionalitateak, ohiko material tridimentsionalen aldean?**

Elektroiek desberdin jokatzeak ematen dizkie gaitasun berriak. Grafenoan, adibidez, elektroiak azkarrago mugitzen dira; molibdeno disulfuroz egindako geruza bakunetan, ordea, argia desberdin xurgatzen dute: askoz ere argi gehiago igortzen du

geruza bakarra egonda, hiru geruzak baino. Azkenean, material tridimentsionalak ezagutzen ditugu, baina findu eta bidimentsionala lortzen dugunean, beste ezaugarri batzuk azaltzen dira. Eta esaten duzu: “Uau!! Zelan emititzen du hainbeste argi, ez badago ia materialik!”

### **Edozein material tridimentsionalen bidimentsionala lor genezake?**

Gutxi gorabehera. Askorekin bai, denekin ez. Une honetan, zientzialariak saiakera handiak ari dira egiten material bidimentsionalak sortu eta ezaugarri berriak bilatzeko. Eta material askorekin lortu da. Gertatzen dena da material bidimentsional guztiak gero ez direla erabilgarriak.

Saiatu dira, esaterako, silizio bidimentsionala sortzen: silizenoa, grafenoaren baliokidea izango litzatekeena. Baina ez da egonkorra. Egonkorra balitz, izango lituzke ezaugarri interesgarriak, agian; baina ez da egonkorra. Germanioarekin ere saiatu dira, eta hori ere ez da egonkorra. Ezin da ekoitzi. Fosforoz egindako beste bat ere badago, fosforo beltza, eta horretan ere elektroiak oso azkar mugitzen dira. Ikusteko dago.

### **Hortaz, errealitatean atomo guztiek ez dute balio horrelako egitura sortzeko?**

Bueno, galdera zaila da. Adibidez, egitura hexagonalak izaten dira termodinamikoki egonkorrenak, eta horrek asko baldintzatzen du. Karbonoa oso atomo berezia da, egitura espazial asko sortzeko aukera ematen duelako, eta ia denak egonkorak. Diamantea bera egonkorra da, nahiz eta sortzeko oso baldintza gogorrek behar diren. Karbonoaren berezitasuna da.





### **Oraingoz, zer material bidimentsional egonkor lortu dira?**

Adibidez, badago bat, grafenoaren oso antzekoa: boro nitruro hexagonal. Karbonoa beharrean, boroa eta nitrogenoa ditu egitura hexagonal hori osatzen. Kasu horretan, elektroiak ez dira azkar mugitzen, baina material isolatzaile oso ona da. Horregatik, propietate interesgarria du: substratu gisa erabil daiteke grafenoarentzat. Izan ere, edozein aplikaziotarako grafenoa substratu baten gainean jarri ohi dugunez, substratu horrek inpaktu bat du grafenoaren elektroieta; jada, ez dira hain azkar mugitzen. Baina material isolatzaile hori jartzeko badugu substratuaren eta grafenoaren artean, elektroi horiek oraindik azkarrago mugitzen dira. Hori egiten ari gara oraintxe bertan.

Eta badaude material bidimentsional gehiago: molibdeno disulfuroa ( $\text{MoS}_2$ ), wolfram disulfuroa ( $\text{WS}_2$ ), wolfram diseleniuroa ( $\text{WSe}_2$ ) eta abar. Horiek denak erdieroaleak dira, silizioaren antzerakoak. Ez dute egitura hexagonalik, eta ez dira egitura monoatomikoak, hiru atomoko geruzak baizik. Gero eta gehiago sortzen ari dira.

### **Esperantza handia dago jarria material bidimentsionaletan, eta inbertsioa ere horren parekoa da, ezta?**

Europak estrategikoki erabaki zuen dirua grafenoan inbertitzea. *Graphene Flagship* proiektua sortu zuen eta horrek indar handia eman dio. Hamar urtean, bilioi bat euro inbertituko du. Ez da Europaren apustu bakarra, noski. Hamar urteko beste proiektu handi bat finantzatu zuen: *Human Brain Project*, superkonputagailu bat sortzekoa.

### **Hainbeste lan egin eta gero, grafenoaren bidez errealtate bihurtutako zein aplikaziok beteko zintuzke gehien?**

Niretzat, grafenoa produktueta ikuste hutsa ikaragarria litzateke, 8 urte eman baititugu ikertzen. Baina badakigu pazientzia behar dugula, material berri orok urte pilo behar baitu merkaturatzeko. Silizioaren kasuan, 20 urte baino gehiago pasa ziren ordenagailuetarako transistoreetan erabiltzen hasi zen arte. Eta orain merkaturatzen duen inpaktuia izugarria da.

*“Batuetan, ez da erraza grafenoaren inguruko eskaera mediatikoak kudeatzea”*

Baina aplikazio bat aukeratu beharko banu... Bueno, fotonikan edo elektronikan erabiltzea oso egokia litzateke; baina bakarra aukeratu beharko banu, agian, biomedikuntzan. Biosentsore on bat nahiko nuke etxean bertan, une batean jakiteko, adibidez, minbizia duzun edo ez.

### **Grafenoan hainbesteko itxaropena izateak presio sozial eta mediatiko handia eragin dezake iker-tzaileengan. Zuk nola bizi duzu: zama duzu edo lanerako motibatzen zaitu?**

Batuetan ez da erraza eskaera mediatiko horiek kudeatzea. Baina nik uste, oraingoz interesa positiboa dela. Garrantzitsua da gizarteak interesa izatea grafenoan, horri esker lor baitaiteke inbertsiorako dirua. Hori bai, espero dut aplikazioak merkaturatzen egotea interes hori galdu aurretik. ●



# Gure bazterretako fossilak

Egoitz Etxebeste Aduriz · Elhuyar Zientzia





---

Lanbroak ezkutatutako bazterrak maite ditu poetak. Lurpean ezkutatutako fosilak, paleontologoak. Eta gainerakook ere maiteko genituzke, agian, hobeto ezagutuko bagenu, agian, kontaktzen diguten istorioa ezagutuko bagenu; orduan hasiko baikin bateke ezkutukoa, duela milaka eta milioika urteko bazter miresgarriak, ikusten.

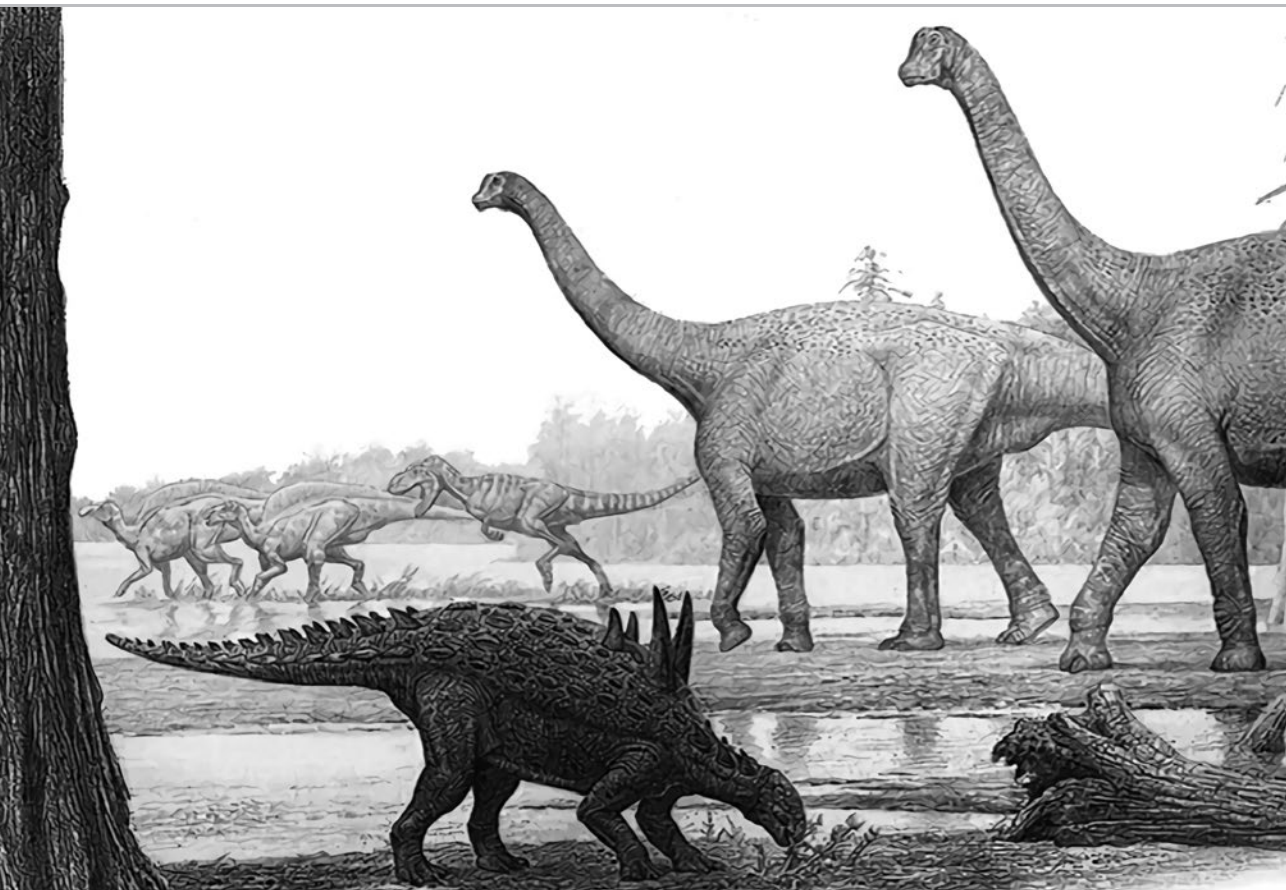


“Lagunek fosilak edo museoren bat ikusi nahi dutela eta, galdetzen didatenean, aipatzen dizkidate Errioxako dinosauro-oinatzak, Atapuerca eta abar; baina ez dakite Bilbon Museo Arkeologikoa dagoela, Gas-teizen Arabako Natur Zientzien Museoa, edo Geoparkean, arrokez gain, fosilak ere ikus daitezkeela”, dio Ainara Badiola Kortabitarte EHuko paleontologoak. “Unibertsitatean ere, gradu edo graduondoko ikasleek paleontologiaz hitz egitean, beti kanpokoa aipatzen dute”.

Badiolak garbi du: “Hemen daukaguna ez da ondo ezagutzen. Eta, noski, ez bada ezagutzen, nola egongo da sentsibilizaziorik ondare paleontologikoaren inguruan”. Izan ere, “biodibertsitatearekin sentsibilizazio gehiago dago, baina geodibertsitatearekin ez hainbeste, eta geodibertsitatea ere ondare naturalaren parte da”, aldarrikatzen du.

Egoera hori aldatzen hasteko asmoz, argitaratu dute “Registro fósil de los Pirineos occidentales” liburua, aurten. Berrogei adituk baino gehiagok parte hartu dute, eta horien artean daude liburuaren editoreak: Ainara Badiola Kortabitarte, Xabier Pereda Suberbiola eta Asier Gómez Olivencia, hirurak EHUKo irakasle eta ikertzaileak, azkena Ikerbasquekoa ere bai. “Helburua da, batetik, mendebaldeko Pirinioetan, alegia, Euskal Herrian eta inguruan, dagoen erregistro fosila ezagutaraztea; eta, bestetik, fosil horien kudeaketa, kontserbazioa eta dibulgazioa nola egiten den kontatzea”, azaldu du Badiolak.

Lañoko aztarnategian topatu diren dinosauroen irudikapena. Aurrealdean, *Struthiosaurus* ankilosaurua; atzean, bi *Lirainosaurus*; eta, hondoan, teropodo bat bi ornitopodori jarraika. Irudia: Raúl Martín.





*“Lañon espezie eta genero berriak identifikatu dira, eta hori oso garrantzitsua da. Nazioartean erreferentziazko aztarnategia da”*

Batez ere gradu edo graduondoko ikasleei zuzenduta dagoen arren, Paleontologia gustuko duen edozeinentzat ere interesgarria izango da liburua, bertan aurkituko baitu zein diren Euskal Herriko aztarnategi paleontologiko eta fosil garrantzitsuenak, edo fosil horiek nola kudeatzen diren, eta non ikus daitezkeen, besteak beste.

### **Laurehun milioi urteko historia**

Mendebaldeko Pirinioetako eremuan aurkitu diren fosilek laurehun milioi urteko historia kontatzen

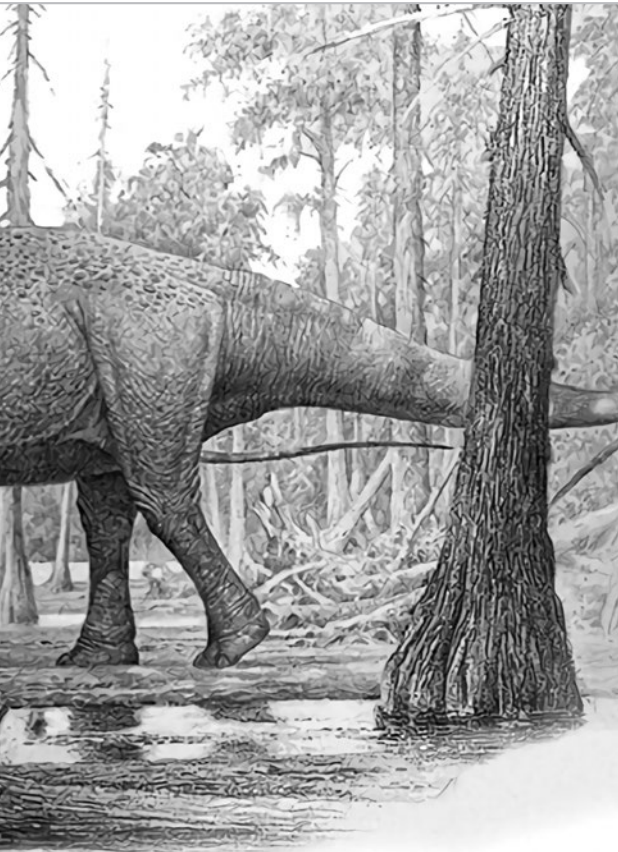
dute. Adin hori dute aurkitu diren fosil zaharrenek, 300-400 milioi urte. Garai hartakoak ez dira asko, Paleozoikoko azaleramenduak oso urriak direlako bazter hauetan. Baina Bortzirietan, Aldude-Kintoan eta Orotz-Betelun badira batzuk. Devoniarreko eta Karboniferoko itsas ornogabeen fosilak dira ugariak, baina lehorreko landare baskular fosil batzuk ere aurkitu dira.

Erregistro fosila ez da jarraitua, inguruko arroka sedimentarioen segida ere ez delako. “Paleozoiko material gehiago badaude —adibidez, Aiako Harria—, baina hor material gehienak igneoak edo metamorfikoak dira; beraz, fosilak egoteko ez dago aukera askorik”, azaltzen du Badiolak. “Gure fosil gehienak Mesozoikokoak eta Zenozoikokoak dira, eta Mesozoikoaren barruan ere, nahiz eta Jurassicoko arroka sedimentarioak badiren, gehiena Kretazeokoa daukagu”.

Hala, “Paleozoikoko fosil zahar horiek dauzkagu, eta gero salto egiten dugu duela 120 milioi urtera edo, Behe Kretazeora”. Itsas mailak aurrera eta atzera egin zuen Kretazeoan, baina, oro har, Euskal Herriko ipar isurialdean itsas ingurunean sortutako arroka sedimentarioak daude, eta hainbat mikrofosilez gain, arrainak, mosasauroak, ammonite eta bestelako molusku-fosil asko daude. Hegoaldean, berriz, lehorreko animalien fosilak dira nagusi.

### **Dinosauroak Lañon**

Gasteiztik 25 km hegoaldera bada aztarnategi garrantzitsu bat, Goi Kretazeokoa: Lañoko aztarnategia (Trobiñu). “Nazioartean erreferentziazko aztarnategia da —dio Xabier Pereda Suberbiolak—; oso aberatsa da fosiletan, eta hainbat ornodun-





## “Eozenoan ekosistema tropikalak eta subtropikalak ugaritu ziren. Beste mundu bat zen”

taldetakoak daude. Lañon espezie eta genero berriak identifikatu dira, eta hori oso garrantzitsua da”.

Guztira, 40 espezie inguru identifikatu dituzte. Horietatik, dozena bat dinosauroak dira, eta, gainerakoak, arrainak, anfibioak, muskerrak, sugeak, krokodiloak, narrasti hegalaria, ugaztunak eta abar. “Aniztasun izugarria dago”, azpimarratzen du Peredak.



Xabier Pereda Suberbiola, Asier Gómez Olivencia eta Ainara Badiola Kortabitarte, *Registro fósil de los Pirineos occidentales* liburua aurkezten. ARG.: Humberto Astibia.

Azterketa paleomagnetikoen bidez, 72-73 milioi urteko arrastoak direla kalkulatu dute. Garai hartan kosta Gasteiz inguruan zegoen, eta Lañoko eremu hori kostatik gertu dagoen ibai nahiko zabal bat izango zen.

Paisaia horretan bizi ziren, esaterako, *Lirinosaurus astibiae* titanosauo lirainak. Haiexek utzi zituzten arrasto gehien: ehun hortz eta ehun hezur inguru. Gainerako dinosauroen artean, bazegoen korazatu bat, ankilosauo; edo ornitopodoak deitzen zaien beste batzuk; eta, aurkitutako espezieen erdia teropodoak dira, haragijaleak.

Lañon aurkitutako espezie berrien artean daude, lirinosauoaz gain, *Dortoka vasconica* dortoka, *Herensugea caristiorum* sugea, *Musturzabalsuchus buffetauti* krokodiloa eta *Lainodon orueetxebarriai* ugaztun primitiboa.

Inguruan badira antzeko fosilak dituzten beste aztarnategi txiki batzuk ere. “Izkiko parkean, Korres inguruan, esaterako, dinosauro batzuk, krokodiloren bat eta dortokaren bat aurkitu izan da —dio Peredak—; baina ez du zerikusirik Lañoko ugaritasunarekin eta aniztasunarekin. Lañon fosilen aparteko kontzentrazioa dago”.

### Ugaztunen garaia

Lañoko aztarnategiak erakusten duen argazkia guztiz aldatuko zen, handik 6-7 milioi urtera gertatuko zen suntsipen masiboarekin. Hegaztiak ez gainerako dinosauroak betirako desagertuko ziren, eta baita gainerako animalia gehienak ere. Bizirik iraun zutenen artean, ugaztunak izango ziren arrakastatsuenetakoak.

Aurretik ere klima nahiko beroa bazen ere, Eozenoan, are gehiago: “Duela 56 bat milioi urte, maximo termiko bat izan zen, eta ia mundu guztian ekosistema tropikalak edo subtropikalak ugaritu ziren”, azaltzen du Badiolak. Egoera horretan, dinosauroek libre utzitako txoko ekologikoak betetzen joan ziren ugaztunak. “Dinosauroen garaian ere baziren ugaztunak, baina gehienak oso txikiak ziren. Eozenoan, ugaztunak tamainaz handitzen joango dira, eta asko dibertsifikatzen eta hedatzen. Gaur egungo ugaztun-talde asko agertuko dira”. Adibidez, perisodaktiloak, gaur egungo zaldi, tapir eta errinozeroen taldea; edo, artiodaktiloak, behi, ardi, txerri,



Huescan aurkitutako *Sobrabesiren cardieli* sirenioen irudikapena. Uztarrotzen, Ardanatzen eta Urbasa-Andian ere aurkitu dituzte sirenioen hainbat orno eta saihets. Irudia: Rosa Alonso Montero.

gamelu eta abarren taldea. Baita benetako primate edo euprimateak ere.

Garai horretako aztarnategi garrantzitsu bat Zanbranan (Araba) daukagu ([Geologia Interesdun Leku izendatua](#)). Han aurkitutako arrastoeekin eraikitzen den paisaia aintzira baten ertz zingiratsua da, duela 37 bat milioi urte. 26 ornodun-espezie aurkitu dira; anfibioak, krokodiloak, dortokak, muskerrak, marsupialioak, primateak, karraskariak, karniboroak, eta, ugarienak, perisodaktiloak eta artiodaktiloak. “Perisodaktiloek eta artiodaktiloek gaur egun baino askoz ere aniztasun handiagoa zuten, eta oso desberdinak ziren”, dio Badiolak. “Adibidez, egungo artiodaktilo askotan ohikoa da adarrak izatea; garai hartan, ez zuten adarrik”.

Ugaztunen dibertsifikazioa ez zen lehorra mugatu. Batzuek uretarako bidea ere hartu zuten. Garai hartako zetazeo-fosilik ez da aurkitu gure inguruetan, baina bai sirenioenak (egungo manatien eta dugongoen taldekoak). Azpimarragarria da [Castejon de Sobrabeko aztarnategiko \(Huesca\) aurkikuntza](#). Sirenioak, baleak bezala, eboluzioan zehar lau hankak eraldatzen eta galtzen joan dira.

Egungo manati eta dugongoek aurrean hegats-formako gorputz-adarrak dituzte, eta atzeko biak desagertuta daude. Bada, Huescan aurkitutako sirenioak, *Sobrabesiren cardieli*-k, oraindik lau hankak zituen. “Munduan lau hankadun sirenio primitibo gutxi ezagutzen dira eta Huescako da fosil-bilduma onena. Horregatik, garrantzia handia du aurkikuntza honek”, azpimarratzen du Badiolak.

Nafarroan ere, Uztarrotzen, Ardanatzen eta Urbasa-Andian, aurkitu dira sirenioen hainbat orno eta saihets. Izan ere, inguru hori guztia itsasoa zen garai hartan. Pirinioetako mendilerroa oraindik ez zen altxatu. Plaka iberiarra eta europarra elkartzen hasita zeuden, baina bien artean itsas-adar bat zegoen oraindik. Horregatik, Nafarroan, Huescan, eta baita Katalunian ere, itsas inguruneke fosilak agertzen dira, tartean, sirenioak”.

Egoera horretan, “Eozenoan hemen izan dugun fauna nahiko endemikoa izan da”, dio Badiolak. “Europa artxipielago bat zen, eta artxipielago horretako uharte bat zen Iberiar penintsula. Adibidez, Zanbranan aurkitu diren perisodaktilo asko, *Iberolophus arabensis* edo *Pachynolophus zambranensis*

*Canis mosbachensis*



*Panthera gombaszoegensis*



*Homotherium latidens*



Punta Luceroko aztarnategian topatu dituzten hiru espezie berezienen fosilak.  
ARG.: Asier Gómez Olivencia.

kasu, desberdinak dira Frantzian, Suitzan edo Alemanian topatu direnekiko”.

Eozenoaren amaieran klima hoztu egin zen, eta orduan bukatu zen mundu tropikal hura. Baso itxien orde, paisaia irekiagoak ugaritu ziren, sabana-itxurakoak. Gainera, orogenia alpetarraren eraginez, Asia eta Europa konektatuta gelditu ziren, eta Asia aldetik sartu zen faunak aurretik zeuden animalia asko desagerrarazi zituen. Garai horretako arrastoak, duela 20 bat milioi urtekoak, Bardeetan topatu dira, besteak beste. “Eszenatokia erabat aldatu zen —dio Badiolak—; eta fauna horren ondorengoak izango dira gero Kuaternarioan izango ditugunak, ezagunagoak egiten zaizkigunak. Baina Eozenoa beste mundu bat zen”.

### Jaguarrek Zierbenan

Gure bazterretan ditugun Kuaternarioko makrougatzunen fosil zaharrenak duela 500.000 urte ingurukoak dira, Punta Luceroko aztarnategikoak (Zierbena, Bizkaia). “Ez dakigu oso ondo inguru hau nolakoa zen garai hartan—azaltzen du Asier Gómez Olivenciak—; ez dakigu une glaziar edo interglaziar batean gauden. Baina dakiguna da une horretan hor bizi ziren ugatzun batzuk ez direla gehiago agertzen Euskal Herriko erregistro fosilean”.

Punta Luceron badira hiru espezie oso berezi, inguruan beste inon agertzen ez direnak. Jaguar europarra da bat, *Panthera gombaszoegensis*, gaur Amerikan bizi den jaguarra baino handixeagoa eta sendoagoa. Bigarrena, *Canis mosbachensis* da, egungo otsoaren arbasoa, pixka bat txikiagoa. Eta, hirugarrena, tigre sable-horzduna, *Homotherium latidens*, egungo lehoi baten tamainakoa.

Ugatzun gehiagoren fosilak ere badira Punta Luceron: orein erraldoiak, orein arruntak, bisontek, errinozeroak, uroak eta abar. “Baina horiek beste aztarnategietan ere topatzen dira”, dio Gómez Olivenciak. “Hiru espezie horiek egiten dute hain

## “Punta Luceron badira hiru espezie oso berezi: jaguar bat, otso bat eta tigre sable-horzdun bat”

garrantzitsu Punta Lucero. Eta baita kronologiak ere; inguruko beste aztarnategiekin konparatuz, gutxienez 200.000 urte zaharragoak dira Punta Luceroko ugaztunak”.

Aztarnategia ozta-ozta aurkitu zuen Iñaki Libanok, 1987an, Bilboko Portuko obretarako erabiltzen ari ziren harrobia baitzen. Eta, seguruenik, aztarnategiaren zati handiena harrobian suntsitu zen.

Harrobi batean dago Kuarternarioko ugaztunen beste aztarnategi garrantzitsu bat ere: Koskobilo (Olazti, Nafarroa). Hainbat fosil berreskuratu da harrobitik, nola hala, eta kronologia desberdinekoa. “Euskal Herrian hipopotamoa duen aztarnategi bakarra da. Europan hipopotamoa duela 125.000 urte desagertu zen; beraz, hipopotamoak adin minimo bat ematen digu, eta esaten digu, gainera, garai bero bat zela”, azaltzen du Gómez Olivenciak.

Koskobilon aurkitu diren beste bi espezie berezi hartz tibetarra eta makakoa dira. “Hartz tibetarrak Europan bi aldiz sartu eta desagertu ziren, Pleistozenoan. Oso fosil ezohikoak dira Europaren mutur honetan” dio Gómez Olivenciak. Makakoa, bestalde, Lezetxikin ere aurkitu da. Eta hasieran 75.000 urte inguru kalkulatu bazitzaizkion ere, azterketa berrirenak erakutsi dutenez, 170.000 urte inguru izan ditzake. “Seguru asko, makakoak une bero hartan biziko ziren, non hipopotamoak, hartz tibetarrak, errinozeroak, oreinak, kastoreak eta abar zeuden”.

### Gizakien arrastoak

Garaitsu hartan, gertukoagoa dugun beste espezie bat ere bazezilen bazter hauetan. “Neandertalak hemen ibili ziren gutxienez orain dela 200.000

urtetik, duela 40.000 urte inguru desagertu ziren arte”, dio Gómez Olivenciak. Lezetxikin, Axlorren eta Arrillorren topatu dira haien fosilak. Ez dira asko; besahezur bat eta hortz gutxi batzuk. “Ez dute informazio askorik ematen. Aldiz, erregistro arkeologikoak bai, esaten digu haien kulturak aldatzen joan zirela. Ikusten da, leku berean, une desberdinetan, espezie desberdinak ehizatzen zituztela, eta silexa desberdin lantzen zutela. Hainbat kulturatako neandertalak izan ziren hemen”.

Gure espeziea, berriz, duela 45.000 urte inguru sartu zen Europan. “Ez dakigu hemen neandertalekin topo egin ote zuten edo ez, informazio gutxi baitago” dio Gómez Olivenciak. Bost aztarnategitan topatu dira sapiensen fosilak. “Oso fosil gutxi dira. Baina badira aztarnategi berezi batzuk, interesgarriak; esaterako, Santa Katalinakoa (Lekeitio). Une hotz batekoa da, eta elur-oreinen hezur asko topatu dira. Baita arrantzazantzuak eta ehizatzen zituzten hainbat hegazti ere, pottorro erraldoia, adibidez”.

Sapiens haiek, fosilez eta tresnez gain, utzi zuten bestelako informaziorik ere, garai hartako faunaren berri ematen duena: labar-arteak. Kasu honetan, ordea, labar-arteak kontatzen duena, ez dator guztiz bat fosilek kontatzen duten istorioarekin. “Batez ere zaldiak eta bisonteak marrazten zituzten —dio Gómez Olivenciak—, baina aztarnategietan (Santimamiñen, adibidez) ikusten da nagusiki oreinak ehizatzen zituztela. Orduan, labar-arteak haien imajinarioaren isla bada, haien imajinarioak eta ehizatzen zutenak ez zuen zerikusirik. Azken batean, gizaki hauek gu bezalakoak ziren, espezie berbera baikara”.



# 1918ko pandemia

## ehun urteko itzala, lausoagoa gaur

Ana Galarraga Aiestaran · Elhuyar Zientzia



ARG.: CDC

Duela 13 urte, ikertzaile-talde batek *Influenzavirus* bat berpiztu zuen; zehazki, 1918ko gripe-pandemia eragin zuena. Batzuek bioterrorismoaren mamua haizatu zuten arren, helburua guztiz zientifikoa zen, noski: birusaren ahalmen hilgarriaren sekretua argitu nahi zuten, berriro halakoren bat gertatzea eragozteko. Ikerketa haren aurretik eta ondoren, beste hainbat egin dira, mundu osoan, helburu berarekin. Ez dute arriskua desagertzerik lortu, baina bai orduan baino apalagoa izatea.

## *“Pandemia ezohikoa da, eta planeta osoan infektatu-kopuru itzela agertzen denean izendatzen da”*

Iturri batzuen esanean, 1918ko gripe-pandemia edo espainiar gripea inoizko hilgarriena izan zen. Baliteke Erdi Aroko Izurri Beltzak baino pertsona gehiago hil izana (50-100 milioi aipatzen dute), baina, populazio osoa aintzat hartuta, Izurri Beltza hilgarriagoa izango zen, ehunekoetan. Edonola ere, mundu osoan zabaldu zen, Artikokoan zein Ozeano Bareko uharteetan barne, eta geroztik igaro diren ehun urte hauetan ez da haren pareko pandemiarik izan.

Hain zuzen, ez zen izurria izan, pandemia baizik. Miren Basaras Ibarzabal mikrobiologoak garbi uzten du zein den bataren eta bestearen arteko aldea: “Sasoi jakin batean gripe-kasu asko azaltzen direnean, izurri deitzen zaio. Hori ohikoa da, eta urtero gertatzen da. Pandemia, berriz, mundumailako osasun-krisi bat da. Ezohikoa da eta planeta osoan infektatu-kopuru itzela agertzen denean izendatzen da”.

“1918an milioika pertsona kutsatu eta gaixotu ziren, eta haietako asko hil egin ziren. Zergarik gertatu zen hori? Bada birusaren aldakortasun handia dela eta”, dio, argi.

Azaldu duenez, gripearen birusak zortzi RNA-zati ditu, eta, haiek nola konbinatzen diren, sortzen dira birus-mota desberdinak. 1918an agertu zena zeharo berria zen gizakiontzat.

“Normalean, gripearen izurria iristen denean, ahulenak dira kaltetuenak: haurrak, adinekoak, immunoeskasiak dituztenak... Pertsona osasuntsuetan eta immunologia-sistema indartsua dutenengan ere eragiten du, baina, gaixotuta ere, gehienetan ez dira hiltzen. Pandemieta, zer gertatzen da? De-

nok gaudela babesgabe”. Izan ere, 1918an hedatu zen birusa hegaztietatik iritsi zen gizakiengana. Aurretik ere gertatu izan dira halako jauziak, baina ondoren ere. Ordukoak, baina, bestelako neurria hartu zuen.



1918ko pandemia eragin zuen birusa berpiztu zuten 2005ean. Irudian, birus haren argazki koloreztatua. ARG.: Sanofi Pasteur.

### **Hegaztietatik gizakiengana**

Gripearen birus-motak antigeno nagusien arabera sailkatzen dira. Bi dira antigeno nagusiak: hemagglutinina (H) eta neurominidasa (N). Lehenengoak 18 mota ditu, eta bigarrenak, 11. Birusak hemagglutinina horietako bat eta neuraminidasa bat izaten ditu; horrenbestez, konbinazioak oso ugariak dira. Gainera, A motakoak edo B motakoak izan daitezke (C motakoak ere badaude, baina askoz ere gutxiago dira). “Badakigu birus horiek guztiak badaudela, baina de-



Gripearen birus gehienak hegazti basatietan daude, eta mundu osoan heda daitezke migratzean. ARG.: Nikolai Repnitskii/Shutterstock.com.

nak ez dira gizakiarengana iritsi. Gehienak hegazti basatietan daude: ahateak, txoriak... Beste animalia batzuek ere badituzte, baina, batez ere, ahate basatiek. Eta animalia horietatik gizakietara jauzi egiteko arriskua dago”, ohartarazi du Basarasek.

“Gizakietara iristen bada hegaztien birus bat, hartzaileak lehendik ezagutzen ez zuena, arazo benetan larria sortzen da, ez baitu antigorputzik antigeno horien aurka”. Hori da, 1918an gertatu zena.

Aldiz, sasoiko izurriak gizakion ohiko birusen mutazioz gertatzen dira; sortu berriak ez dira aurrekoetatik hain desberdinak, eta jendeak badu nolabaiteko babes. “Batzuetan, mutazioa ohi baino handiagoa izaten da; orduan, urte horretako gripea birulentoagoa izaten da”.

Sasoiko gripetik babesteko, txertoak egiten dira, sortutako azken birusetatik abiatuta. Hiru andui izaten dituzte: A motako H1N1 eta H3N2, eta B motako beste bat. Basarasen esanean, A motakoetan aldaketak handiagoak izaten dira

B motakoetan baino, eta gehiengoa dira. “Zenbaiten ustez, txertoak lau andui izan beharko lituzke, babes handiagoa eskaintzeko; hala ere, normalean ematen dena hirukoa da, oraingoz”.

*“Oilategietan isolatu dira H5, H7 eta H9 duten birusak, eta eragin dituzte zenbait heriotza”*

1918ko pandemia eragin zuena H1N1 motakoa zen. Garai hartan gizakientzat guztiz berria bazen ere, orain nahiko ohikoa da, eta urtero iristen da gurgana. Tartean, birusaren beste aldaera batzuk ere iritsi dira, adibidez, 2009an zabaldu zena.

A gripea izenarekin egin zen ezagun, baina Basarasek zuzendu egin du: “A gripea gaizki esana dago. Gripea gaixotasuna da, eta hura sortu zuen birusa A motakoa zen, baina mota horretakoak dira gehienak. Hura H1N1 zen; ez betikoa, ordea,

Miren Basaras Ibarzabal  
EHUko irakaslea eta  
mikrobiologoa



material genetikoaren zati batzuk animalietatik bereganatu baitzuten. Horregatik izan zen hain birulentoa, eta izurria pandemia bihurtzeko arriskua ere egon zen”.

Halakoak tartean behin gertatzen direla jakinara zi du. Arriskuari aurre hartzeko, begiraleak daude, eta haien ardura da gripe-kasuei jarraipena egitea, aldaera bereziki birulentoak sortzen badira, lehenbailehen detektatzeko eta neurriak hartzeko. Esate baterako, 2009an txertoak sortu zituzten.

Basarasek gogorarazi du leku batzuetan arrisku handiagoa dagoela birusak animalietatik gizakietara jauzi egiteko; adibidez, Asian: “Zergatik? Haztegieta, hurbiltasun handia dagoelako hegaztien eta pertsonen artean. Eta, adibidez, oilategietan

isolatu dira H5, H7 eta H9 duten birusak. Horiek ez dira ohikoak gizakietan, eta eragin dituzte zenbait heriotza, haztegien langileen artean”.

Sarritan, birus horiek ez dira gehiago zabaltzen. Hain zuzen, pandemia gertatzeko, birusa gizakiontzat antigenikoki berria izateaz gain, beste baldintza bat ere izan behar du, ezinbestean: pertsona batetik bestera transmititzeko gai izatea, hau da, gizakion arteko transmisiora moldatzea. “Izan ere, gerta daiteke norbait animalia-jatorriko birus batekin kutsatzea, baina ez badu transmititzen, hor eteten da”.

### Maila askotako neurriak

Basarasek begiraleak aipatu ditu, eta horiek dira lehen prebentzio-neurria. Nazioarteko erakundeek elkarrekin koordinatuta egiten dute zaintza-lan hori: Osasunaren Mundu Erakundea, AEBetako CDC (Gaixotasunen Kontrolerako eta Prebentziorako Zentroak)... “Sasoiko gripea azaltzen denean, lantalde horiek birusa identifikatu eta aztertzen dute ohikoa ote den ala ez. Gehienetan, ohikoa da eta ez du larritasun berezirik. Sasoit kanpo eta leku jakinetan (hegazi-haztegieta, adibidez) agertzen diren birusak, ordea, askoz ere arriskutsuagoak izan daitezke, eta oso garrantzitsua da lehenbailehen identifikatzea eta ikustea zer motatakoa den eta zer hemaglutinina eta neuraminidasa dituen”.

Europar, 2016an gertatutakoa ekarri du gogora. Ahate basatiek sartutako birus batek, H5N8 motakoak, heriotza ugari eragin zituen hegazi-haztegieta. Ez zen gizakietara transmititu, baina milaka hegazi sakrifikatu behar izan zituzten, hedatzea eragozteko.



Oraindik ez dago birus-mota guztietatik babesteko txertorik. ARG.: CDC.



## Pandemiaren eragina Euskal Herrian

Anton Erkoreka Barrena medikua, etnografoa eta medikuntzaren historialaria da, eta EHUren Medikuntza Historiaren Euskal Museoko Zuzendaria (EHU). Sakon aztertu du 1918ko pandemiaren eragina Euskal Herrian, eta hainbat artikulatu ditu horren gainean, baita liburu bat ere, "Gripe espainiarraren pandemia Euskal Herrian 1918-1919 ([La pandemia de gripe española en el País Vasco 1918-1919](#)).

Erkorekaren ikerketen arabera, gripe-pandemiaren lehen agerraldia ez zen oso larria izan. 1918ko maiatzean iritsi zen penintsularen iparraldera, eta Bilbon, adibidez, mila biztanleko 0,2 heriotza baino ez zituen eragin. Pneumoniaz eta bronkopneumoniaz hildakoak gehituz gero, heriotza-tasa 0,6ra igotzen da.

Udazkenean, ordea, askoz ere gogorrago jo zuen. Irailaren hasieran, euriarekin batera, bat-bateko agerraldi bat sortu zen Gipuzkoa eta Nafarroa arteko mugan. Epizentroa Irun izan zen: lurngo biztanleen % 1 hil zen irailaren eta urriaren artea, arnas-aparatuko gaitzak edo gripea diagnostikatuta.

Handik, Euskal Herriko beste lekuetara hedatu zen. Lekuaren arabera, gogorrago edo arinago jo zuen. Hala, oro har, mila biztanletik 12 hil ziren gripearen eta arnas aparatuko gaitzen ondorioz. Hildakoen gehiengoa heldu gazteak ziren; Bilbon, esaterako, hildakoen % 54k 15-44 urte zituen.



Pandemiaren argazki historikoa. ARG.: Artxibokoa.

---

“Oraindik pandemia-arriskua badagoen arren,  
hari aurre egiteko neurriak garai hartan baino  
askoz ere ugariagoak dira”

Zainketa-sistema zorrotza da, beraz, pandemiari aurre egiteko lehen hesia. Horrez gain, asko aurreratu da diagnostikoan. Birusa identifikatzeko metodo berriei esker, lehen baino askoz ere azkarrago jakiten dute zer motatakoa den agertutako birusa. “Zer birus den jakin bitartean, berrogeialdia ezartzen da. Hor arazorik handiena iturburua basatia denean sortzen da, naturan nekez har baitaitezke kontrol-neurri eraginkorrak”.

Birusa identifikatutakoan, eta hala behar denean, txertoa garatzea da pandemiari aurre hartzeko hurrengo pausoa. Tamalez, sasoiko txertoak ez du erabateko babesa ematen ohiko izurriaren aurrean, birusaren mutazio-ahalmenagatik, eta alferrikakoa da birusa berria bada. Edonola ere, birusa sasoiakoa zein ezohikoa izan, hari aurre egiteko txertoa azkar egiteko modua dago gaur egun. Horren adibide izan zen 2009ko gripetik babesteko sortutakoa. Novartis farmazia-konpainiak garatu zuen, eta azkar lortu ahal izateko gako izan zen zelula-kulturretan ekoiztea, arrautzetan ekoizti beharrean, hala egiten baita normalean.

Hala ere, Basarasek onartu du oraindik ez dagoela birus-mota guztien aurrean babesa emango duen txertorik, “eta ez dut uste epe laburrean lortuko denik”. Hori bai, duela ehun urte ez bezala, prebentzio-neurri horiek guztiak ez ezik, sendagaiak ere badaude, gaixoak tratatzeko”.

Normalean, gripeak jotakoan, sintomak tratatzeko botikak hartzen dira: sukarra jaisteko, buruko mina arintzeko... Gehienetan, ordea, ez dira antibirikoak hartzen, ez direlako ezinbestekoak, baina egon, badaude. “Ez dira perfektuak, erresistentzia sor-

tzeko arriskua baitute, baina pandemia-arriskuan baliagarriak izan daitezke. Eta 1918an ez zuten horrelakorik”.

Antibiotikoak ere oso mugatuak ziren, eta, birusaren aurrean alferrikakoak diren arren, bigarren mailako infekzioak tratatzeko erabilgarriak dira. “Gripeak jotako gaixoei, ez badira ondo zaintzen, arrisku handia dute beste patogeno batzuk hartzeko, askotan, bakterioak. 1918an, bakterioek eragindako infekzioen ondorioz hil ziren gripearekin gaixotutako asko”.

Horrenbestez, gaur egun oraindik pandemia-arriskua badagoen arren, hari aurre egiteko neurriak garai hartan baino askoz ere ugariagoak eta zorrotzagoak dira. Hala ere, adituak erne egon behar dela ohartarazi dute.

Adibidez, *Frontiers* aldizkarian argitaratutako artikulu batean ([Back to the Future: Lessons Learned From the 1918 Influenza Pandemic](#)) gaur egun halako pandemia bat gertatzeko arriskua aztertu dute, eta birusa hedatzen lagunduko luketen gaur eragileak aipatu dituzte: klima-aldaketa (zeinak hegaztien migrazioari eragin diezaioketen); osasun-faktoreak (malnutrizioa, tuberkulosia eta malaria, besteak beste); demografia... Hala, gertatuz gero, 21-147 milioi pertsona ere hilko lirakeela kalkulatu dute.

Basaras baikorra da, dena den: “Duela ehun urte baino askoz ere modu eraginkorragoan erantzun dezakegu orain”.

# Ada Lovelace

## ordenagailuen eta adimen artifizialaren aitzindari

Ordenagailuen eta adimen artifizialaren garapena II. Mundu Gerraren inguruan hasi zen, Alan Turingen eta beste batzuen eskutik. Alabaina, ehun urte lehenago, konputagailuen, programazioaren eta adimen artifizialaren lehen harriak jarri zituzten Charles Babbagek eta Ada Lovelacek. Babbagek makina analitiko bat diseinatu zuen, ordenagailuen aurrekaritzat jo daitekeena, eta Lovelacek aurreikusi zuen makina horrek zer egin zezakeen kalkulu matematikoez harago. Eztabaidaezina da lan harrigarria egin zutela eta aurreikuspen miragarria izan zutela. Eta bereziki aipatzekoa da Lovelaceren lorpena, aintzat hartuta garai hartako emakumeen egoera zein zen.

[Ada Lovelace](#) 1815ean jaio zen, eta haren gurasoen izaerak eta egoerak markatu zuten haren bizitza osoa. [Lord Byron](#) poeta entzutetsuaren eta [Annabella Milbanke](#) baroisaren alaba zen; jaiotzez, Augusta Ada Byron. Jaio eta hilabete gutxira banandu egin ziren gurasoak. Izan ere, Lord Byronek bere arrebaorde [Augusta Leigh](#)-ekin izaten zituen intzestu-harremanen ([alaba ez-legitimo bat barne](#)) eta beste harreman homosexual batzuen berri izan zuen Annabellak. Orduko lege eta ohituren kontrara, ama gelditu zen Adaren kargu, banantzearen arrazoia jakitera emango zuen mehatxuaz baliatuta.

Adak ez zuen aita inoiz ezagutu, erbesteratuta bizi izan baitzen handik zortzi urtera hil zen arte. Amak ez zion utzi aitaren argazki edo lanik ikusten edo irakurtzen, 21 urte zituen arte. Eta aitaren jarrera errebelde eta immoral geneetan eraman zezakeelakoan, aitaren arte eta letren mundutik urrundu zuen Ada, eta zientziaren eta matematikaren arlora bideratu zuen haren hezkuntza.

20 urterekin, [William King](#)-ekin ezkondu zen Ada, zeina geroago Lovelace-ko konde bihurtu baitzen; handik aurrera, Ada Lovelaceko kondesa izan zen. Hiru seme-alaba izan zituen, baina, orduko emakume aristokratikoentzat ohikoa zen familia-bizitza eta bizitza soziala izatetik urrun, ezinegon eta kuriositate zientifikoek gidatu zituzten Ada Lovelaceren pausoak. Eta, bereziki, Charles Babbage matematikariarekin egindako lanengatik pasatu da historiara.

### Charles Babbage eta makina analitikoa

[Charles Babbage](#) 1791n jaiotako matematikari, ingeniari, asmatzaile eta filosofoa zen. Hainbat arlotan aritu zen arren, haren asmakizunik esanguratsuenak bi izan ziren: [makina diferentziala](#) eta [makina analitikoa](#).

Orduko gizartean, alor askotan erabiltzen ziren taula matematikoak: logaritmoenak, trigonometrikoak... Haiek kalkulatzeko lan nekeza zen, eta erroreak ere izaten zituzten. Hori konpontzeko, Babbagek pentsatu zuen kalkuluak osagai mekanikoz egin zitez-



Igor Leturia Azkarate  
Informatikaria eta ikertzailea



keela. Eta hala asmatu zuen, 1822an, makina diferentziala, polinomio-funtzioak kalkulatzeko zituen lurrun-makina mekanikoa. Eraikitzeko konplexua eta garestia zen, ordea, eta finantzazioa lortzeko eta makina eraikitzeko hainbat saiakera egin zituen arren, ez zuen lortu. [Londresko Zientzia Museoa](#)k eraiki zuen, 1991n, eta ederki funtzionatu zuen.

*“Lovelacek berehala ulertu zuen makina analitikoak ahalmen ikaragarriak zituela”*

Beste makina konplexuago bat ere asmatu zuen, edozein kalkulu egiteko gai zena: makina analitikoa. Hainbat kalkulu sinple egin, eta nahi bezala konbina zitzakeen, “programa” bat jarraituz (txartel zulatu bat). [Unitate aritmetiko-logiko](#) bat zuen, baldintzen menpeko jauziko eta begiztako [kontrol-egitura, memoria...](#) Hori guztia dela eta, Babbageren makina analitikoa da [Turing-en makina unibertsalaren kontzeptua](#) (egungo ordenagailua) betetzen duen lehen makina.

### Ada Lovelaceren etorkizuneko ikuspegia

Lovelacek 18 urte zituela ezagutu zituen Babbage eta haren makinak. Berehala ulertu zuen makina analitikoak ahalmen ikaragarriak zituela. Babbage-rekin harremanetan hasi zen, maila profesionalan, eta urte askoz luzatu zen.

1840an, Charles Babbage ohorezko gonbidatua izan zen Italiako zientzialari ospetsuenek Turinen egindako kongresu batean. Babbagek han azaldu-takoak laburtzen zituen artikulua idatzi zuen [Luigi Menabrea](#) kondeak, geroago Italiako lehen ministro izango zenak. Argitaratzaile zientifiko batzuek

Britainia Handian argitaratzeko interesgarritzat jo zuten artikulua, eta itzulpena Lovelaceri eskatzea pentsatu zuten. Lovelacek, itzuli baino, ekarpenak egin nahi izan zizkion artikuluari. Urte bat behar izan zuen, eta haren oharrak eta ekarpenak artikulua baino hiru aldiz luzeagoak suertatu ziren. Ohar horietan daude Lovelaceren lorpen handienak.

Batetik, makina analitikoaren bidez [Bernouilliren zenbakiak](#) kalkulatzeko algoritmoa idatzi zuen Lovelacek: zer eragiketa egin behar ziren, zer ordenan, zer aldagairen gainean, begiztak, baldintzen menpeko jauziak... Hori guztia ordenagailu baterako programa gisa har daiteke. Horregatik, historiako lehen programatzailetzat hartu izan da Lovelace. Geroago aurkitu dira Babbagek lehenago idatzitako beste programa batzuk, edonola ere Lovelacerena bezain konplexuak ez direnak edo hain argiki azalduak ez daudenak.



Ada Lovelace.

Diagram for the computation by the Engine of the Numbers of Bernoulli. See Note G. (page 722 et seq.)

Number of Operations.	Variables acted upon.	Variables receiving results.	Indication of change in the value on any Variable.	Statement of Results.	Data.													Working Variables.										Result Variables.													
					$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	$v_7$	$v_8$	$v_9$	$v_{10}$	$v_{11}$	$v_{12}$	$v_{13}$	$v_{14}$	$v_{15}$	$v_{16}$	$v_{17}$	$v_{18}$	$v_{19}$	$v_{20}$	$v_{21}$	$v_{22}$	$v_{23}$	$v_{24}$	$v_{25}$	$v_{26}$	$v_{27}$	$v_{28}$	$v_{29}$	$v_{30}$	$v_{31}$	$v_{32}$	$v_{33}$	$v_{34}$	$v_{35}$	$v_{36}$	$v_{37}$
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	$\times v_1 \times v_2$	$v_3, v_4, v_5$	$v_3 = v_2$	$= 2n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2	$- v_2 + v_3$	$v_4$	$v_4 = v_3$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
3	$+ v_3 + v_4$	$v_5$	$v_5 = v_4$	$= 2n + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
4	$+ v_4 + v_5$	$v_6$	$v_6 = v_5$	$= 2n + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
5	$+ v_5 + v_6$	$v_7$	$v_7 = v_6$	$= 2n + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
6	$- v_6 + v_7$	$v_8$	$v_8 = v_7$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
7	$- v_7 + v_8$	$v_9$	$v_9 = v_8$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
8	$+ v_8 + v_9$	$v_{10}$	$v_{10} = v_9$	$= 2n + 0 = 2n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
9	$+ v_9 + v_{10}$	$v_{11}$	$v_{11} = v_{10}$	$= 2n + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
10	$\times v_{10} \times v_{11}$	$v_{12}$	$v_{12} = v_{11}$	$= 2n + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
11	$+ v_{11} + v_{12}$	$v_{13}$	$v_{13} = v_{12}$	$= 2n + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
12	$- v_{12} + v_{13}$	$v_{14}$	$v_{14} = v_{13}$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
13	$- v_{13} + v_{14}$	$v_{15}$	$v_{15} = v_{14}$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
14	$+ v_{14} + v_{15}$	$v_{16}$	$v_{16} = v_{15}$	$= 2n + 1 - 3$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
15	$- v_{15} + v_{16}$	$v_{17}$	$v_{17} = v_{16}$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
16	$\times v_{16} \times v_{17}$	$v_{18}$	$v_{18} = v_{17}$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
17	$- v_{17} + v_{18}$	$v_{19}$	$v_{19} = v_{18}$	$= 2n - 2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
18	$+ v_{18} + v_{19}$	$v_{20}$	$v_{20} = v_{19}$	$= 2n + 1 - 4$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
19	$- v_{19} + v_{20}$	$v_{21}$	$v_{21} = v_{20}$	$= 2n - 2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
20	$\times v_{20} \times v_{21}$	$v_{22}$	$v_{22} = v_{21}$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
21	$\times v_{21} \times v_{22}$	$v_{23}$	$v_{23} = v_{22}$	$= 2n - 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
22	$+ v_{22} + v_{23}$	$v_{24}$	$v_{24} = v_{23}$	$= 2n + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
23	$- v_{23} + v_{24}$	$v_{25}$	$v_{25} = v_{24}$	$= 2n - 3 (= 1)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Here follows a repetition of Operations thirteen to twenty-three.																																									
24	$+ v_{24} + v_{25}$	$v_{26}$	$v_{26} = v_{25}$	$= 2n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
25	$+ v_{25} + v_{26}$	$v_{27}$	$v_{27} = v_{26}$	$= 2n + 1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37

Bernouilliren zenbakiak makina analitikoarekin kalkulatzeko Lovelacek idatzitako programa.

Bestetik, Lovelace ohartu zen makina analitikoa matematikatik harago aplika zitekeela, edozein informazio-mota tratatzeko. Hori da, hain zuzen, egungo ordenagailuek egiten dutena. Konputagai-luak horretarako izan zitezkeela ikusi zuen lehen-biziko pertsona izan zen Lovelace, gure aro digitalaren profeta.

Azkenik, Lovelacek esan zuen Babbageren makina analitikoa ez zela inoiz gai izango gizakia sorpresaz hartu eta harritzeko; alegia, programatua dagoen gauzak egiteko gai besterik ez zela izango. Finean, esan zuen makinak ez zirela gai izango pentsatzeko, adimen artifiziala ezinezkoa dela. Alan Turingek, bere Turingen test famatua proposatu zuen adimen artifizialari buruzko artikulua idatziz, berriaz errefusatu zituen Lovelaceren esanak. Badago dioenik Turingen testa (elkarrizketa batean makina bat gizakietatik ezberdindu ezin badaiteke makina adimenduntzat har daitekeela dioena) ez dela egokia jakiteko makina bat adimentsua den; eta, horren

ordez, Lovelace-ren testa proposatzen duenik (makina bat adimenduntzat hartzea sormena erakutsi eta gizakia harritzeko gai bada). Edonola ere, argi dago adimen artifizialaren inguruko eztabaida Lovelacek abiarazi zuela.

Lovelace 37 urterekin hil zen. Haren lanek ez zuten behar adinako harrerarik izan, edo nahiko ezezagunak izan ziren.. Babaggek eta Lovelacek ez zuten lortu beren makinak eta programak martxan jartzea, eta ordenagailuen iraultza abiaraztea; agian, orduko ingeniartzaren sofistikazio-mailarekin ezinezkoa zelako. Beste ehun urte behar izan ziren hori gertatzeko. Baina, zorionez, ezagutu dira georago haien lanak, eta merezi zuten aintzatespena jaso dute. Horren erakusgarri, aurreko mendeko 80ko hamarkadan AEBko Defentsa Sailak garatutako programazio-lengoiari jarritako izena: Ada. ●

# BAT 108

## OSASUNGINTZA ETA EUSKARA

Jon Zarate eta Xabier Arauzo > Hitzaurre gisa.

Xabier Arauzo > Osakidetzan Euskararen Erabilera Normalizatzeko Bigarren Planaren Tarteko ebaluazioa (2013-2017 aldia).

Naiara Ozamiz eta Leire Erkoreka > Minik handiena burutik etorri dena.

Bidane Petralanda > Zirkuitu elebidunetarantz lehen pausua.

Olatz Perez de Viñaspre > Estandar klinikoaren itzulpen automatikoa.

Igone Zabala > Euskararen lantze funtzionala eta profesionalen komunikazio-gaitasunen garapena osasun-alorrean.

Angel Bidauzarraga > Osasun profesionalak euskaraz formatzen unibertsitatean.

Felix Zubia > Mediku egoiliarren prestakuntza eta euskara Donostialdea ESIA.

Aitor Montes > Nazioarteko kolaborazioa arretaren normalizazio-prozesuan.

Paul Bilbao > Nola ulertu hizkuntza osasun-eskubidearen baitan?

### GUREAN ATALA

Imanol Azkue Ibarbia: > Euskara gara Zumaian?



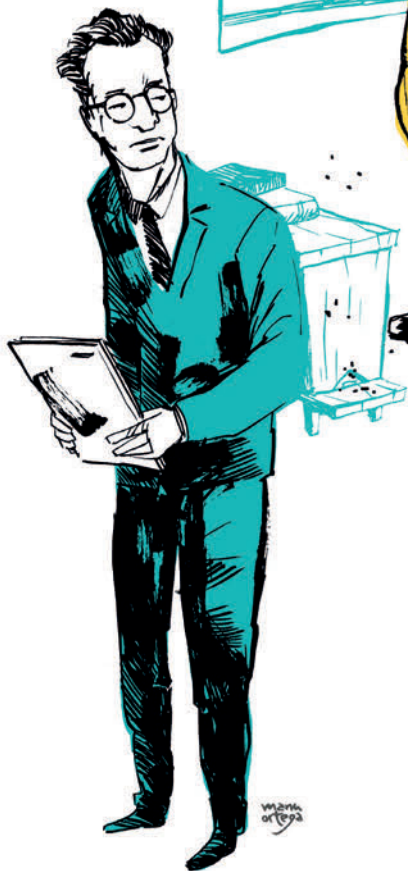


# Karl von Frisch

## Erleekin dantzan

Egilea: Egoitz Etxebeste Aduriz · Elhuyar Zientzia

Irudiak: Manu Ortega · CC BY-NC-ND



Munich, 1941aren hasiera. Unibertsitatetik zeto-  
rren gutun hura ikusi orduko, susmo txarra hartu  
zion. “...alde egitera behartzen zaitugu, 1937ko legea-  
ren arabera, ez baitituzu irakasle izateko baldintzak  
betetzen”. Lehenago ere ohartarazpenak jasoa zen,  
bere laborategian judu gehiegi hartzen zituelako.  
Eta hara non aurkitu zuten amona judua zuela ja-  
torriz, eta, beraz, ez zela ariar garbia. Oraingoan, ez  
zuen ihesbiderik ikusten.

Hainbat lankide saiatu ziren babesa ematen, uniber-  
tsitatean jarrai zezan. Baina, azkenean, erleek sal-  
batuko zuten. Urte haietan milaka erlauntz ari ziren  
galtzen Europa osoan, *Nosema* onddo bizkarroia-  
ren eraginez. Arazoa larria zen, are gehiago gerra-  
garaian, elikagaiak urriak zirenean. Elikagaiak  
ekoizteko hain garrantzitsuak ziren polinizatzaileak  
galtzea hondamena izan zitekeen. “Nosema bat-  
zorde berezia” sortu zuten, eta batzorde haren  
buruak lortu zion ikertzen jarraitzeko baimena,  
Elikagaien Ministerioak emana. Izan ere, batzorde-  
buruaren esanean, “munduko erle-ikertzaile arra-  
kastatsuen” zen Karl von Frisch. Ez zebilen batere  
oker; handik 30 urtera, Nobel saria emango zioten,  
erleekin egindako lanagatik.

---

Karl von Frischek txikitatik izan zituen gustukoak animaliak. Vienan jaio zen, 1886an. Eskolagaraiko eguneroko batean jasota dago logelan 123 animalia-espezie edukitzera iritsi zela: "9 ugaztun-espezie, 16 hegazti-espezie, 26 odol hotzeko lehorreko ornodun, 27 arrain, eta 45 ornogabe". Animalia haien portaera behatzea zen von Frischen pasioa. Eta zenbait behaketa argitaratu ere egiten zituen naturalista amateurrentzako aldizkari batean; adibidez, bere akuarioko itsas anemonek, begirik izan ez arren, argiari erantzuten ziotela aurkitu zueneko.

Aitaren pausoei jarraituz, Medikuntza ikasten hasi zen Vienako Unibertsitatean. Baina bere bidea ez zela hura konturatu, eta, hirugarren ikasturtearen erdian, Medikuntza utzi eta Municheko Unibertsitatera joan zen, Zoologia ikastera. Doktoretzatesian ezkailuen argi-pertzepzioa eta kolorealdaketa ikertu zituen. Ezkailuek buru-gainean "hirugarren begi primitibo" bat dutela aurkitu zuen, eta hark jasotzen duen argiaren arabera aldatzen dutela kolorea.

Garai hartan uste zenaren kontra, arrainek entzumenaz bazutela ere frogatu zuen. Janaria ematen zienean txistu eginda, arrainek ikasi egiten zuten txistu-hotsa janariarekin lotzen; eta, hura entzutean, janari bila hasten ziren, baita janaririk ez bazegoen ere.

1912 inguruan hasi zen erleekin esperimenduak egiten. Hasteko, koloreak ikus zitzaketela frogatu nahi zuen. Izan ere, uste zen intsektuak ez zirela horretarako gai. Von Frischek, ordea, ez zuen ulertzen orduan zergatik zituzten loreek halako

koloreak, polinizatzaileak erakartzeko ez bazen. Kartoi urdin bat jarri zuen hainbat gris-tonutako beste kartoi batzuen artean, eta urdinaren gainean almibarrez betetako erretilu bat. Erleek almibarra kartoi urdinarekin lotzen zuten, eta almibarra kendutakoan ere urdinera joaten jarraitzen zuten; baita kartoiaren kokapena aldatuta ere. Erleek primeran bereizten zituzten koloreak.

*Esploratzaile batek erretilua  
beteta aurkitzen bazuen,  
berehala betetzen zuen  
mahaia erlez*

Eta beste gauza batez ere ohartu zen. Erretiluak hutsak zaudenean, noizean behin erle esploratzailearen bat baino ez zen agertzen. Baina esploratzaile haietakoren batek erretilu bat beteta aurkitzen bazuen, berehala betetzen zen mahaia erlez. Von Frischek pentsatu zuen esploratzaileek nolabait abisua pasatzen zutela erlauntzara.

1919ko egun batean, pinturaz puntuak margotuz markatu zituen erretiluko almibarra aurkitzen zuten esploratzaileak, eta erlauntzara joan zen jarraian. "Ia ezin nuen sinetsi nire begiak ikusten ari zirena. Esploratzailea biribilean dantzan ari zen, ondoko erleek antenekin ukitzen zuten bitartean. Gero, erle haiek zuzenean joan ziren erretilura". Dantza huraxe zen janari bila joateko abisua, eta ikusi zuen zer bilatu behar zuten usainaren bidez erakusten ziotela esploratzaileek. Hala, taldeak

osetzen ziren, esploratzaileek aurkitutako iturri bakoitzerako.

Familiak uda pasatzeko zuen etxean zituen erleak von Frischek, Wolfgang aintziraren ondoan, Austriako Alpeetan. Hantxe egiten zituen esperimentu gehienak. 1944an, aliatuen bonbaketariak Munich erasotzen hasi zirenean, von Frischen taldekide batzuk, laborategitik ahal zuten material guztia hartu, eta etxe hartara joan ziren, von Frischen familiarekin batera. Handik gutxira, suntsituta gelditu ziren unibertsitateko laborategiak eta von Frischen etxea.

*“Posible ote zen erleen hizkuntzak distantziarentzako hitz bat izatea?”*

Uda hartan, erleen dantzari buruzko aurkikuntza are txundigarriagoak egin zituen. Almibar-erretilua erlauntzatik gertu jarri beharrean, 150 bat metrora jartzea otu zitzaion. Izpiliku-usaina eman zion erretiluari, eta usain bereko beste bi erretilu jarri zituen, bat almibarra jarritako lekutik gertu, eta bestea erlauntzatik gertu. Abisua jaso zuten erleek bilaketa nola egiten zuten ikusi nahi zuten. Espero zuen erlauntzaren ingurutik hasiko zirela bilatzen. “Nire harridurarako, erlauntzaren ondo-ko erretilura ez zen erlerik joan, eta, urrun zegoena, berriz, erlez bete zen. Posible ote zen, beren



‘hizkuntzan’, distantziarentzako ‘hitz’ bat izatea?” idatziko zuen.

Halako beste hamaika esperimentu eginda, ikusi zuen, elikagaia gertu edo urrun egon, dantza era batera edo bestera egiten zutela. Gertu zegoenean, biribilean egiten zuten, eta 50 bat metrotik aurrera, zortzi bat eginez. Gainera, zortzi hark distantziaren eta norabidearen informazioa zuen. Zenbat eta urrunago, polikiago osatzen zuten zortzia, eta dantzaren zati zuzenaren norabidearekin elikagaiturriak eguzkiarekin osatzen zuten angelua markatzen zuten.

“Erleen dantzak komikoa dirudi. Baina ez da komikoa, izugarri interesgarria baizik. Intsektuen munduan gertatzen den gauzarik txundigarrienetako bat da. Eta hori asko esatea da”, idatziko zuen. ●



# LANDAREAK LANTZEN 2019

## LURRA LANTZEKO AGENDA-LIBURUA

HILABETEARI  
LOTUTAKO LANAK  
BARATZE,  
FRUITU BARATZE,  
LORE BARATZE  
ETA BASOAN

ILARGIAREN  
BI ZIKLOAK,  
ONGARRIKETA,  
LANDARE LAGUNTZAILEAK,  
TRATAMENDU NATURALAK,  
LUARRA NOLA EGIN...

**Jakoba Errekondoren jakintza eta  
Antton Olariagaren ilustrazioak.**  
Aurtengo gaia: lan-tresnak

12€

Bidalketa gastuak  
4€

\*Jakoba Errekondok  
sinatzeko aukera

Erosi ARGIAren Azokan

azoka.argia.eus | azoka@argia.eus | © 943 371 545

    @bizibaratzea

 **ARGIA**  
argia.eus

**BIZI BARATZEA**  
bizibaratzea.eus



# “Txikitan National Geographicen ikusitakoa aurrez aurre ezagutzeko aukera izan dut”

Ana Galarraga Aiestaran • Elhuyar Zientzia • Argazkia: EHU

## Ainhoa Magrach González

Ekologoa



### Ainhoa Magrach González

Berango, 1982.

- EHU**n Biologian lizentziatu ondoren, Ekologian doktoratu zen** Santiago de Compostelako Unibertsitatean.
- **Ikasketa Aurreratu**etako **Mediterraneoko Institutuan** izan zen ikertzen, eta, jarraian, James Cook Unibertsitatean (Australia), ETHn (Suitza) eta Doñanan (Espainia).
- Gaur egun BC3n dago, Leioan, baina laster Erdialdeko eta Ipar Amerikara joatekoa da, **Leonardo beka** bati esker.

Ainhoa Magrach Gonzálezek *National Geographic* aldizkariari zor dio naturarekiko maitasuna eta esploratzeko grina. Haren esanean, familian ez zegoen ikertzailearik, baina txikitatik liluraz ikusten zituen aldizkarian azaltzen ziren istorioak eta argazkiak, eta, handitan halakoak bizitzeko gogoia piztu zioten.

Ez da harritzekoa, beraz, Biologia aukeratu izana unibertsitateko ikasketak hasteko garaian, eta, lau-garren mailan, beka bati esker, Ekologia sailean hasi zen lanean. “Orduan, asmatu nuela sentitu nuen”, dio. Geroztik, horretan dabil buru-belarri: Biologian lizentziatu zen, Ekologian doktoratu, eta Ekologia-ko gaiak ikertzen dihardu, klima-aldaketa ikertzeko BC3 zentroan.

Tesian, basoak zatitzearen eragina ikertu zuen: “Nekazaritza, eraikuntza, industria eta halako jardueretarako basoa zatitzeak zer ondorio dituen ikertzeko, ia urtebete eman nuen Chiloé uhartean (Txile), hegaztien, ugaztunen eta landareen laginak biltzen”, gogoratu du.

Handik ateratako ondorioak beste baso batzuetara estrapolatu daitezkeela azaldu du, eta hori frogatzeko aukera izan zuen, doktoretza-ondorengoko ikerketan Australian, Borneon eta Brasilen izan baitzen: “Antzeko ereduak ikusi genituen leku haietan ere”.

### Txanponaren bi aldeak

Magrechek aitortu duenez, hori dena ikertzeko aukera izatea “amets baten antzekoa” izan da. “Egin kontu: txikitik *National Geographic*-en ikusitako basoa aurrez aurre ezagutzeko aukera izan dut. Baina, aldi berean, hondamendiaren lekuko izatea ere egokitu zait eta hori benetan latza da”. Behintzat, ikerketa-

lanaren eta komunikazioaren bidez, ahal duen neurrian, bere aletxoak jarri duelakoan dago.

Suitzan ere izan da, ETH unibertsitatean. “Hango landa-lana Indian egiten nuen. Gure helburua zen, kafea landatzen den lekuetan, ekoizten jarrai zezatela, baina basoak galdu gabe. Zerbitzu ekosistemikoak ziren ardatza: basoan bizi diren intsektuak (zehazki erle erraldoi bat) funtsezkoak dira kafearen polinizazioan. Onura hori neurtzen aritu ginen, eta, ekoizleei emaitzak aurkeztu genizkienean, nahiko harrera ona izan genuen. Azken finean, haiek inork baino hobeto dakite zer lan egiten duen erle horrek, baina, zenbakitan ikusi zutenean, ohartu ziren benetan komeni zitzaizela basoa zaintzea”.

Suitzan pare bat urte egin ondoren, polinizatzaileekin ikertzen jarraitu zuen, Doñanan. Garai hartan haurdun zegoen, eta pixka bat lasaiago ibiltzea erabaki zuen. Izan ere, Magrechen arabera, ez da erraza amatasuna eta ikerketa-lana bateratzea. “Nahitaez, ama izatean zure ibilbide zientifikoa mozteldu egiten da, eta ez dago nahikoa neurririk beste lankideekiko sortzen den desabantaila orekatzeko”.

Edonola ere, ez du egonean egoteko asmorik. Hain zuzen, Leonardo beka bat jaso du komunitate batean espezie bat galtzeak eragiten duen ondorioa ikertzeko: “Esperimentu natural bat izango da, bai baitago kolibri bat, Mexiko eta Alaska artean migrazioen duena. Hortaz, ekosistema jakinetan sartu eta atara egiten da, eta aldagai horrek ekosistemaren eragiten duen aldaketa ikertuko dut”. Horretarako, kolibriari jarraituko dio, Mexikotik hasi eta Alaskaraino, *National Geographic*-en ikusten zituen erreportajeen antzera. ●



Elkarrizketa osoa  
webgunean



UPW/EHU Kultura  
Zientifikoko Katedraren  
lankidetzan egindako atala.

# Fosil kosmikoak

Unibertsoa misterioz beteriko gunea da, eta, agian, horregatik lilurutzen gaitu hainbeste. Mendeetan sakontasun eta ekinbide handienez aztertu izan den arren, oraindik bada fisikarion galdera eta buruhauste garrantzitsuenetariko batzuen sortzaile. Izan ere, bide luzea gelditzen zaigu zehatz-mehatz ulertzeko zer fase pasatu dituen sorreratik egun agertzen digun itxura izatera iritsi arte. Artikulu honetan, lehenik, zeregin horren korapilorik garrantzitsuenak aurkeztuko ditugu. Ondoren, azalduko dugu zer saiakera egin ditugun gure ikerlanean.

## Eredu kosmologiko arrakastatsua

Hainbat galdera erantzuten saiatzen da kosmologia, hala nola kosmosaren jatorria, eboluzioa eta etorkizunean izanen duen patuaren inguruko galderak. Horretarako, ezinbestekoak zaizkio tresna matematiko zein behaketa esperimenterik zehatzak. Alde batetik, grabitatea azaltzeko inoiz izan den teoriarik onenean oinarritzen da: Einsteinen erlatibitate orokorrarenean. Bestetik, aurrerapen teknologikoen bultzatutako behaketa eta neurketa astronomiko gero eta zehatzagoetan. Teoria eta ebidentzia esperimenterik uztartzearen ondorioz lortu dugu unibertsoaren deskribapen oso zehatza emateko gai den eredu osatzea: kosmologiaren eredu estandarra [1]. Kosmologiako komunitatean kontsentsu zabala du eredu horrek, eta balio digu, besteak beste, unibertsoan aurkitu ditzakegun galaxien edota galaxia-multzoen ezaugarri nagusien iragarpen fidagarriak izateko.

Hala eta guztiz ere, oraindik oso urrun gaude unibertsoaren misterio guztiak argitzera iritsiko den eredu osatzetik; batik bat ez delako garatu orain-

dik unibertsoaren historian funtsezkoak izan diren zenbait gertakizun eta osagaien atzean dagoen fisika. Esate baterako, nola gertatu zen *Big Bang-a*? Zer dira energia iluna eta materia iluna? Zein da haien izatea azaltzeko beharrezkoa dugun fisika? Hainbat dira galderak, eta hainbat, kosmologia garaiakideak irekiak dituen ikerkuntza-lerroak.

## Unibertso gaztea, misterioz beteriko garaia

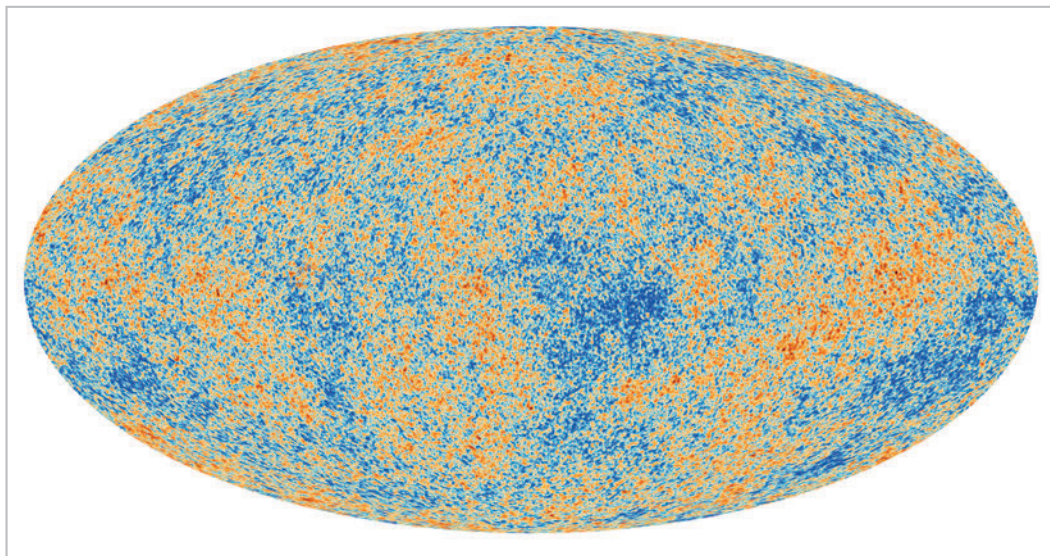
Galdera-ikur gehienak eta nagusiak unibertso gaztean kokatzen dira. Unibertso goiztiarraren inguruko ikuspegi oso kualitatiboa dugu oraindik. Adibidez, modu zabalean onartzen da unibertsoaren lehen uneetan espazioaren zabalkunde esponenzial eta bizkorra gertatu zela, inflazioa deiturikoa. Behaketa eta neurketa gehienek berresten dute inflazioa, baina ez dugu arrastorik zein prozesu fisikok eragin zuen. Ez da lan erraza horrelako eta antzeko galderari erantzutea, batik bat orain dela milioika urte gertatutako fenomenoak direlako eta garai hartako partikulak eta elkarrekintzak ezezagunak zaizkigulako. Haatik, saiakera asko egin dira une horietako fisika ulertzeko. Genevan kokatutako *Large Hadron*



Idatzi zuk zeuk  
Gai librean atalean

Gai librean aritzeko, bidali zure artikulua  
aldizkaria@elhuyar.eus helbidera.





1. irudia. Unibertsoak 300.000 urte zituenean askatutako CMB erradiazioan gaur egun neurtzen diren tenperaturaren anisotropiak: urdinez batezbestekoa baino gune hotzagoak; laranja, beroagoak. ARG.: ESA eta Planck Lankidetzak.

*Collider* (LHC) azeleragailu ikaragarriaren helburu nagusietako bat horixe da. Bertan, azeleratutako protoien arteko talketan lortu da unibertso gazteko zenbait momentutan izan ziren energiak errepikatzea. Besteak beste, frogatu da gaur egungo unibertsoa ulertzeko ezinbestekoa den *Higgs*-en partikularen gisako oinarritzko partikula berriak badirela.

Dena dela, Lurrean gauzatutako esperimentu horietan, energia altuko fisikari buruz asko ikasi dugun arren, oso mugatuta daude. Argi, oraindik oso urruti daude unibertsoaren lehen uneetan izan ziren energia-eskaletatik. Gainera, ditugun baliabideak eta gaitasunak kontuan harturik, ez da aurreikusten baldintza horiek errepikatuko dituen esperimenturen bat diseinatzeko teknologiarik garatuko denik ere. Zein beste bide erabil dezakegu orduan? Erantzuna: fenomenoak errepikatu ordez, saia gaitzezen benetako gertakizunen aztarnak aurkitzen. Gure ikerlanean, unibertso gaztetik guganaino iritsi zaizkigun seinale astronomikoetan bilatzen aritu gara aztarna horiek. Garrantzitsuenetako bat aztertu dugu: mikrouhin hondo kosmikoaren anisotropiak (CMB, ingelesezko sigletan). Antzina, unibertsoa oso gaztea zenean askatutako erradiazioa da

CMBa, guganaino oso aldaketa gutxi jasanda iritsi zaiguna. Ia guztiz isotropoa da, hau da, norabide guztietan berdintsua, baina isotropia horrekiko desbideratze txikietan gordetzen du muina: anisotropietan. Unibertsoa oso gaztea zeneko *argazki* ia itxuraldatu gabea eskaintzen dute erradiazio horren tenperaturaren eta polarizazioaren anisotropiek; informazio-iturri paregabea, inondik inora.

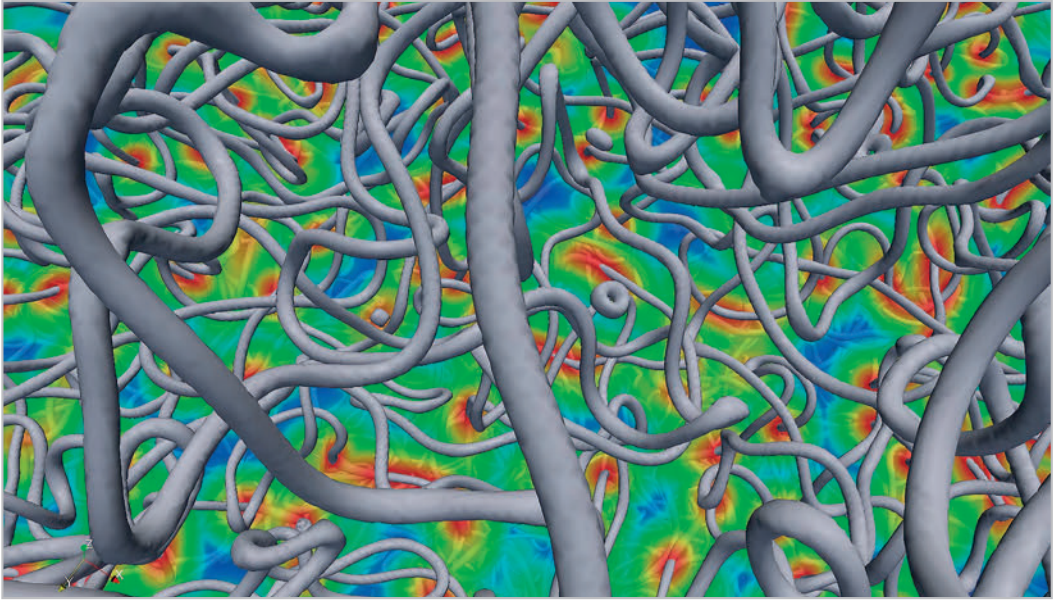
### Fosil kosmikoak, unibertso gazteko kondizioen lekuko

Unibertso gaztearen inguruan hamaika galdera ditugun bezalaxe, partikulen fisikaren bidez haiek azaltzen saiatzen diren ereduak ere beste hainbeste dira: batzuek inflazioaren xehetasunak argitzea dute xede; bestetuek, materia eta antimateriaren sorrera azaltzea... Bide eta garapen desberdinak dituzten ereduak dira, baina sarritan ezaugarri komunak dituztenak. Adibidez, horietariko askotan, fase-trantsizioak gertatzen dira, tenperatura igoz izotza ur likido bilakatzearen parekoak. Unibertsoak zer fase pasatu dituen eta faseen arteko trantsizioak nolakoak izan diren jakiteak asko argituko luke bila gabiltzan fisika horren izaera.

Pentsatzen da fase-trantsizio gehienen amaieran defektu kosmiko izeneko objektu bitxiak sortu zirela. Energia-kontzentrazio ikaragarriko guneak dira defektuak, eta sortu zirenetik unibertsoan zehar bidaiatu dutenak [2]. Ez dira teoriaren akatsak edo hutsuneak, fase zaharreko propietateak mantentzen dituzten *fosil kosmikoak* baizik. Temperatura altuko fasearen ezaugarriak mantentzen dituzte-nez fase *berrian*, fase zaharrari buruzko informazio argigarri asko eman dezakete: fase-aldaketaren energia, prozesuaren xehetasunak...

baikenituzke. Zalantza-izpirik gabe, defektuen fisika eta haiek eragin ditzaketen fenomenoak ulertzeak asko lagun dezake unibertsoaren garapenari lotutako eredurik egokiena eraikitzen.

Gure ikerlanean, soka kosmiko deituriko defektuak aztertu ditugu. Izenak dioen moduan, defektu horiek soka-forma dute (ikusi 2. irudia). Etengabe mugitzen dira, elkarrekin topo egin eta eite berriko sokak sortu. Dinamika oso konplikaturiko sokasareak osatzen dituzte, *eskuz* aztertzeke konple-

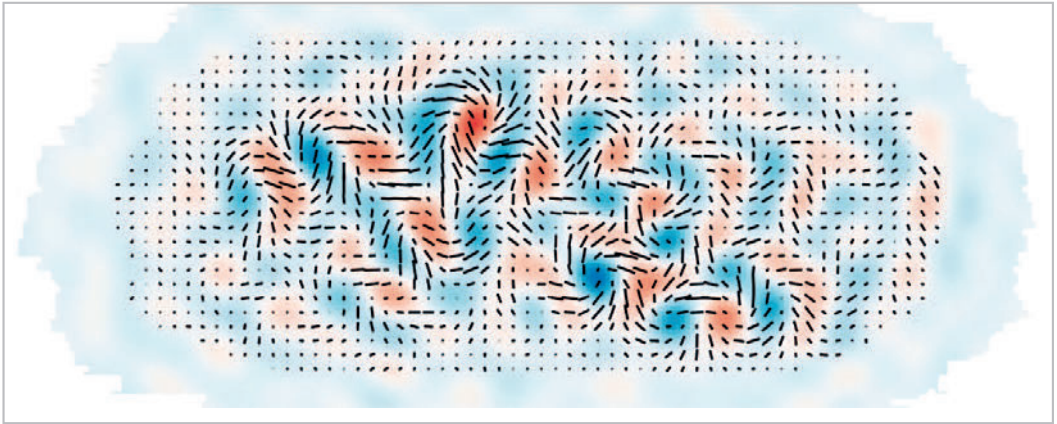


2. irudia. Suitzako CSCS superkonputagailuan egindako simulazioetan lortutako soka-sare baten argazkia. Unibertsoko kondizioak imitatzen dituen kutxako zatitxo bat ageri da. ARG.: David Daverio.

Inoiz detektatzerik izan ez den arren, aspaldiko ikerketa-lerroa da defektuen bilaketan oinarritzea unibertso gaztearen misterioen erantzuna. Alde batetik, balizko detekzioa mugarri izugarria litzateke, fase-trantsizioaren nolakotasuna argituko bailuke. Beste alde batetik, inoiz defekturik izan ez dela baieztatzeak ere informazio asko ematen digu unibertso gaztearen inguruan, defektuak badirela iragartzen duten eredu guztiak baztertu beharko

xuegiak diren sistemak. Bada, ahalik eta emaitzarik fidagarrienak lortzeko, zenbakizko tekniken bidez simulatzen da haien eboluzioa.

Suitzako CSCS superkonputagailuarekin zenbait soka-sareren eboluzioak aztertu ditugu, unibertsoaren zabalkunde-garai ezberdinen ezaugarriak erreproduzitzen dituzten kutxak erabiliz [3]. Simulazio- eta paralelizazio-teknikarik aurreratuenen



3. irudia. CMBaren polarizazioaren B osagaiaren irudikapen grafikoa. Unibertso gazteko osagaien existentzia bilatzeko ingurune aproposa. ARG.: BICEP2/Keck lankidetzak.

eskutik, gai izan gara lehendik ezagutzen ziren simulazioen tamaina 64 aldiz handitzeko. Kutxa bakoitzean soka-sare bat aztertu da, eta sokak barnebiltzen dituen balizko unibertsoaren erreproduktzio txikiak bilakatu dira kutxak. Prozesua hainbat alditan errepikatuz, soka-sareen propietateen banaketa estatistiko doienak eskuratu dira.

Simulazioen emaitzek balio izan dute soka-sareen eboluzio kosmologikoaren ulerkeran aurrerapauso nabarmenak emateko. Besteak beste, neurtu dugu sokak batez beste abiadura oso handitan mugitzen direla, gutxi gorabehera argiaren abiaduraren % 60an, hain zuzen ere. Soken arteko elkarrekintzak ere hobeki ulertzen ditugu orain, zehazki aztertu baitira talkak, soka berrien jaiotzak eta haiek desintegratzeko moduak [4].

Edonola ere, tesiaren helburu nagusia izan da CMBan sokek sor ditzaketen anisotropiak ahalik eta zehaztasun handienarekin lortzea. Horretarako, xehetasunez aztertu dira soken mugimenduek eragiten dituzten perturbazioak, haiek sortzen baitute kalkulatu nahi dugun aztarna astronomikoa. Adibidez, arlo honetan lehendik egindako ikerketetan ez zen ezagutzen sareek eta perturbazioek zer portaera zuten unibertsoaren zabalkunde desberdinen arteko trantsizioetan. Simulazio berriekin, egoera hori gainditu dugu, ulertzeaz gain modelizatzeko

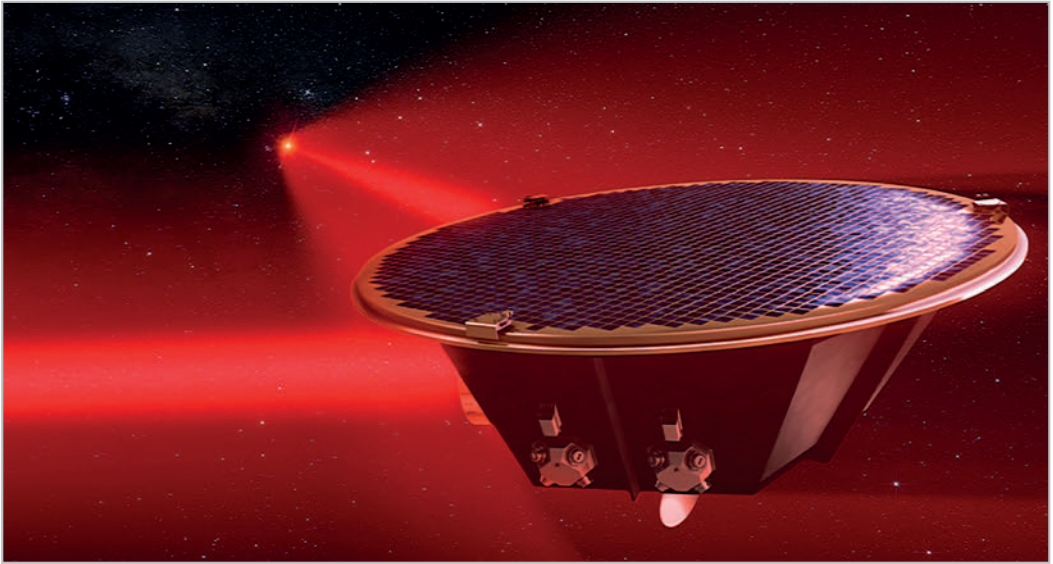
gai ere izan baikara. Emaitzek arrazioa eman digute, eta argi erakutsi dute berebiziko garrantzia duela prozesu honek perturbazioak eta CMBaren anisotropiak kalkulatzeko. Kalkuluen arabera, modelizazio berriaren agerian geratu denez, lehendik uste zena baino % 30 altuagoa da soka-sareek sortutako seinalearen anplitudea, bai tenperaturan, baita polarizazioan ere.

Inoiz egindako simulaziorik handien laguntzaz, urrats berriak eman ditugu soka kosmikoen ezaugarriak; orain, hobeki ezagutzen da haien dinamika eta CMBan eragin dezaketen efektua. Uste dugu bidea erraztu dela etorkizunean objektu bitxi hauen izatea esperimentalki frogatzeko.

Urte erabakigarriak izanen dira datozenak defektuen izatearen ebidentziak lortzeko, eta unibertso gaztea sakontasun handiagoz ezagutzeko. Belaunaldi berriko neurgailuek fenomeno horietan jarriko dute fokua. Aurrerapen teknikoek ahalbidetuko dute oraindik neurtu gabe dagoen CMBaren polarizazioaren B osagaia detektatzea [5]. Inflazioaren eta defektuak dituzten ereduen epaile ezin hobea izanen da, inflazioak eta defektuek eite berezi eta bereizgarriko B motako polarizazioa sortzen baitute.

Bestalde, martxan izanen dira grabitazio-uhinak atzematea helburu duten esperimentuak ere (*LISA*,





4. irudia. Europako Espazio Agentziak (ESA) onartutako LISA interferometro espaziala. Haren helburua izanen da maiztasun desberdineko grabitazio-uhinak ahalik eta zehatzena neurtzea. Espero da 2030. urte inguruan orbitatzen jarri eta datuak biltzen hastea. ARG.: AEI/Milde Marketing/Exozet.

kasurako [6]). Grabitazio-uhinak prozesu grabitatorio oso bortitzetan sortzen dira; zer esanik ez, unibertso gazteko prozesuetan. Euren energia altuengatik, defektuak ere hautagai sendoak dira grabitazio-uhinen iturri izateko. Denboraren joanak, hala ere, asko ahuldu ditu hain aspaldi sortutako uhinak, eta egungo kosmologia esperimentalaren erronkarik handienetakoa da unibertso gazteko uhinak atzematea. B polarizazioak bezalaxe, unibertso goiztiarreko grabitazio-uhinen detekzioak leku nabarmena izanen du gure eredu bideragarritasunaren auzian.

Zalantzarik gabe, garai paregabean gaude unibertso gaztearen misterioei erantzuna emateko, aha-lerin esperimantal handiak gauzatzen ari baitira. Iragarpen eta lan teorikoek ere tamaina bereko aurrerapausoak eskatzen dituzte, eta horretan jarraituko dugu. ●

CAF-Elhuyar sarietara aurkeztutako lana.

## Bibliografia

- [1] Planck Collaboration, 'Planck 2015 Results. XIII. Cosmological Parameters', *Astron. Astrophys.* 594(2016)A13.
- [2] A. Vilenkin eta E.P.S. Shellard, 'Cosmic Strings and other Topological Defects', Cambridge University Press (1994).
- [3] D. Daverio, M. Hindmarsh, M. Kunz, J. Lizarraga eta J. Urrestilla, 'Energy-momentum correlations for Abelian Higgs cosmic strings' *Phys.Rev.D93*, 085014.
- J. Lizarraga, J. Urrestilla, D. Daverio, M. Hindmarsh eta M. Kunz, 'New CMB constraints for Abelian Higgs cosmics-trings' *JCAP* 1610, 042.
- [4] M. Hindmarsh, J. Lizarraga, J. Urrestilla, D. Daverio eta M. Kunz, 'Scaling from gauge and scalar radiation in Abelian Higgs string networks', *Phys.Rev.D96*, 023525.
- [5] CMB-S4 Collaboration, 'CMB-S4 Science Book, First Edition', FERMILAB-FN-1024-A-AE. CORE Collabotation, 'Exploring Cosmic Origins with CORE: Survey requirements and mission design', arXiv: 1706.04516
- [6] LISA Collaboration, 'eLISA/NGO: Astrophysics and cosmology in the gravitational-wave millihertz regime' *GW Notes* 6, 4-110.



# Zenbakiak hizkuntza

Zientziak eta letrak. Zenbakiak eta hitzak. Bi mundu bereizi balira bezala aurkeztu izan zaizkigu ia beti. Elkarrekin dantza egin nahi ez duten izaki isolatu gisa. Hala eta guztiz ere, gure garunek badakite bai zenbakiak bai hitzak behar bezala lotzen. Zenbakiak eta hitzak darabiltzagu unibertsoa ulertzeko, haren misterioak bizitzeko, gizakion sentimendu eta nahiak adierazteko. Agian, hor, haien sorreran, topatu beharko genuke haien arteko lotura: adimenean.

Giza adimena oso konplexua da. Hain konplexua, ezen oraindik ez dugun haren azala urratu besterik egin. Nolanahi ere, argi dago adimen horren oinarrietako bat hizkuntza dela. Hizkuntzak ahalbidetu digu kontzeptu konplexuak adieraztea, ideiei forma eman eta gure kideei transmititzea, kultura aberatsak egituratu eta hurrengo belaunaldietan aztarna uztea.

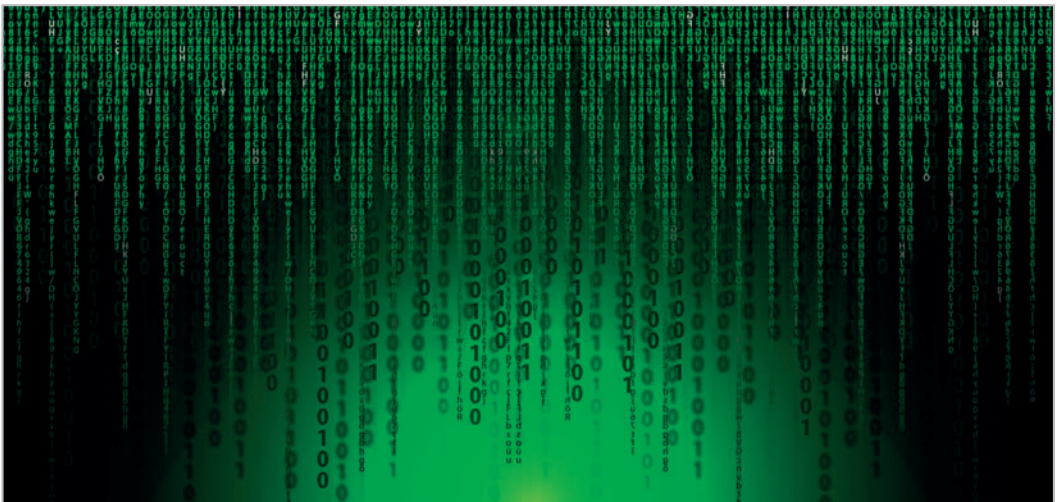
Hizkuntzak gure adimenean zenbaterainoko garrantzia duen kontuan hartuta, funtsezko ikergeia bilakatu da adimen artifizialaren esparruan. Lengoaia naturalen prozesamendua (LNP) deitzen diogu, eta askok uste baino aplikazio gehiagotan ikus dezake-

gu: LNPa erabiltzen da itzultzaile automatikoetan, *spam* mezuak identifikatzeko eta Amazonen erosi dugun produktu baten iruzkina sailkatzeko.

Azken urteetan, LNParen esparrura ere iritsi da sare neuronal artifizialen iraultza, eta ondorio praktiko ikusgarriak eragin ditu [1]. Baina ez hori bakarrik: hitzak eta zenbakiak elkarrekin nola lotzen diren jakiteko aztarna interesgarriak azaleratu dizkigu.

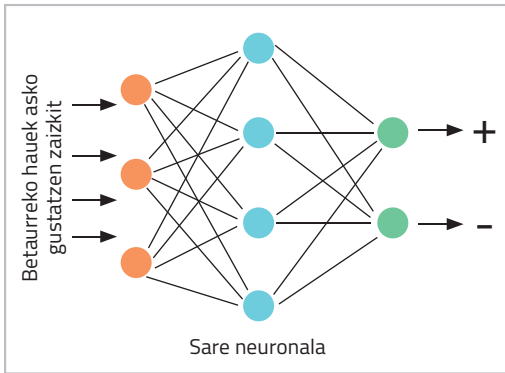
## Makinentzat hitzak irudikatzen

Jo dezagun betaurrekoak egiten dituen enpresa batenko marketin-zuzendariak garelara. Betaurreko berri batzuk merkaturatu ditugu, eta erosleen iritziak



jaso nahian gabilta. Horretarako, Twitter sare sozila erabiltzea otu zaigu. Gure betaurreko berrien izena daraman traola sortuko dugu, jakiteko gure bezeroek betaurrekoei buruz zer idazten duten. Arazotxo bat dugu, ordea: gure enpresak mundu guztian saltzen duenez, txio asko espero ditugu. Beraz, ezin txio guztiak irakurri! Lan hori guztia ordenagailuak egitea nahiko genuke.

Zehatz ditzagun lanak hobeto: txio bat hartuta, gure ordenagailuak erabaki behar du txioan gure betaurrekoei buruz iritzi positiboa ala negatiboa ematen den. Has gaitezen lanean bada. Halako arazoak egokiak dira sare neuronalentzat. Ideia sinplea da: erakutsi sare neuronalari hainbat txio, eta adierazi ea positiboak ala negatiboak diren; adibideak ikustearen poderioz, sareak ikasiko du txio positiboak eta negatiboak bereizten (1. irudia).



1. irudia. Sare neuronal bat nola erabili, txio baten iritzia sailkatzeko.

Baina badugu beste arazotxo bat: sare neuronalek zenbakiekin egiten dute lan, ez hitzekin. Nola irudikatu behar ditugu hitzak zenbakiak erabiliz? LNParen munduan, lan handia egin da horren inguruan, eta, horren ondorioz, hitzak irudikatzeko modu asko daude. Ideia sinpleena da ingelesez *one-hot vector* deritzona.

Demagun lau hitz irudikatu nahi ditugula: *goi*, *behe*, *ezker* eta *eskuin*. Horretarako, lau zenbakiko bektoreak erabiliko ditugu, eta hitz bakoitzari posizio bat esleituko. Gure lau elementuko bektorea zeroz osatuta egongo da, hitz bakoitzari esleitu diogun posizioan izan ezik; hor bateko bat jarriko dugu (2. irudia).

Goi	→	[0, 0, 0, 1]
Behe	→	[0, 0, 1, 0]
Ezker	→	[0, 1, 0, 0]
Eskuin	→	[1, 0, 0, 0]

2. irudia. *One-hot vector* irudikapenaren adibidea.

Irudikapen-mota hori oso sinplea da, eta ongi bereizten du hitz bakoitza, baina baditu hainbat desabantaila. Adibidez, denok dakigu *goi* eta *behe* hitzak antonimoak direla. Bi hitz horien bektoreek erakusten al dute erlazio hori? Ez. *One-hot vector* delakoak erabiliz gero, ezin dira irudikatu hitzen arteko erlazioak. Beste arazo bat: euskarak, esaterako, 37 mila hitz inguru ditu [2]. Horiek denak irudikatzeko 37 mila dimentsioko bektoreak beharko genituzke! Ez dirudi, beraz, oso ideia ona denik.

### Word2Vec

Idea erakargarria da bektoreak erabiltzea hitzak irudikatzeko, sare neuronalek ongi egiten baitute lan bektoreekin. Baina *one-hot* bektoreak hobetu beharrean gaude. Hori bera pentsatu zuten Mikolovek eta haren lankideek *Word2Vec* teknika asmatu zutenean [3]. Teknika horren bitartez, hitzen irudikapen oso interesgarriak lortzen dira, honako arrazoi hauengatik:

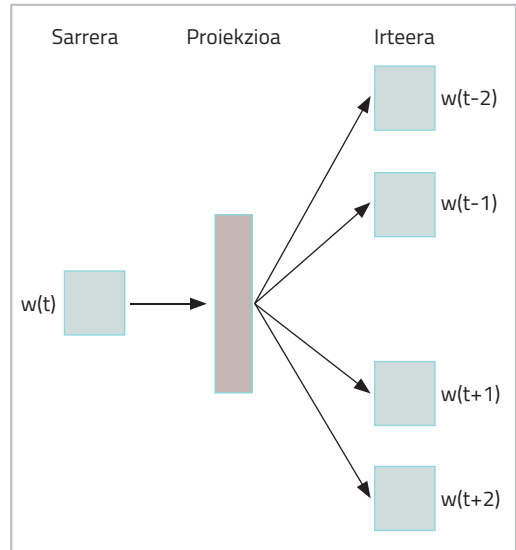
1. Hitzak bektore txiki bidez irudika daitezke.
2. Hitz arteko erlazio semantikoak irudika daitezke.

Nola lortzen da, ordea, hori egitea? Sare neuronalak modu bitxi batean erabiliz. Demagun euskarazko Wikipedia osoa hartzen dugula testu gisa. Bertan,

euskarazko hitz gehienak agertuko dira, ongi egituratutako esalditan. Esaldi horietako hitzak hartuko ditugu, eta *one-hot vector* irudikapen sinplea erabiliz kodetuko ditugu. Orain dator amarrua. Hitz bat hartuko dugu, sare neuronal bati pasatzeko, haren helburua izanik hitz horren aurretik eta atzetik dauden bi hitzak asmatzea. Hau da, hitz bat emanda haren testuingurua asmatzeko entrenatuko dugu sare neuronala, 3. irudian dakusagun moduan.

4. irudian ikus dezakegu entrenamendu hori egiteko zer sare neuronal erabiltzen den. Gure euskarazko Wikipediako testu osoa prozesatuko du, erakusten den moduan. Hitz bat emanda, haren testuingurua asmatzeko gaitasuna landuko du entrenamendu horretan. Hasieran, testuinguru-hitzak ez ditu asmatuko; beraz, errore handiak egingo ditu. Baina errore horiek sarea entrenatzeko erabiltzen dira. Horrela, milioika hitzez osaturiko testuak ikustearen poderioz, sareak bere asmatze-erroreak gutxituko ditu.

Prozesu horretan zehar, ordea, non daude ikasitako hitzen irudikapenak? 4. irudian *proiektzioa* izenpean irudikatu dugun laukitxoan, hain zuzen ere. Agian, hobeto ulertzeko, 5. irudiari begiratu beharko dugu. Bertan ikus daiteke sare neuronalaren egitura zehatzagoa, bi hitz bakarrik hartu diren kasu batean: sarrerako bat eta irteerako beste bat. Entrenamendu-prozesua amaitzen denean, hitz baten irudikapena lortzeko, nahikoa da entrenatu berri dugun sare neuronalari hitz hori pasatzea eta geruza ezkutuko aktibazioak hartzea. Gure garunetako neuronak bezalatsu, neurona artifizialak ere modu



4. irudia. Sare neuronal batentzako entrenamendu-prozesua, hitzak nola irudikatu ikasteko. Hitz bat sarrera gisa emanda, haren aurretik eta ondoren dauden bi hitzak asmatzen ikasten du.

ezberdinetan aktibatzen dira estimulu ezberdinen arabera. Bada, hitz ezberdin batentzat lortzen diren aktibazioak izango dira hitz horren irudikapen egokia. Ez al da harrigarria?

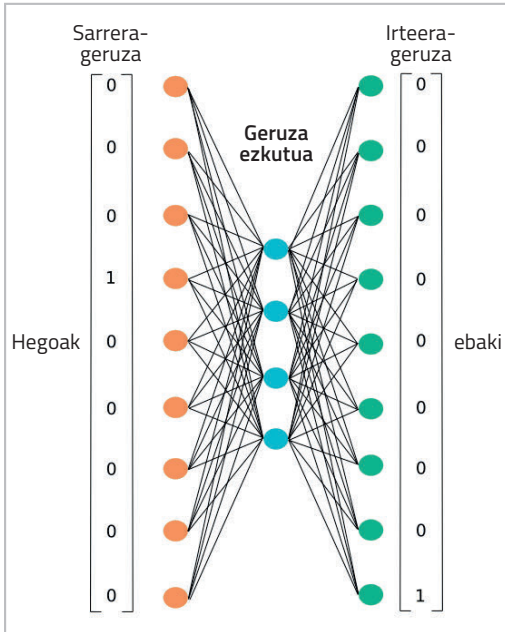
Azken batean, ataza jakin bat egiteko entrenatu dugun sare neuronalak, modu automatikoan, hitzen zenbakizko irudikapen batzuk ikasi ditu. Eta irudikapen horiek oso ahaltsuak dira.

### Hitzekin jolasean

Geruza ezkutuko neurona horien aktibazioak zenbakiak dira. Beraz, geruza horretan 300 neurona

Esaldia	Sarrera-hitza	Testuingurua
Hegoak ebaki banizkio nerea izango zen	Hegoak	__, __, ebaki, banizkio
	ebaki	__, Hegoak, banizkio, nerea
	banizkio	Hegoak, ebaki, nerea, izango

3. irudia. Esaldi bat hartuta esaldiko sarrera-hitz batzuentzat sortzen diren testuinguruak.



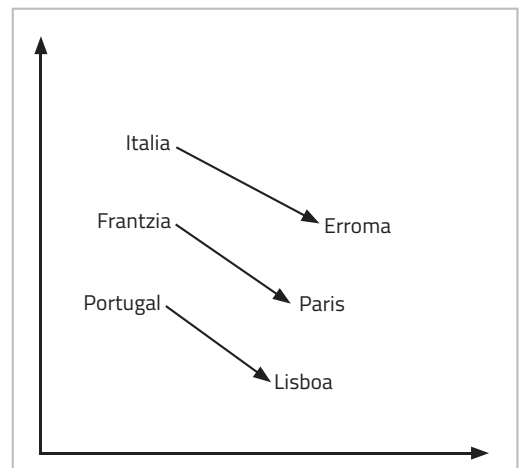
5. irudia. *Word2Vec* sare neuronalaren irudi zehatzagoa. Geruza ezkutuko neuronen aktibazioek osatzen dute “hegoak” hitzaren irudikapena.

jartzen baditugu, 300 zenbakiz osaturiko bektore bat lortuko dugu edozein hitzentzat. *One-hot vector* irudikapenean 37 mila zenbakitik gora behar genituela kontuan hartuz, asko irabazi dugu, ezta? Baina hori ez da onena. Hitz-bektore berri horiek propietate ia magikoak dituzte. Jolas gaitzezen haiekin; aho-zabalik geratuko zarete!

Has gaitzezen galdera batekin: Italiarentzat Errroma dena, zer da Frantziarentzat? Zure erantzuna Paris izango da. Zergatik? Italia-Errroma erlazioan herrialdea eta hiriburuak ikusi dituzulako. Haien esanahia erabiliz, arrazoiketa hori egin duzu. Beraz, Frantziaren hiriburuak zein den pentsatu duzu: Paris. Galderaren erantzuna topatzeko, beharrezkoak izan dira lengoia eta kontzeptuak maneiatzea. Prozesu nahiko konplexua dirudi.

Ikasi berri ditugun hitz-bektoreek gaitasuna ematen digute era horretako galderei erraz erantzuteko. Kasu honetan, nahikoa da Italia – Errroma + Frantzia eragiketa egitea. Hots, Italia bektoreari Errroma bektorea kendu, eta, ondoren, Frantzia bektorea gehituko diogu. Eta bai, emaitza Paris bektorea da! Beste adibide bat: Errege – gizon + emakume = erregina. Txundigarria, ezta?

Nola da hori posible? Bektoreak gehitu eta kentzea arrazoitzearen parekoa ote da, bada? Ikasi ditugun hitzen irudikapenak 300 dimentsioko espazio bateko puntuak besterik ez dira. Pentsa dezagun bi dimentsiotan, errazago ikusteko. 6. irudian herrialde eta hiriburu batzuk irudikatu ditugu 2 dimentsioko plano batean. Ikus daitekeenez, herrialdeak elkarrengandik gertu agertzen dira, baita hiriburuak ere, halako kategoria semantiko baten kide baitira. Baina, gainera, herrialde baten eta haren hiriburuaren arteko distantzia berdintsua da herrialde-hiriburu pare guztientzat. Horregatik funtzionatzen dute gure batuketek eta kenketek. Hori bera pasatzen da hizkuntza bateko hitz guztiekin, baina 300 dimentsioko espazio batean. Azkenean, hitzen arteko



6. irudia. Bi dimentsioko espazioan, herrialdeak eta hiriburuak nola antolatzen diren.



erlazioak, esanahia eta ñabardurak propietate geometrikoak baino ez dira.

Kontu egin inork ez duela diseinatu hitzen irudikapen horiek osatzen duten espazio semantiko hori. Sare neuronal batek ikasi du, bere kasa; hitz bat emanda haren testuingurua asmatzeko entrenatu den sare neuronal batek. Harrigarria da pentsatzea nola ikasten dituen halako irudikapen konplexuak ataza sinple bat ikasteko entrenatzen dugun sare batek. Baina halaxe gertatzen da.

### Amaitzeko

Sare neuronalen bidezko hitzen irudikapena da gaur egungo LNParent oinarria. Adibidez, itzulpen automatikoan erabiltzen diren sare konplexuek sarrera gisa hartzen dituzte hitz-bektore horiek. Euskarazko bektoreak hartu eta ingelesezkoak sortu, esaterako. Prozesu horietan ikusi da oso antzekoak direla hizkuntza ezberdinetan ikasitako hitzen arteko propietate geometrikoak. Hau da, ingelesezko *king*, *man*, *woman* eta *queen* bektoreen posizio erlatiboak euskarazko *errege*, *gizon*, *emakume* eta *erregina* bektoreen ia berdinak dira. Bide horiek aztertzen eta itzulpen-teknika berritzaileak proposatzen ari dira, besteak beste, EHUko Ixa Taldeko, Elhuyarreko eta Vicomtecheko hainbat ikerlari [4].

Beste ikerlari batzuk erakutsi dute gure hizkuntzan ditugun joera sexistak hauteman daitezkeela bektoreen propietate geometrikoetan. Horrela, hitz horien joera sexistak ezabatzeke teknikak proposatu dituzte, makinek gure hutsegiteak errepika ez ditzaten [5].

Lan horiek guztiek goitik behera aldatzen dute hitzen eta zenbakien arteko erlazioari buruz dugun ikuspegia ere. Kontu izan gure neuronek tentsio

elektrikoarekin egiten dutela lan. Zenbakiekin, nolabait. Neuronen arteko elektroien joan-etorrietan daude gure oroitzapenak, sentimenduak, hizkuntza eta arrazoimena. Sare neuronal artifizialekin gertatzen den bezalatsu, testu hau idaztean ez ote naiz ari, konturatu gabe, zenbaki-pilo batekin eragiketak egiten? Ez ote da gurea zenbakien beste hizkuntza bat besterik? ●

### Bibliografia

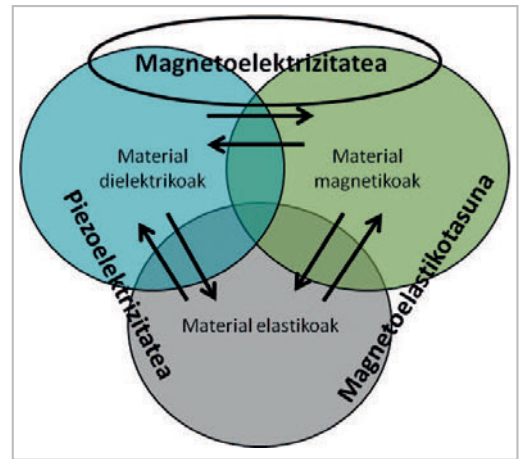
- [1] LeCun, Yann, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. "Deep learning." *Nature* 521.7553 (2015): 436-444.
- [2] Euskararen hitz kopurua: <https://31eskutik.com/2016/06/03/zenbat-hitz-ditu-euskarak/> (azken bisita: 2018/01/20).
- [3] Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 3111-3119).
- [4] Artetxe, M., Labaka, G., Agirre, E., & Cho, K. (2017). Unsupervised neural machine translation. *arXiv preprint arXiv:1710.11041*.
- [5] Bolukbasi, T., Chang, K. W., Zou, J. Y., Saligrama, V., & Kalai, A. T. (2016). Man is to computer programmer as woman is to homemaker? Debiasing word embeddings. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (pp. 4349-4357).

# Konposite magnetoelktriakoetan oinarritutako energia-metagailu berriak

Gaur egungo gizarteak eskatzen du energia-konsumo baxuko dispositibo gero eta txikiago eta erabilgarriagoak erabiltzea. Konposite magnetoelktrikoak, zeinak gai baitira eremu magnetiko baten pean tentsio elektrikoa indutzeko, erabil daitezke kontsumo baxuko sistema berriak elikatzen, propietate magnetiko eta elektrikoen arteko akoplamenduaz baliatuz.

Konposite magnetoelktrikoek bilakaera handia izan dute azkeneko urteetan, energia-metagailuetan. Konposite horiek, orokorrean, material magnetostriktiboz eta material piezoelektrikoz osatuta daude (hurrenez hurren, eremu magnetiko baten pean deformatzen diren materialak eta deformazio bat jasatean tentsio elektrikoa indutzten duten materialak). Beraz, konposite horien gainean eremu magnetiko bat aplikatzean, osagai magnetostriktiboa deformatu egiten da. Deformazio hori osagai piezoelektrikora transmititzen da, eta tentsio elektrikoa indutzten. Efektu horri efektu magnetoelktriko deritzo, eta aplikazio askotan erabiltzen da [1].

Burdinaz edota kobaltzoz fabrikatutako xafla-itxurako aleazio metalikoak izaten dira konposite magnetoelktrikoetan erabiltzen diren osagai magnetostriktiboak. Osagai piezoelektriko gisa, aldiz, film-itxurako PZT zeramikoak edo PVDF polimeroa erabili ohi dira. Nahiz eta PZTK erantzun piezoelektriko hobea izan, oso material hauskorra da, eta arazoak sor ditzake zenbait aplikaziotan. PVDF polimeroak, berriz, erantzun piezoelektriko baxuagoa dauka, baina moldagarriagoa da eta portaera hobea izaten du aplikazio praktikoetan.



1. irudia. Konposite magnetoelktrikoak lortzen dira material dielektriko eta magnetikoak elkartuz.

Konposite magnetoelktrikoetan, induzitutako seinalerik altuena lortzen da konpositearen erresonantzia-maiztasunaren inguruan. Erresonantzia-maiztasuna osagai magnetostriktiboaren luzerarekiko alderantziz proportzionala da. Hortaz, zenbat eta luzeagoa izan konpositea, orduan eta baxuagoa izango da erresonantzia-maiztasuna.

## Konposite magnetoelktrikoak energia-metagailu gisa

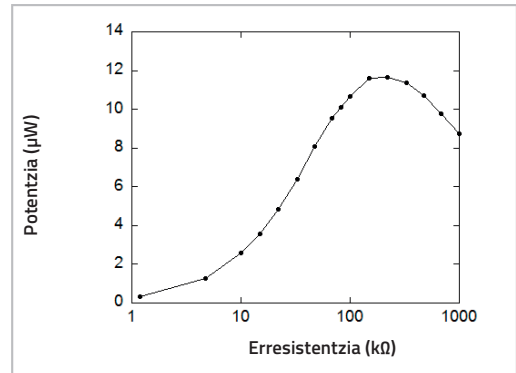
Konposite magnetoelktrikoak fabrikatzeko, material magnetostriktiboak eta piezoelektrikoak konbinatu behar dira nolabait. Fabrikatzeko material aproposenak aukeratzeko, elementu bakoitzaren propietateak aztertu behar dira. Material magnetostriktiboegi begira, FeCoSiB motako aleazioak erabili ohi dira, besteak beste, propietate magnetiko

oso onak dituztelako. Material piezoelektriko gisa, berriz, PVDF polimero piezoelektrikoa da aukera apropos bat, polimero piezoelektrikoen artean erantzun piezoelektriko altuena baitu. Propietate magnetostruktiboak eta piezoelektrikoak akoplatzeko, epoxi erretxina bat erabiltzea da ohikoena. Epoxi horretaz baliatuz, sandwich-egiturako konpositea fabrikatzen da, bi xfla magnetostruktibo itsatsita luzera bereko PVDF film baten bi aldeetan.

3 cm-ko luzera duen  $\text{Fe}_{61.6}\text{Co}_{16.4}\text{Si}_{10.8}\text{B}_{11.2}/\text{PVDF}/\text{Fe}_{61.6}\text{Co}_{16.4}\text{Si}_{10.8}\text{B}_{11.2}$  konpositeak emandako potentzia lortzeko, esaterako, lehenik eta behin konposite horren erresonantzia-maiztasuna neurtu beharra dago, puntu horretan baitago konpositearen erantzun magnetoelektrikorik altuena. Konposite jakin horretan, erresonantzia-maiztasuna 50 kHz-ean kokatuta dago. Hortaz, konpositean induzitutako seinale elektriko alternoa maiztasun horretan erabiltzeko, tentsio alternoa tentsio zuzen bihurtu behar da, eta, horretarako, tentsio-biderkatzaileko zirkuitu batetik pasarazi behar da induzitutako seinalea [2]. Tentsio zuzen horretatik, konposite magnetoelektrikoak emandako potentzia kalkula daiteke zirkuituan akoplatutako erresistentziaren funtzioan.

Zirkuitutik lortutako potentzia maximoaren balioa  $11,6 \mu\text{W}$  da, 220 kiloohmeko erresistentziarako. Balio hori erabat alderagarria da bibliografian agertzen diren beste energia-metagailu batzuekin, non antzeko potentziak neurtu dituzten [3] PZT eta material piezoelektrikoak erabiliz (erantzun piezoelektriko hobea).

Hala eta guztiz ere, energia-metagailuak egunero-ko bizitzan erabiltzeko, laborategietan erabiltzen diren sorgailuak ordezkatu behar dira inguruneak eskaintzen dizkigun baliabideekin. Baliabide horiek, noski, baldintza batzuk bete behar dituzte. Esate baterako, eremu magnetiko bat sortu behar dute, eta eremu magnetiko horren maiztasunak tarte jakin batean kokatuta egon behar du (dagokion konpositearen erresonantzia-maiztasunean) konposite magnetoelektrikoan tentsio nahikoa induzitzeko.

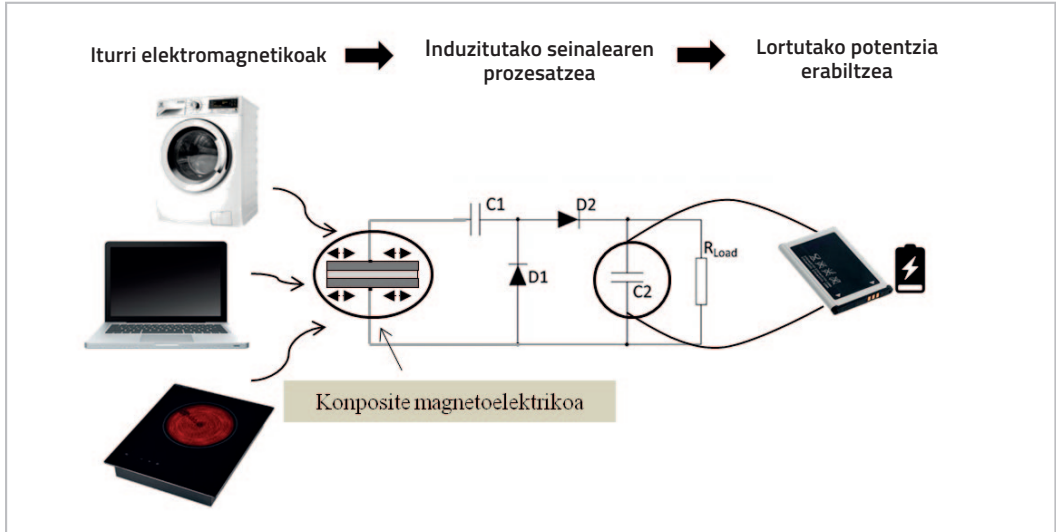


3. irudia. 3 cm-ko  $\text{Fe}_{61.6}\text{Co}_{16.4}\text{Si}_{10.8}\text{B}_{11.2}/\text{PVDF}/\text{Fe}_{61.6}\text{Co}_{16.4}\text{Si}_{10.8}\text{B}_{11.2}$  konposite magnetoeléctrikoak emandako potentzia, zirkuituan jarritako erresistentziaren menpe.

3 cm-ko  $\text{Fe}_{61.6}\text{Co}_{16.4}\text{Si}_{10.8}\text{B}_{11.2}/\text{PVDF}/\text{Fe}_{61.6}\text{Co}_{16.4}\text{Si}_{10.8}\text{B}_{11.2}$  konposite magnetoeléctrikoaren erresonantzia-maiztasuna kontuan hartuz, besteak beste, indukzio-plakak, ordenagailuak edota pantaila adimendunak erabil litezke sorgailu moduan. Tamaina edo konposizio desberdineko konposite magnetoeléctrikoak erabiliz gero, erre-



2. irudia. Sandwich-itxurako konposite magnetoeléctrikoa. Osagai magnetostruktiboak material piezoelektrikoaren bi aldeetan itsastan dira.



4. irudia. Konposite magnetoelktrikoek inguruneko energia erabil dezakete, energia sortzeko tentsio-biderkatzaileko zirkuitu bat erabiliz.

sonantzia-maiztasunak aldatzen dira, eta, hortaz, beste maiztasun batzuetan ibiltzen diren iturri elektromagnetikoak bilatu beharko lirateke, konpositeetatik potentzia maximoa lortzeko.

### Tamainak potentzian duen eragina

Sarreran aipatu den moduan, erabilgarritasuna bezain garrantzitsua da dispositiboaren tamaina. Gero eta gailu txikiagoak fabrikatzea da industria-aren eta gaur egungo gizartearen helburuetako bat. Hori dela eta, konposite magnetoelktrikoen kasuan ere beharrezkoa da aztertzea dispositiboak txikitzeak zer eragin duen emandako potentzian.  $\text{Fe}_{61.6}\text{Co}_{16.4}\text{Si}_{10.8}\text{B}_{11.2}/\text{PVDF}/\text{Fe}_{61.6}\text{Co}_{16.4}\text{Si}_{10.8}\text{B}_{11.2}$  konposite magnetoelktrikoaren kasuan, 1 eta 0,5 cm-ko sistemek 0,28 eta 0,06  $\mu\text{W}$ -eko potentziak ematen dituzte, hurrenez hurren. Hortaz, konposite magnetoelktriko txikiagoetatik energia lortu nahi izanez gero, kontuan hartu behar da askoz ere potentzia baxuagoa emango dutela, eta aplikazioaren arabera erabaki beharko da potentzia hori nahikoa den ala ez.

### Aplikazioak teknologia berrietan

Ikus daitekeenez, konposite magnetoelktriko berri horiek gai dira mikrowatt batzuetako potentzia lortzeko. Potentzia horrek, baxu samarra iruditzen arren, balio dezake teknologia berrietan erabiltzeko. Esate baterako, bihotzaren erritmoa kontrolatzeko gorputzean kokatzen diren taupada-markagailuek 10  $\mu\text{W}$ -eko potentzia behar dute funtzionatzeko. Haririk gabeko sentsorez osatutako sareak ere antzeko potentzia erabiltzen dute, besteak beste, tenperatura monitorizatzeko eta hirietako kutsadura kimikoa edota autoen presioa kontrolatzeko [6]. Kontsumo baxuko beste aplikazio askotan erabiltzen dira haririk gabeko komunikazio-sareak. Adibidez, sarritan, gorputzean kokatzen diren dispositiboek mota horretako sareak erabiltzen dituzte elkarrekin komunikatzeko (ingelesez, WBAN hizkiez ezagutzen dena).

Komunikazioez gain, konposite magnetoelktrikoek sortutako energia beste arlo batzuetan ere erabil daiteke. Gure mugikorrek edo beste gailu txikieta-ko bateriak ordezkatzeko ere balio dezake energia



Energia-iturria	Maiztasun-tartea (kHz)	Sortutako eremu magnetikoa (Oe)
Indukzio-plakak	25-40	0,002-0,06
Ordenagailuak	0,1-20	0,002-0,015
Lanpara fluoresenteak	25-70	0,01-0,02
Pantaila adimendunak	5-15	0,0005
Ukipen-pantailak	44	0,002

1. taula. Konposite magnetoeletrikoetan erabil daitezkeen energia-iturri batzuen maiztasun-tarteak eta maiztasun horietan sortutako eremu magnetikokoak [4-5].

horrek. Izan ere, bateriarik gabe ibiltzen diren mugikorrek fabrikatzen hasi dira [7]. Halako mugikorrek inguruneko argi- edo irrati-seinaleetatik hartzen dute energia.

Beraz, agerian geratzen da kontsumo baxuko energia-motak beharko dituztela etorkizuneko teknologia berriek ibiltzeko, lortzeko errazak direnak eta haririk gabekoak. Ibilbide horretan, espero da konposite magnetoelektrokoek eragin garrantzitsua izatea, halako material berrien gainean egiten ari den ikerketari begira. Dispositibo hauek, ingurunetik energia eskuratzeaz gain, gai dira gailu txikiak elikatzeko beharrezkoa den potentzia sortzeko. Energia-metagailu berriak, teknologia berrietarako! ●

## Bibliografia

- [1] J.F. Scott, "Applications of Magnetolectrics", Journal of Materials Chemistry, vol. 22, pp. 4567-4574.
- [2] N. M. Roscoe and M. D. Judd, "Harvesting energy from magnetic fields to power condition monitoring sensors", IEEE Sensors Journal, vol. 13, pp. 2263-2270, 2013.
- [3] P. Li, Y. Wen, P. Liu, X. Li, and C. Jia, "A magnetolectric energy harvester and management circuit for wireless sensor network", Sensors and Actuators, A: Physical, vol. 157, pp. 100-106, 2010.
- [4] [https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/salud\\_amb\\_campos\\_electrom/es\\_def/ad-juntos/cem.pdf](https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/salud_amb_campos_electrom/es_def/ad-juntos/cem.pdf).
- [5] M. Van Den Bossche, L. Verloock, S. Aerts, W. Joseph, and L. Martens, "In Situ exposure assessment of intermediate frequency fields of diverse devices", Radiation Protection Dosimetry, vol. 164, pp. 252-264, 2015.
- [6] G. M'boungui, K. Adendorff, R. Naidoo, A.A. Jimoh, D.E. Okojie, "A hybrid piezoelectric micro-power generator for use in low power applications", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 49, pp. 1136-1144, 2015.
- [7] <http://www.washington.edu/news/2017/07/05/first-battery-free-cell-phone-makes-calls-by-harvesting-ambient-power/> 2017.

# Hazi Hezi eta Hik Hasi

haziera eta heziketarako euskal aldizkariak



Urtean 4 aldizkari 20 €



Urtean 10 aldizkari 50 €

ZIENTZIAREN BIZILABE

**Abenduaren 31ra arte *hik hasi* aldizkarian harpidetza eginda, *Hazi Hezi*-ko urtebeteko aldizkariak opari!**

(idatzi [hikhasi@hikhasi.eus](mailto:hikhasi@hikhasi.eus)-era edo deitu 943 371408 telefonora)

**Hazi Hezi eta Hik Hasi... familia eta eskola...  
heziketari garrantzia  
ematen diogunon komunitatea**

**[www.hikhasi.eus](http://www.hikhasi.eus)**

## Jarraitu gurekin zientzia eta teknologiaren berriei, sarean [aldizkaria.elhuyar.eus](http://aldizkaria.elhuyar.eus)



EKINEAN

**“Oso garrantzitsua iruditzen zait ikuspegi orokorrari oinarrizko zientzia gehitzea”**

Irati Rodilla Ojeda Fisioterapiari graduatu zen, baina, lanean ari den arren, ez dabil pazienteak tratatzen, Farmakologian doktoretza egiten baizik. Dioenez, aurretik ikasitakoaren erabat osagarria da orain egiten ari dena, minaren aurka erabiltzen diren opioideen eraginkortasuna eta tolerantzia hobetzeko ikertzen ari baita. (...).



GAI LIBREAN

**Esku-pilotako piloten botea neurtzen**

Sara Ruiz Gutiérrez-Solana  
Isabel Ruiz-Larrea

Kirol guztietan, guztiz beharrezkoa da arautegi bat ezartzea materiala eta jolas-arauak finkatzeko. Euskal pilotaren kasuan, ez da erraza piloten arautegi bat ezartzea, hainbat materialez osatuta daudelako eta, gainera, eskuz egiten direlako. Guk esku-pilotaren modalitatea aztertu dugu, eta esperimentu bat diseinatu dugu, pilotaren boteak zer kalitate duen kuantifikatzeko. (...).



EKINEAN

**“Egiptora joan nintzen lehen aldirian, negar egin nuen, hunkituta”**

Zientzia-gaiak gutxitan iristen dira komunikabide orokorretara. Badira salbuespenak, ordea, eta horietako bat izan da Amaia Arranz Otaeguiaren azken ikerketa: gaur egun Jordania den eremuan, duela 14.000 urte talo-itxurako ogia egiten zutela frogatu dute.

Arranz gustura dago ikerketak izandako hedapenarekin, eta garrantzi handia ematen dio dibulgazioari: “Ikerketa gehienak ez dira gizartera iristen (...).

### Martxora arte



[aldizkaria.elhuyar.eus](http://aldizkaria.elhuyar.eus)



[www.facebook.com/elhuyar.aldizkaria](http://www.facebook.com/elhuyar.aldizkaria)



@elhuyaraldizk

## Zer eta nor



Zelai Haundi, 3.  
Osinalde industrialdea  
20170 USURBIL (Gipuzkoa)  
tel. 943 36 30 40 - Faxe: 943 36 31 44  
[aldizkaria.elhuyar.eus](http://aldizkaria.elhuyar.eus)

### Zuzendaria:

Aitziber Agirre (a.agirre@elhuyar.eus).

### Publizitate-arduraduna:

Lurdes Ansa (l.ansa@elhuyar.eus).

### Hizkuntza-arduradunak:

Alaitz Imaz, Saroi Jauregi.

### Erredakzio-taldea:

Aitziber Agirre, Egoitz Etxebeste,  
Ana Galarraga.

### Zenbaki honetako kolaboratzaileak:

Gorka Azkune, Andoni Eizagirre, Jon Gutierrez, Igor Leturia, Andoni Lasheras, Joanes Lizarraga, Rosina Malagrida, Manu Ortega.

### Azaleko argazkia:

Zaragoza Unibertsitateko Aragosaurus-IUCA taldea.

### Jatorrizko diseinua:

Eragin.com

### Diseinua eta maketa:

Virginia Larrarte.

### Harpidetzak:

Lurdes Ansa (harpidetza@elhuyar.eus).

### Inprimatzailea:

Leitzaran Grafikak. Papera klororik gabea da, eta FSC agiria du (ingurumen-kudeaketa jasangarriko basoetatik erazten da). Oinarri begetaleko tintak erabiliz inprimatzen da.

### Banatzaileak:

Distipress (Araba eta Nafarroa); Badiolan (Gipuzkoa); Simó (Bizkaia); Elkar.

Harpidetza paperean eta edizio digitala:

- Urtean 4 zenbaki (martxo, ekaina, iraila eta abendua).
- Euskal Herria eta Espainia: 20 €.
- Beste herrialdeak: 33,60 €.

Ale digitala: 4,20 € ([www.elhuyar.eus](http://www.elhuyar.eus)).

CC BY-SA-3.0 Elhuyar Fundazioa

Lege-gordailua: SS-1089-2017

ISSN: 2603-6614

Elhuyarren jabetzako edukia Creative Commons lizentzian dago, "Aitortu – Berdin partekatu (CC-BY-SA-3.0)" lizentzia. Beste jabetza batekoak diren edukiak jabeak adierazitako lizentzian erabili dira, eta hala aitortu dira.

Elhuyar Fundazioak ez du derrigor bere gain hartzen aldizkarian adierazitako esanen eta iritzien erantzukizunik.

### Aldizkariari diruz lagundu dioten erakundeak eta enpresak:



**EUSKO JAURLARITZA**  
**GOBIERNO VASCO**

KULTURA ETA HIZKUNTZA  
POLITIKA SAILA  
DEPARTAMENTO DE CULTURA  
Y POLÍTICA LINGÜÍSTICA

"Kultura eta Hizkuntza Politika Sailak (Hizkuntza Politikarako Sailburuordetzak) diruz lagundua"



**Gipuzkoako**  
**Foru Aldundia**

LAGUN ARO Koop. Elk.; ULMA Koop. Elk.; EIKA Koop. Elk.; DOILAN TEGIA Koop. Elk.; KIDE Koop. Elk.; IRIZAR Koop. Elk.; MAIER Koop. Elk.; Tajo Group.

\* Erakunde hauekin lankidetzan egin da Zientziakide proiektua:



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES

FCYT



FUNDACIÓN ESPAÑOLA  
PARA LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGÍA



EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO

HEZKUNTZA SAILA  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN



Gipuzkoako  
Foru Aldundia





Harpidetu  
edo  
oparitu

# elhuyar

aldizkaria

*Eskerrik asko!*

Zuei esker,

*Elhuyar* aldizkaria euskal kazetaritzaren 10 mugarrietako bat izan da XXX. Rikardo Arregi Kazetaritza Sarietan.



Hiru hilez behin, etxean bertan.  
Egunero, webgunean.

**20 €**  
URTEAN

*Gozatu zuk ere!*

Zientzia eta teknologian gertatzen den guztia, eskura:  
gaurkotasuna, iritzia, istorioak, hemengo ikerketa...

<https://aldizkaria.elhuyar.eus>

Harpidetzak: 943 36 30 40

CAF  
ELHUYAR  
SARIAK  
2019



ANTOLATZAILEAK



BABESLEAK



# IGO TRENERA!

INFORMAZIOA ETA OINARRIAK:  
[cafelhuyarsariak.elhuyar.eus](http://cafelhuyarsariak.elhuyar.eus)

LANAK AURKEZTEKO AZKEN EGUNA:  
2019ko otsailaren 14a