

ELHUYAR

zientzia eta teknologia

Elkarrizketa:

Chieko Asakawa

Irisgarritasunean aditua

**CRISPR, genoma
editatzeko teknika**
onurak eta kezkak

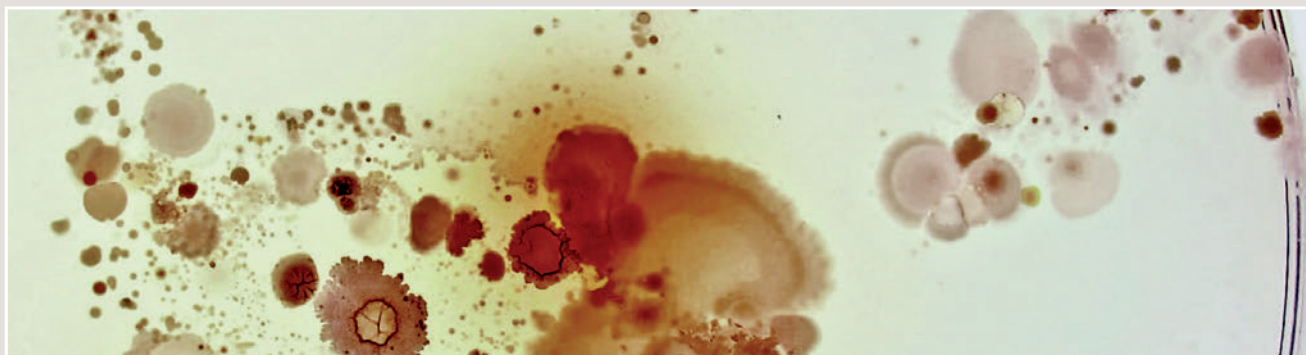
Homo sapiens
gizakia bere bakardadean

4,70
euro



“*I*tsu izanik, nik ez dut imajinatzen nire bizitza Internet gabe” 26

“*B*adirudi beste gizaki haiek ez zirela hain
“atzeratuak”, ezta gugandik hain desberdinak ere” 28



“*E*rraztasuna da teknika honen alde positiboa, baina baita
negatiboa ere, tresna honekin “jolastea” erraza baita” 38

“*M*etro Goldwin Mayerren aritu zen bitartean, ezkutuan gorde
zuen asmatzailea zela, bere diva-irudiari kalte egin ez ziezaion” 43

“*K*onturatu nintzen zientzia aldatzen dela, mugikorra dela” 44

Gizakion etorkizuna eta iragana

2015eko abenduan izan zen Giza Edizio Genetikoaren inguruko goi-bilera, Washingtonen, eta azkenaldian hainbestetan entzuten den teknika berria izan zuten eztabaidagai: CRISPR. Hautsak harrotzen ari da; izan ere, lehenago gure ezaugarri genetikoak aldatzeko beste teknika batzuk garatu izan badira ere, CRISPRrek berrikuntza garrantzitsu bat dakar: inoiz baino errazagoa da geneak editatzea, eta oso merkea. Edozein laborategiren eskura jarri du gene-edizioa.

Dagoeneko, herrialde batek arautu du teknika horren erabilera: Britainia Handiak giza enbrioia genetikoki editatzea onartu du; ikerketarako bakarrik, hori bai.

Teknikak aukera berriak ekar ditzake etorkizunerako, eta baita kezkek ere. Gori-gorian dagoen gaia izanik, mahaigainera ekarri nahi izan dugu.

Bestalde, atzera begira ere egin nahi izan dugu: gure espeziearen iraganari begiratu diogu. Duela 200.000 urte inguru azaldu zen *Homo sapiens*, hainbat giza espezie bizi ziren garai batean. Duela 70.000 urte atera zen bere jaioteritik, Afrikatik, eta kontinente guztietara zabaltzen hasi zen. Oraindik duela 30.000 urte eskas, gutxienez beste hiru homininorekin batera bizi zen Lurrean: neandertalak, Europan eta Asiako mendebaldean; denisovarrak, Asian; eta Flores uharteko gizakiak, Indonesian. Baina denak desagertuz joan ziren, eta, orain, gu gara Lurrean bizirik dirauen giza espezie bakarra. Zergatik bakarra? Zergatik desagertu ziren beste guztiak?

Gure espeziearen ezaugarriren batek egin du, akaso, gu besteen artean gailentzea? Irudimena eta sormena aipatu izan dira, gaitasun kognitibo handiagoa, gure izaera sozial eta kooperatiboa... Baina badago beste aukera bat: kasualitate hutsa izatea.

Giza eboluzioaren pasarterik interesgarrienetako bati lekua eman nahi izan diogu, eta, horretarako, lau aditu ekarri ditugu gurera. Lau aditu, eta lau ikuspuntu. María Martínón Torres, Londresko Unibertsitateko ikertzailea; Carmen Manzano Basabe, EHUKo antropologia-irakaslea; Joseba Ríos Garaizar, CENIEH Giza Eboluzioko Ikerketa Zentroko ikertzailea; eta Diego Garate Maidagan, Tolosako Unibertsitateko ikertzailea. Espero dugu guk bezainbeste gozatzea zuek ere haien gogoetekin.

**Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute**

Elhuyar Zientzia eta Teknologia
aldizkariaren zuzendaria



ELKARRIZKETA

Chieko Asakawa

Irisgarritasunean aditua

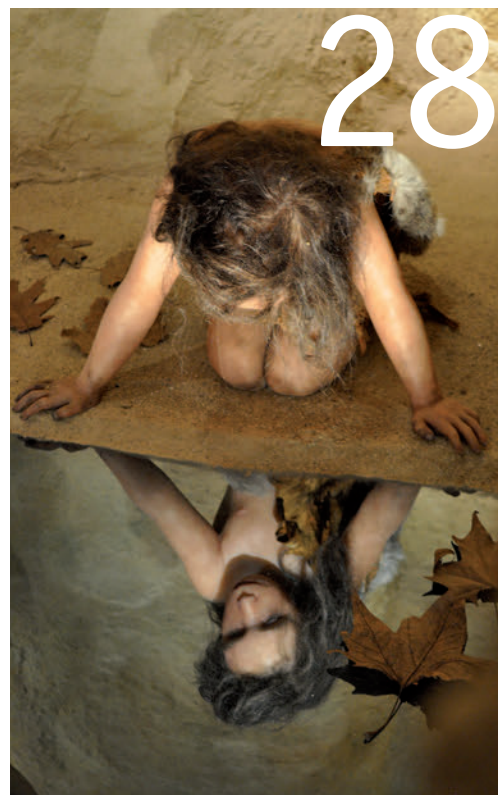
Chieko Asakawa atletak olinpikoa izatea zuen amets umetan, baina ametsa zapuztu zitzaion gaztetan itsu geratu zenean. Gerora, zientzialari konputazional modura aritu da, eta pertsona itsuen bizikaltatea hobetzen lagundu du, hamaika ekarpen teknologiko arrakastatsuren bidez.

22

Homo sapiens

gizakia bere bakardadean

Zergatik da *H. sapiens* modernoa *Homo* bakarra? Duela 12.000 urtera arte, *Homo* generoko beste espezie bat ere bazegoen Lurrean, *H. floresiensis*; eta 30.000 urte lehenago, beste bi, gutxienez, neandertalak eta denisovarrak. Zer gertatu zen gaur egun *Homo* generoarekin ordezkatu bakarra egoteko planeta osoan?





36 CRISPR, genoma editatzeko teknika onurak eta kezak

Duela hiru urte sortu zen, eta dagoeneko mundu osoko laborategietan erabiltzen da. Izan ere, CRISPR teknikak ia edozein laborategiri aukera ematen dio genoma editatzeko. Bereziki merkea eta eraginkorragoa da. Ekar ditzakeen onurak handiak dira, baina kezak ere sortu ditu.

LEKUKOAK

Itziar Alkorta Calvo

Biokimikaria. Biofisika Unitateko zuzendaria da (CSIC-EHU ikastegi mistoa), eta iraganean zerk txunditu zuen eta etorkizunerako zer amets dituen kontatu digu.



44

42

Hedy Lamarr

Hollywoodera iritsi zenean, "munduko emakume ederrena" gisara promozionatu zuten. Filmatzen ari ez zen tarteetan, berriz, etxeko bulegoan aritzen zen buru-belarri, paper eta maketa artean. Haririk gabeko komunikazio-sistema berri bat sortu nahi zuen. Helburu garbi bat zuen buruan: aliatuei laguntzea naziei aurre egiten.



46



Bakarrik al gaude?

Izotzaren erdian, hotz izugarria, Eguzkiaren argia nekez iristen da hona. Bizi-zantzurik ez da inon. Amaigabeko ur izotzuko geruza bitan zatituz, arrakala bat. Bizi-zantzurik ez... itxaron! Hori ez al da bakterio bat? Eta horko beste hori, arkeobakterio bat?



SAREAN+

aurkibidea]

4 FLASHA
Fotciencia 2015

8 ALBISTEAK

19 EKINEAN
Leire Gartzia Rivero

20 MUNDU DIGITALA
AlphaGo muga berriak
gainditzen ikasketa
automatikoaren bidez

22 ELKARRIZKETA
Chieko Asakawa

28 *Homo sapiens*
gizakia bere
bakardadean

34 ANALISIA
Hominidoak ala homininoak,
zer gara gu?
MIKEL IRIONDO, CARMEN MANZANO

36 CRISPR, genoma editatzeko
teknika: onurak eta kezak

42 ISTORIOAK
Hedy Lamarr: itzalean
asmatzaile, argitan izar

44 IRAULTZA TXIKIEN LEKUKOAK
Itziar Alkorta Calvo

46 GAI LIBREAN
Bakarrik al gaude?
XABIER ARTAETXEBARRIA

50 GAI LIBREAN
Zertarako balio du horrek?
GORKA AZKUNE

53 GAI LIBREAN
Superkondentsadoreak
J.M. CAMPILLO, L. OCA, J.A. BARRENA

56 Sarean

Fotciencia 2015

Sei urteko ume batek eskua Petri-plaka baten gainean jarri eta bi egunez 28 °C-an inkubatu ondoren, argazki hau atera ahal izan zuten Raúl Rivas González eta Lorena Celador Lerak. Haien helburua zen adin horretako umeei erakustea eskuak garbitzea garrantzitsua dela batetik, baina, bestetik, azalean mikroorganismo ugari bizi direla.

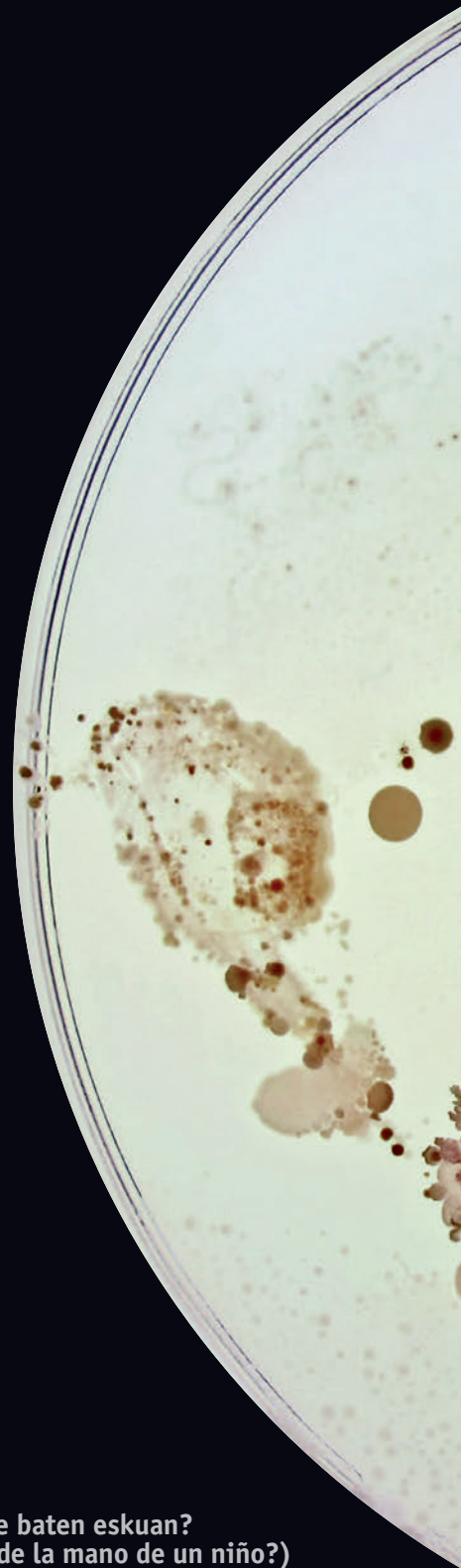
Tamaina eta kolore desberdineko orban horien atzean hainbat bakterio- eta onddo-espezie daude.

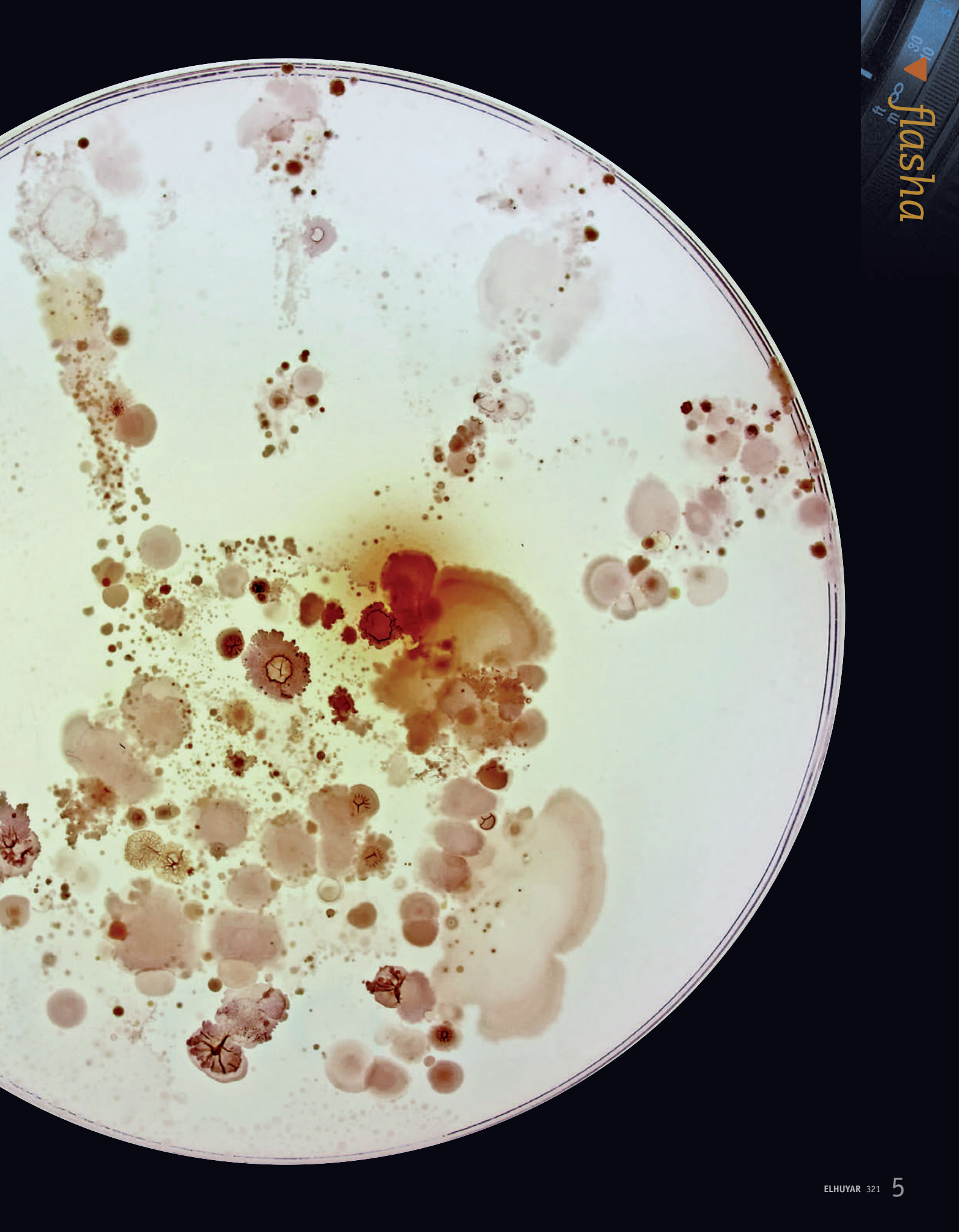
CSIC eta FECYT erakundeek antolatzen duten Fotciencia lehiaketaren 13. edizioko irabazle nagusiak izan dira argazki honekin Rivas eta Celador.

Sari nagusia

Zer dago ume baten eskuan?
(¿Que esconde la mano de un niño?)

Egileak: Raúl Rivas González, Lorena Celador Lera







Kategoria orokorreko accesita

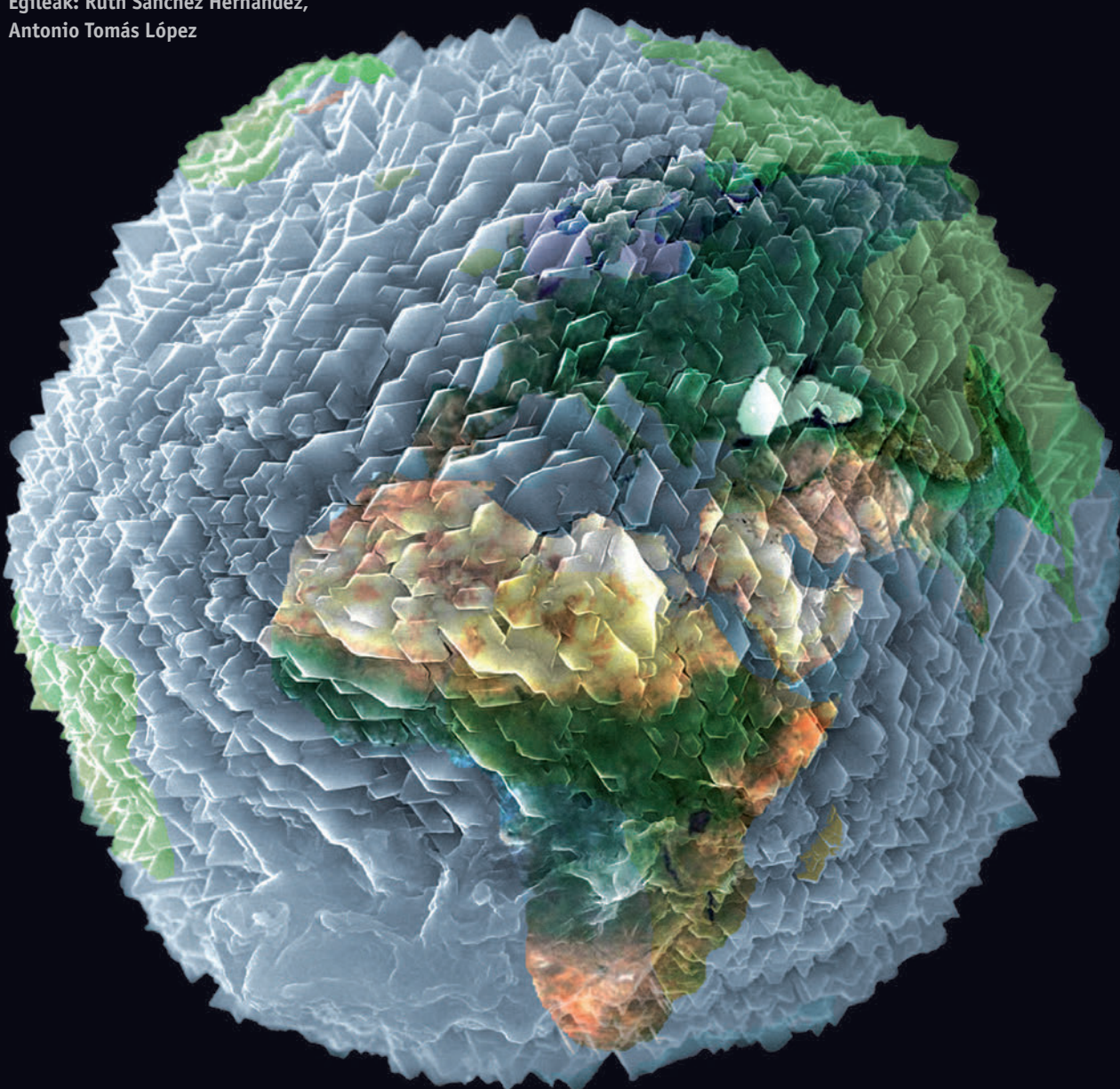
Lehen irribarrea
(La primera sonrisa)
Egilea: Victor Rivera Jove

Mukizko babesaren pean pilatuta daude igel-enbrioi irribarretsu hauek. Batzuetan bizkar-hezurra osatzen hasia dela ikus daiteke, beste batzuetan baita isatsaren hasikinak ere.

Mikro kategoriako lehen saria

Mundu jasangarria (Mundo sostenible)

Egileak: Ruth Sánchez Hernández,
Antonio Tomás López



Zeolitazko kristal bat da argazkian ikusten dena. Zeolitak hamaika aplikazio izan ditzaketen mineralak dira, eta errektibo kimikoetatik edo hondakinetatik abiatuta sintetiza daitezke. Hala, hondakin horiek ingurumenean izango luke-

ten eragin kaltegarria saihesten laguntzen dute. Kasu honetan, aluminio-hondakin arriskutsu batetik abiatuta laborategian sintetizatutako kristala da, eta ur poluituetatik metal astunak erauzteko erabiltzen da.

3D inprimagailu batez giza hezur, kartilago eta giharrak sortzea lortu dute

Giza belarri bat eta matrailezur bat sortu dituzte 3D inprimagailu berri batez, haien gihar, kartilago eta hezur biziak egituratuta. Oraindik ez daude transplantatzeko moduan, baina orain arte giza organoen inpresioak zituen zailtasun handienetako batzuk gainditu dituzte.

Nature Biotechnology aldizkariak eman du ikerketaren berri. Orain arte polimeroez giza organoak imitatzen zituzten egiturak inprimatu eta transplantatu izan dituzte, baina beti ere polimeroz egindakoak. Ikerketa berri honek, giza organo biziak inprimatzea bihurtu du orain erronka nagusia.

Matrailezur bat eta haurtxo baten tamainako belarria inprimatzea lortu dute. ARG.: WAKE FOREST INSTITUTE FOR REGENERATIVE MEDICINE.

Aurretik ere saiakera asko eginak zizuten bioingeniariek, baina benetan funtzionalak diren organoak eta ehunak lortzetik urruti zeuden: 3D inprimagailuen bidez egitura ezegonkorak eta hauskorak sortzen ziren. Gainera, odol-basorik ezin denez sortu 3D inprimagailuez egindako bioegituretan, tamainamuga handi bat zuten sortu nahi zuten edozein organotan: elikagai eta oxigenoaren difusio-distantziaren muga, hain

zuzen ere. Alegia, gehienez, 0,2 milimetrotako egiturak sor zitezkeen.

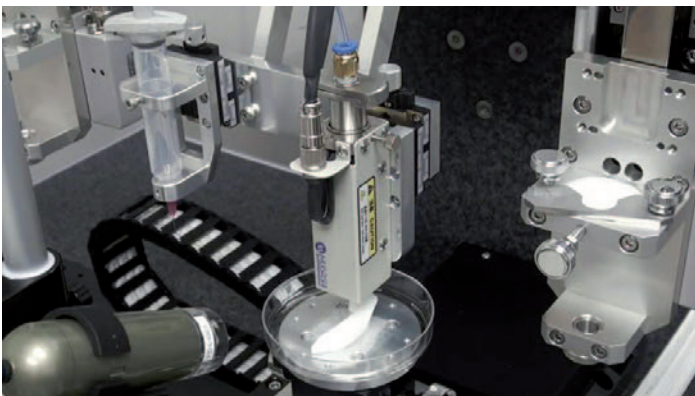
Ikerketa berri honetako ikertzaileek bi arazo horientzat irtenbidea aurkitu dute: polimero biodegradagarri baten gainean inprimatu dituzte zelulak, nahikoa sendotasunez eutsiko dituenak ehunak heldu arte, eta gero bere kabuz desegingo dena. Bestetik, tamainaren mugari ere aurre egin diote zelulak mikrokanal batzuetan inprimatuta, oxigenoak eta elikagaiek edozein zeluletaraino iristeko bideak izan ditzaten lortu baitute.

Inprimatutako egiturak arratoietan inplantatu dituzte, eta emaitzak onak izan dira: ehunak heltzea eta egonkortzea lortu dute, eta gainera, odol-hodiak garatu dira.

Ikertzaileen arabera, gehiago garatu behar da teknologia hau, baina inplantazio kirurgikoan erabil daitezkeen organoak inprimatzeko aukera ikusten dute, galdutako ehunaren hiru dimentsioko eredu informatikoa sortuta inprimagailuak hori bera inprimatu baitezake. ●



3D inprimagailua. ARG.: WAKE FOREST INSTITUTE FOR REGENERATIVE MEDICINE.



Lau elementu berri taula periodikoan

Lau elementu berriekin hasi zuen urtea taula periodikoak. Izan ere, abenduaren 30ean onartu zituen ofizialki 113, 115, 117 eta 118 elementuak Kimika Huts eta Aplikaturako Nazioarteko Batasunak (IUPAC). Elementu horiekin taula periodikoaren zazpigarren lerroa osatuta gelditu da.

Zenbaki atomikoaren arabera ordenatzen dira elementuak taulan, atomoak dituen

protoi kopuruagatik, alegia. 92 protoi baino gehiago dituzten elementuak, oso ezegonkorak dira, eta oso arraroa da naturan aurkitzea. Baina, zientzialariek hamarkadak daramatzate partikula-azelegarailuetan elementu berriak sortzen, eta oso denbora-tarte laburrean bada ere, existitzen direla frogatzen. 2011n 114 eta 116 elementuak gehitu zirenetik, eguneratu gabe zegoen taula periodikoa.

Azken lau elementu hauek 2002 eta 2010 artean aurkitu dira. IUPAC-en arabera,

113a ikertzaile japoniarrek aurkitu zuten, eta gainerako hirurak ikertzaile errusiar eta estatubatuarrek osatutako

talde batek. Hurrengo hilabeteetan, elementuei izenak jarri ahal izango dizkiete aurkitzaileek. ●

113	115	117	118
Uut	Uup	Uus	Uuo

ARG.: ARMTUK, ALESSIO ROLLERI, GRINGER/CC-BY-SA 3.0

Egin gure bazkide,
izan Elhuyar!



Jar iezaiezu aurpegia Elhuyar anaiei



Juan Jose Elhuyar

Fausto Elhuyar

Duela 230 urte, Bergarako Mintegian wolframa isolatzea lortu zutela jakitera eman zuten **Elhuyar anaiek**. Elementu bat gehiago taula periodikorako, ospea euskal zientzialarientzat.

Sormena. Elkarlana. Dibulgazioa.

elhuyarkide izan

Euskara zientzian, teknologian eta gizartean sendotzen eta harentzako arlo berriak eraikitzen egiten dugu lan, euskal komunitate aktiboa eta kritikoa helburu.

***Horretarako, zure laguntza behar dugu.
Egin gure bazkide, izan Elhuyar!***

www.elhuyar.eus/bazkidetza

Zuk ere Elhuyar izan nahi duzu?

65
€/urtean



Deskontuak eta
abantailak produktuetan.
Proiektuetan parte
hartzeko aukera

elhuyar

Grabitazio-uhinak detektatu dituzte LIGO behatokian

Einsteinek duela 100 urte iragarritako uhinak lehenengoz behatu dituzte zuzenean

LIGO behatokian grabitazio-uhinak detektatu dituztela iragarri dute bertako ikertzaileek. Einsteinek duela 100 urte iragarritako espazio-denboraren kurbadurak zuzenean behatzen diren lehen aldia da.

“Jaun-andreok, grabitazio-uhinak detektatu ditugu. Egin dugu!” esanez hasi du David Reitze LIGOko zuzendari exekutiboak aurkikuntzaren berri emateko prentsaurrekoa. “Hilabeteak behar izan ditugu benetan grabitazio-uhinak zirela jakiteko, baina zirrargarriena hemen-dik aurrerakoa da. Leiho bat irekitzen ari gara Unibertsora”.

Izan ere, grabitazio-uhinek euren jatorriari buruzko informazioa dakarte. “Grabitazio-uhinak entzun ditzakegu. Unibertsoa entzun dezakegu” esan du Gabriela González LIGOko ikerketa-taldeko bozeramaleak.

Entzun duten hori, bi zulo beltzen elkartzearen azken unean igorritako grabitazio-uhinak direla ondorioztatu dute. Einsteinen erlatibitate orokorraren arabera, inguruan dauden bi zulo beltzek energia galduko lukete grabitazio-uhin moduan. Ondorioz, bi zulo beltzak elkarrengana hurbilduko lirateke, eta azkenean elkartu eta zulo beltz handiago bat osatuko lukete. Prozesu horretan, masaren zati bat energia bihurtuko litzateke, Einsteinen formula ospetsuak dioen bezala, eta energia hori grabitazio-uhin moduan askatuko litzateke. Bada, horixe da LIGOko detektatu duena.

Joan den irailaren 14ean detektatu zituzten grabitazio-uhinak Livingstone (Louisiana) eta Handforden (Washington) dauden bi detektagailuetan. Duela 1.300 milioi urte igorri ziren grabitazio-uhin horiek, eta kalkulatu dute 29 eta 36 eguzki-masakoak zirela elkartu ziren zulo beltzak, eta segundo bat baino gutxiagoan 3 eguzki-masa grabitazio-uhin bihurtu zirela. Hori Hego hemisferioan gertatu zela ere jakin ahal izan dute, Livingstoneko (Louisiana) de-

tektagailura Handfordekora (Washington) baino 7 milisegundo lehenago iritsi baitzen seinalea.

Einsteinen iragarpena

Einsteinek ez zuen inoiz sinetsi zulo beltzetan. Baina grabitazio-uhinak iragarri zituen 1916an. “Einsteinek esan zuen gorputz batek bere inguruan dagon espazio-denbora deformatu egiten duela. Eta deformatzen du modu desberdin askotan” azaldu du EHUko Jon Urrestilla kosmologoak. “Eta mugitzen den masa batek, deformazio horrez gain uhin batzuk sortzen ditu, grabitazio-uhinak”.

Grabitazio-uhinak existitzen zirela 1970eko eta 1980ko hamarkadetan frogatu zen pulsarretan egindako behaketekin. Baina, “orain arteko guztiak zeharkako neurketak izan dira” azpimarratu du Urrestillak. “Hau da lehen aldia neurketa zuzena egin dena. Uhin bat etorri zaigu eta neurtu egin dugu”.

Horretarako interferometroak erabili dira. Horretan datza hain zuzen ere, LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) esperimentuak. Detektagailu bakoitzak 4 kilometroko

bi beso ditu L forman. Laser bat bi izpitan banatu eta izpi bakoitzari beso bakoitzean zehar aurrera eta atzera joanarazten zaio ispiluen bidez. Horrela, zehaztasun ikaragarriaz neurtzen da muturretako ispiluen arteko distantzia. Grabitazio-uhinek distantzia hori aldatu egiten dute, oso neurri txikian bada ere. Einsteinek berak uste zuen aldaketa hori txikiegia zela neurgarria izateko, baina, LIGO gai da hori neurtzeko, orain frogatu dutenez. Izan ere, protoi baten diamentroa baino 10.000 aldiz txikiagoa den aldaketa neurtzeko gai da LIGO. “Duela 100 urte ez zuten imajinatu ere egiten inoiz hori neurtzeko teknologia egon zitekeenik” dio Urrestillak

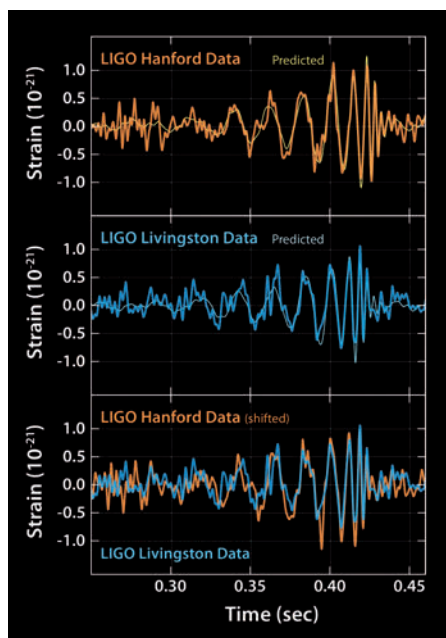
Zentzumen berria, aro berria

“Aurkikuntza hau, aro berri baten hasiera da —esan du Gonzálezek prentsaurrekoan—; grabitazio-uhinen astronomia errealitatea da orain”. Eta ados dago Urrestilla: “Beste zentzumen bat izatea bezala da. Galileoren teleskopioak unibertsoa ikusteko begiak ireki zizkigun, eta honek belarriak. Orain arte uhin elektromagnetikoen bidez soilik ikusteko gai ginen, orain grabitazio-uhinen bidez ere ikusi edo entzun dezakegu”. Hain zuzen ere, zentzumen berri horri esker lehen aldiz behatu da bi zulo beltzen elkartzea.

Eta laster etorriko da gehiago Urrestillaren ustez: “Detektatutako hau irailean izan zen, eta lehen aldia izan denez, oso poliki ibili dira egin dutena ondo dagoe-



Bi zulo beltz elkartzean igorritako grabitazio-uhinak detektatu dituzte LIGO esperimentuan. ARG.: LIGO



LIGOren behatokietan detektatutako grabitazio-uhinen seinaleak. ARG.: LIGO.

la ziurtatzeko. Oso lasai aztertu dute dena. Baina ziur naiz ordutik hona beste batzuk detektatu dituztela. Eta pixkanaka hasiko direla agertzen detekzio horiek”.

Behin nolakoak diren jakinda, nola entzun behar den jakingo dute ikertzaileek. Eta garapena etorriko da. “Hasierako Galileoren teleskopioetatik oraingo irrati-teleskopio izugarrietara egon den aldaketa hemen ere gertatuko da” dio Urrestillak. “LIGOk sentikortasuna oraindik gehiago handitzeko aukera du. Eta Italian, Indian eta agian Japonian ere egongo dira hemendik aurrera interferometroak. Beraz, bost belarri izango ditugu uhin grabitazionalak entzuteko. Eta horrela askoz hobeto zehaztu ahal izango da nondik datozen grabitazio-uhin horiek”.

Hurrengo pausoa, berriz: “interferometroak espaziora bidaltzea, teleskopioekin egin dugun moduan. Horretarako ESAk badu eLISA izeneko esperimentu bat. Aurrera egiten badu eLISAREN besoak 1.000 km izango ditu, eta, beraz, sentikortasun askoz handiagoa”.

Entzun Jon Urrestillari
Norteko Ferrokarrillean
egindako elkarrizketa

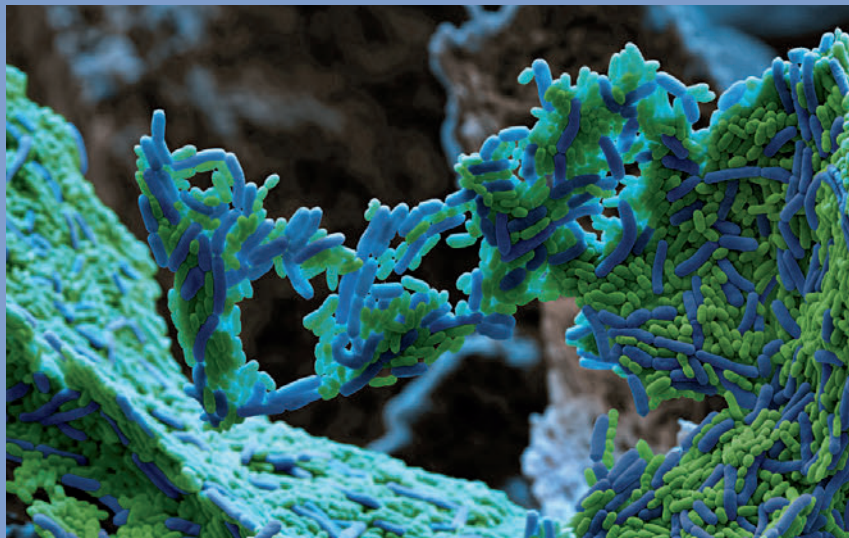


Gorputzean zelula baino hamar aldiz bakterio gehiago ditugun ustea ezeztatu dute

Askotan esaten da gure gorputzean giza zelulak baino hamar aldiz bakterio gehiago ditugula. Bada, ikerketa berri baten arabera, proportzio hori nahiko urrun dago benetakotik. Israelgo eta Kanadako ikertzaile batzuek BioRxiv atarian argitaratu dituzten kalkulu berriek diote bakterio eta giza zelulen arteko proportzioa

Masari dagokionez, berriz, zelula guztien masaren ia hiru laurden muskulu- eta gantz-zelulei dagokie.

Zelulak baino 10 aldiz bakterio gehiago ditugun ustea Thomas Luckey mikrobiologoak 1972an egin-dako zenbatespen batetik dator. Baina, ikerketa berri honen arabera, bakterioen kopuruak oso puztuta zeuden Luckeyren kalkuluetan. Esaterako, ikertzaileek azpimarratu dute hesteetako bakterio kopurua kalkulatzean oso goitik jo zuela Luckeyk. Gorrotz gramo batean 0,1 bilioi bakterio daudela jo zuen, eta hori estrapolatu zuen digestio-hodi osora, eta hestee-tan 100 bilioi bakterio ditugula kalku-latu zuen. Orain ordea, ikertzaileek kontuan izan dute bakterioen kon-tzentrazioa oso desberdina dela digestio-hodian zehar; gehienak ko-lonean bizi dira. Gainera, azken iker-



Txantxarraren bakterioak. ARG.: BASF SE.

1:1etik gertu dagoela, alegia, oso an-tzekoak direla bien kopuruak.

Beste hainbat ikerketatako datuak erabiliz egin dituzte kalkuluak. 70 kg, 1,7 m eta 20-30 urteko erreferen-tziazko pertsona batek, batzaz beste, 30 bilioi giza zelula eta 39 bilioi bak-terio dituela kalkulatu dute. Giza ze-lulen gehiengoa odoleko globulu go-riek osatzen dute, % 90 inguru.

ketetako datuek diotenez gorotz laci-netan ere Luckeyk uste zuena baino bakterio gutxiago dago.

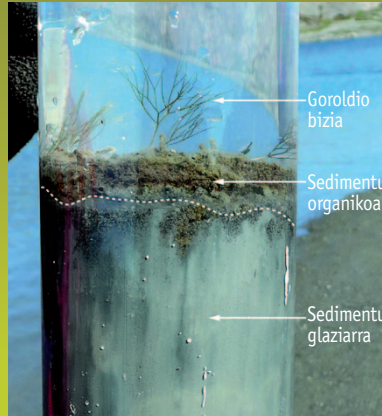
Kalkulu guztiak egin ondoren, bak-terioak eta giza zelulak 1,3:1 propor-tzioan daudela ondorioztatu dute oraingoan. Ziurgabetasuna eta alda-kortasuna handiak direla ere aitortu dute, baina, edonola ere, ziur daude benetako proportzioa 10:1etik oso urrun dagoela.

Antropozenoa garai geologiko izendatzeko ebidentziak bildu dituzte

Hemendik milioi urte batzuetara Lurraren historiaren erregistro geologikoari begiratuko baliote, giza garai baten ebidentziarik ikusiko ote lukete? Eta, gizakiok erregistro geologikoan utzitako aztarnak, garai geologiko bat izendatzeko adinakoak al dira? *Science* aldizkari zientifikoak argitaratu berri duen artikulua araberak, datu asko dago ideia horren alde. Giza jarduerak marka handia eta iraunkorra utzi du Lurrean, garai geologiko berri baten modura izendatzeko adinakoa.

Aspaldian ari dira zientzialariak frogatu nahian Antropozeno deritzon garaia erregistro geologikoan identifika daitekeen fenomeno geologikoa dela. Antropozenoaren Lantaldea sortu zuten mundu osoko hainbat ikertzailek, helburu argi batekin: garai geologiko berri hori definitzea. Aurtengo udan dute, gainera, hitzordu garrantzitsua: Hegoafrikan izango den Geologiaren Nazioarteko Kongresuan aurkeztu behar dute azken txostena.

Antropozenoaren Lantaldeko kide eta EHuko ikertzaile eta Estratigrafia eta Paleontologiako irakasle den Alejandro Cearreta geologoak sinatu du, beste hainbat ikertzailearen artean, *Science* aldizkariako artikulua. Cearretak eta gai-



ARG.: J. P. BRINER

nerako geologoek azken 11.700 urteotan bizi dugun garai geologiko ofizialeko —Holozenoko— eta Antropozenoko erregistro sedimentarioaren ezaugarriak alderatu dituzte. Ikertzaileen arabera, material berrien hedapenak markatzen du Antropozenoa, eta gizakiok sortutako produktuen geruza estratigrafikoa utzi du jada planetako ekosistema guztietan: hala nola plastikoa, zementua, aluminioa eta arma nuklearren isotopo erradiaktiboak. Antropozenoaren markatzaileak dira, halaber, hidrokarburoak erretzearen ondorioz sortutako erraustsak, ongariak eta pestiziden nitrogeno- eta fosforo-maila handia, berotegi-efektua eragiten duten gasen isurtze handiak,

eta espezie inbaditzaileen inoiz ez bezalako mundu mailako hedapena.

Antropozenoaren hasiera finkatzeko eztabaida ugari izan da azken urteotan: batzuen ustez, Neolito garaian hasi zen, gizakiak animaliak etxekotu eta landareak beren mesederako erabiltzen hasi zirenean; beste batzuen ustez, Amerikako kolonizazioarekin hasi zen; beste ikertzaile batzuek industria-iraultzan kokatzen dute Antropozenoaren hasiera; eta, beste batzuek, berriz, 1945. urtean, hain zuzen ere, lehenengo bonba atomikoa lehertu zenean.

Alejandro Cearreta ikertzailearen ustez, "lan honekin, Antropozenoaren garaia hasiera markatzen duten hipotesi posible guztietatik XX. mendearen erdialdeko bizkortze handiaren alde azaldu da nabarmen Antropozenoaren Lantaldea, nahiz eta ez duten lantaldeko kide guzti-guztiekin bat egiten. *Science* aldizkariako artikuluan ideia horretan sakondu da, eta hori izango da Antropozenoaren Lantaldeak bere azken txostenean egingo duen proposamena".

Hortaz, Estratigrafiaren Nazioarteko Batzordeak proposamena onartuko balu, historian jaurti den lehen bonba nuklearraren leherketa sarraski askoren hasiera izan zen bezala, aro geologiko berri batena ere izango litzateke. ●

Giza ehun artifizialak egiteko euskarri hobeak nola egin proposatu dute

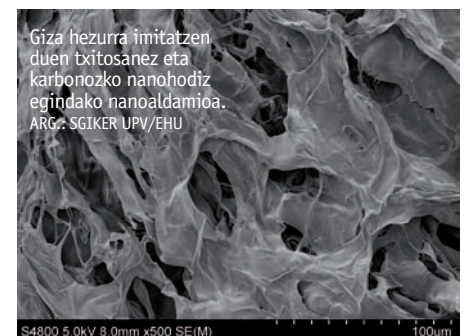
Giza ehun artifizialetan oxigenoa eta elikagaiak hobeto garraiatzeko estrategia berri bat proposatu dute EHuko eta Oxfordeko Unibertsitateko ikertzaileek. Ehunak egiteko euskarrien egituran dago gakoa.

Organo eta ehun artifizialak egiteko nanoaldamioak erabiltzen dira zelulak hazteko euskarri gisa. Eta erronka handienera bat da zelulek funtzionatzeko behar duten oxigenoa eta elikagaiak ongi garraiatzea aldamioren horretan zehar. "Aldamioak ehun hondatua ordeztu behar den lekuan jartzen dira; adibidez, pazienteak hezur zati bat galdu badu, hezuraren propietateak imitatzen dituen aldamioren batekin betetzen da zuloa. Aldamio ho-

rietan, zelulak modu naturalean hazten dira, hazkuntza faktoreek lagunduta batzuetan" azaldu du Eneko Axpe ikertzaileak. Arazoa da, ordea, ehunetako zelulak kopurua izugarria dela (ehun gramoko 1.000 milioi zelula gutxi gorabehera), eta "zelula guztiek arnasa hartu eta elikatu egin behar dute. Bestela, hil egiten dira, eta ez da ehun berririk sortzen".

Bada, Axpek eta kideek ondorioztatu dute oxigenoa eta nutrienteak ongi garraiatzeko gakoetako bat aldamioren molekulen arteko hutsuneak direla. Proposatzen duten estrategia da tarte horiek handitzea, horrek oxigenoa eta elikagaiak hedatzea errazten baitu. Hori baieztatzeko txitosan izeneko biopoli-

meroz egindako aldamiok erabili dituzte. Txitosanari karbonozko nanohodiak gehitu dizkiote; horri esker, molekulen arteko hutsuneak nahierara alda ditzakete. ●



Zesareaz jaiotako haurren mikrobiota partzialki berreskuratzea lortu dute

Jaioberriek amaren baginako jariakinekin izaten duten hartu-emanen eten egiten da zesarea bidez jaiotzen direnean. Ondorioz, ez dute garatzen jaioberrien- gano ohikoa den mikrobiota. Hasierako bakterio-komunitateek haurraren sistema immunearen eta digestioaren garapenean duen garrantzia ikusita, horretan eragiteko modua bilatzen aritu dira ikertzaileak. Pasa den astean *Nature Medicine* aldizkarian argitaratutako ikerketaren arabera, lortu dute mikrobiota hori partzialki berreskuratzeko modu bat: zesarea bukatutakoan haurra amaren baginako bakterioekin garbitzea.

Jaio arte, haurrak bakteriorik gabeko ingurune batean garatzen dira. Amaren kanal baginaletik pasatzen direnean izaten dute lehenengo hartu-emanen bakterioekin. Une horretan, baginako bakterioetan bainatzen dira: azalean itsasten zaizkie, ahotik sartzen zaizkie... Horrela, baginako bakterioek haurraren azala, aho-barrunbea eta hesteak kolonizatzen dituzte, eta, moduren batean, haurraren mikrobiotaren lehenengo hazia bihurtzen dira, haurraren sistema immunearen eta digestioaren garapenean zuzenean eragiten baitute.

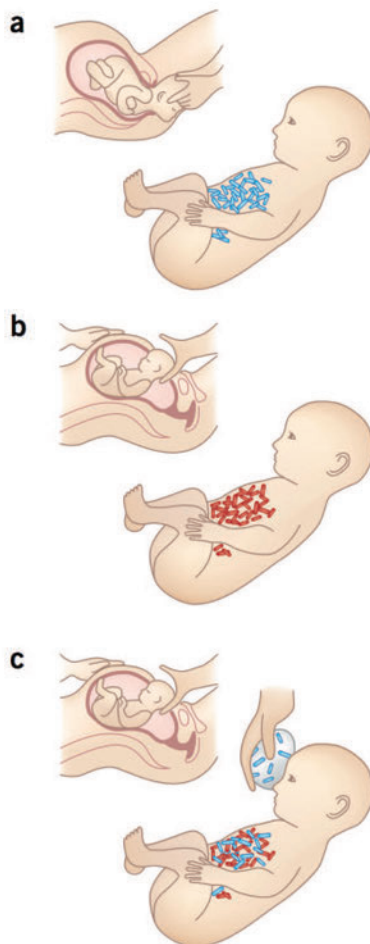
Zesarea bidez jaiotakoek, ordea, ez dute amaren baginako jariakinekin hartu-emanik, eta hori hesteetako floran islatzen da. Ez dituzte apenas izaten baginatik jaiotako haurrengan ohikoak diren *Bacteroides* eta *Lactobacillus* generoak. Mikrobiota desberdina garatu izana egon daiteke, ikertzaileen iritziz, zesarea bidez jaiotako hainbat haurrek gerora garatzen dituzten gaixotasun metabolikoen eta immunologikoen oinarrian.

Hori ikusita, amaren baginan gasak jarri, eta zesarea bidez jaiotako haurrak gasa horiekin garbitu dituzte jaio eta berehala. Aurpegitik, ahotik eta gorputz osotik pasa dizkiete. Emaitzek argi erakutsi dute haurtxoei bide arruntetik jaiotako haurren antzeko mikrobiota lortu dutela jaio eta handik hilabetera.

Ikertzaileek onartu dute baginako bakterioen transferentzia ez dela erabatekoa izan eta metodoa findu beharra da goela, baina argi utzi dute zesarea baten ondoren haurrak bakterio horiekin harremanetan jartzearen garrantzia. Izan ere, baginako bakterioek emakumeen-

gan oinarritzko funtzioa dute: infekzioen aurkako babesa. Baina, ikertzaileen arabera, baginako bakterioek badute bigarren zeregin bat, lehenengoa bezain garrantzitsua: seme-alaben geroko mikrobiota garatzen laguntzea.

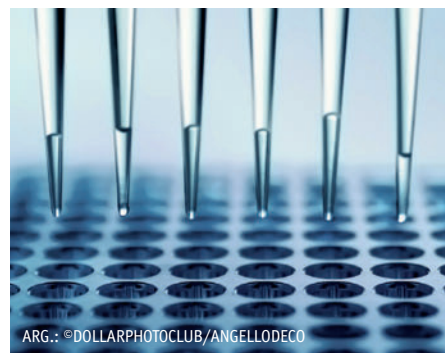
Hortaz, erditze-motak seme-alaben profil bakterianoa baldintzatzen du. Hala ere, onartu dute ez dela faktore bakarra: zesareak, haurdunaldian hartutako antibiotikoak eta amaren bularra beharrezkoak formulako esnea hartzea dira haur jaioberrien mikrobiomaren garapen naturala aldatzen duten faktore ohikoenak. ●



Irudian ikus daiteke jaio eta handik hilabetera azaltzen den mikrobioma: erditze arruntetik jaiotako haurretan (a), zesarea bidez jaiotakoetan (b) eta zesarea bidez jaio, baina amaren mikrobiotaz inolakulatutako haurretan (c). Partzialki berregokitu dela ikusten da.

Toxikotasun-azterketetarako ez da beharrezkoa animaliak erabiltzea

Konposatu kimikoen toxikotasun-maila iragartzeko ez da animalietan probatu beharrik, nahikoa zelulak erabiltzea. Ondorio horretara iritsi dira Estatu Batuetako NIH (National Institutes of Health) erakundeko ikertzaileak, *Nature Communications* aldizkarian argitaratu dutenez.



Pestizida, industriarako konposatu kimiko, elikagaietarako gehigarri, botika eta gisa horretako substantziek giza-kientzat eta animalientzat duten toxikotasuna aztertze ohikoa da animalietan in vivo azterketak egitea. AEBko hainbat erakunde publikok bultzatutako Tox21 proiektuaren helburua da azterketa horiek egiteko metodo hobeak garatzea. Horretarako 10.000 konposatu kimiko inguru aztertu dituzte giza zeluletan oinarritutako hainbat in vitro esperimentutan. Eta esperimentu horietatik ateratako datuak konposatu kimikoen egiturari buruzko informazioarekin elkartuta, gai izan dira substantzia horien toxikotasun-ereduak egiteko.

Gainera, emaitza horiek animaliekin egindako ikerketetako emaitzekin eta gizakientzako ezagunak diren datuekin konparatuta ikusi dute toxikotasun-eredu berri hauek ongi iragartzen dutela toxikotasun-maila. Oraindik esperimentu gehiago egitea derrigorrezkoa dela aitortu dute ikertzaileek, baina proposatzen duten zeluletan oinarritutako in vitro teknika hauek erabili daitezkeela toxikotasun-azterketetan, eta bali dezakete la erabakitzeke zein substantziek behar dituzten test toxikologiko sakonagoak. ●

Zika birusaren hedapenari eta ondorioei neurria hartu nahian



Aedes aegypti eltxoa, pertsona bati heltzen.
ARG.: JAMES GATHANY/CDC.

Munduko Osasun Erakundeak Zika birusarengatik mundu-mailako larrialdi egoera ezarri du. Izan ere, infekzioak izugarri ari dira hedatzen, bereziki Amerikako eremu tropikaletan, eta, horrekin batera, asko areagotu dira mikrozeftalia-kasuak jaioberrian, eta Guillain-Barré sindrome-kasuak.

Brasilen, adibidez, mikrozeftaliarekin jaiotako 4.000 haur inguru zenbatu dituzte iazko urritik hona; 2010etik 2014ra izan zirenak baino 20 aldiz gehiago. Guillain-Barré sindromeak, berriz, kalte neurologiko larriak eragin ditu zenbait infektatuetan. Alabaina, ez bata ez bestean, birusaren eta gaitzaren arteko erlazioa ez dago frogatuta, eta hori da, hain justu, osasun-agintarien kezketako bat.

Bestelakoan, Zika birusak eragiten dituen sintomak nahiko arinak dira, eta kasu askotan asintomatikoa da. Gehien bat, izan duen hedapen azkarraz kezkaten ditu adituak. *Aedes aegypti* eltxoaren bidez transmititzen da (dengea eta sukar horia kutsatzen dituen berbera), eta, beraz, hura kontrolatzeko neurriak dira orain lehenetasun nagusi. Ez da erraza, ordea, eltxo hori oso ugaria baita klima tropikaleko herrialde guztietan, eta eguraldia ere lagun du azkenaldian, ur geldotan bizi baita. El Niño era-gindako uholdeek utzitako putzuak ez dira lehortu, eta euria egiten jarraitzen du. ●

Alzheimerrak eragindako oroimen-galera eragozteko mekanismo gako bat identifikatu dute

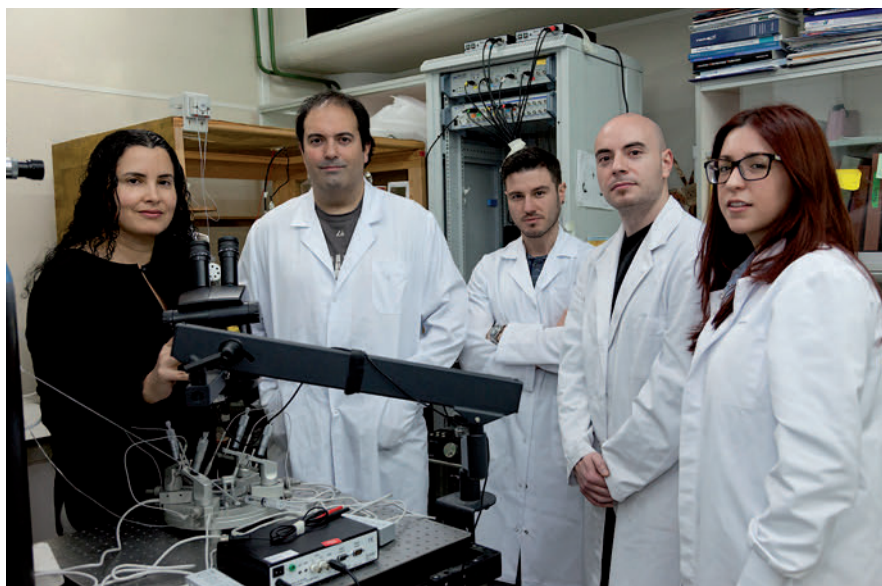
Alzheimer gaitzean oroimen-galera eragiten duen aldaketa bat identifikatu dute neuronen arteko sinapsietan gaur egun Biofisika Unitateko kide den Shira Knafo doktoreak eta haren taldeak. Eta, are gehiago, saguetan egindako esperimentu batean, aldaketa horretan eraginda, saguek oroimenari eustea lortu dute.

Knaforekin batera, Severo Ochoa Biologia Molekularreko Zentroko eta Espainiako Urrutiko Hezkuntzarako Unibertsitateko ikertzaileak aritu dira

frogatu dute proteina horrekin lotutako mekanismoa deskontrolatu egiten dela alzheimerrean.

Zehaztu dutenez, alzheimerrean agertzen den beta-amiloideak behar baino PTEN gehiago igortzen du sinapsietara, eta, horren ondorioz, neuronen arteko plastizitate-mekanismoak desorekatu egiten dira. Horrek ekartzen du, hain justu, oroimena galtzea.

Hortik abiatuta, oroimen-galera eragozteko estrategia bat proposatu dute ikertzaileek: PTEN proteina sinapsieta-



Shira Knafo eta haren lantaldeak alzheimerrean gertatzen den oroimen-galera eragozteko estrategia molekular bat garatu dute. ARG.: IKERBASQUE.

lanean, eta *Nature Neuroscience* aldizkarian argitaratu dute ikerketa. Hain zuzen, 2010. urtean, oroimen-prozesuetan parte hartzen duen proteina giltzarri bat identifikatu zuten Severo Ochoa zentrokoek: PTEN proteina. Orain, Knafo gidatutako ikerketan,

ra iristea galarazten duen tresna molekular bat garatu dute. Saguetan probatu dute, eta baieztatu dute, horren bidez, neuronak beta-amiloideekiko erresistente bihurtzen direla eta saguek oroimenari eusten diotela. ●

Ostiraletan, 22:00etan
Larunbatetan, 15:00etan

Antartikako onddoek Marteko kondizioetan biziraun dute ISSn



EXPOSE-E plataforma, ISSaren Columbus moduluan.

Urte eta erdiz Nazioarteko Espazio Estazioan (ISS) Marteren antzeko kondizioetan egon ondoren, Antartikako onddo batzuek bizirik irautea lortu dutela baieztatu dute. *Cryomyces antarcticus* eta *Cryomyces minteri* ziren onddo horiek, eta, jakinarazi dutenez, hemezortzi hilabete muturreko kondizioetan igaro ondoren, onik zituzten zelulen % 60.

Beste bizidunik ez dagoen lekuan bizirauteko gai dira onddo horiek, baina ikertzaileek jakin nahi zuten iraungo ote zuten Marteren antzeko kondizioetan ere. Horretarako, ISSra eraman zituzten, eta Columbus modulua kanpoaldean dagoen plataforma batean jarri zituzten. EXPOSE-E izena du plataforma horrek, eta astrobiologiako esperimentuak egiteko diseinatuta dago.

Onddoak CO₂-an aberatsa zen atmosferan egon dira, ia batere urik eta oxigenorik gabe eta 1.000 pascaleko presioan. Iragazki optikoak erabilia, Marteren pareko erradiazio ultramorea jaso zuten. Eta, hala ere, haien zelulen % 60k ondo zuten DNA, inolako aldaketarik gabe. Aurretik beste espezie batzuekin egindako ikerketetan ere, neurri batean muturreko kondizio horietan irauteko gai direla frogatu dute. Astrobiology aldizkarian argitaratu dituzte esperimentu honen emaitzak; ikertzaileen esanean, esperimentuak datu oso baliagarriak eman ditu, Marten bizidunen arrastoak bilatzeko.

Eta Interneten:
<http://norteko.elhuyar.eus/>

**Zientzia
eta teknologia**
Euskadi Irratiaren
sintonian,
Guillermo Roaren
eskutik



NORTEKO FERROKARRILLA





CERNeko Alpha esperimentuan antihidrogenoa sortu eta haren propietateak ikertzen ari dira. ARG.: CERN.

Antihidrogenoak karga neutroa duela baieztatu dute

Antihidrogenoaren karga elektriko neutroa dela baieztatu dute CERNeko ikertzaileek. Orain arte baino 20 aldiz zehatzago neurtzea lortu dute. *Nature* aldizkarian argitaratu dituzte emaitzak.

Fisikako Eredu Estandarraren arabera, antimateriak eta materiak kontrako karga dute. Esaterako, hidrogeno atomo bat (materia) elektroi negatibo batez eta protoi positibo batez osatua dago; beraz, karga neutroa du. Teoriak dio antihidro-

geno atomo bat positroi positibo batez eta antiprotoi negatibo batez osatua dagoela; beraz, honek ere karga neutroa izan behar luke. Baina Eredu Estandarrak dio, baita ere, Big Bang-ean materia eta antimateria kantitate berean sortu zirela, eta oraingoz dakigunaren arabera, hori ez da betetzen; unibertsoan askoz materia gehiago dago. Horri azalpena emateko, materiaren eta antimateriaren propietateak konparatu nahian dabilta fisikariak. Adibidez, kargak benetan diren guztiz kontrakoak, edo proportzio jakin batean bakarrik.

Duela gutxitik, CERNeko Alpha esperimentuan gai dira antihidrogenoa sortzeko. Positroiak eta antiprotoiak elkartzen dituzte, eta tranpa magnetiko batean harrapatu. Eredu elektriko batean jartzean nola jokatzen duten aztertu dute orain, eta horrela baieztatu dute karga neutroa dutela.

Dena den, esperimentuaren helburu nagusia espektrometria bidez antihidrogenoaren propietateak aztertzea da, hidrogenoarekin hobeto konparatu ahal izateko. Lehenengo neurketak aurtur egitea espero dute. ●

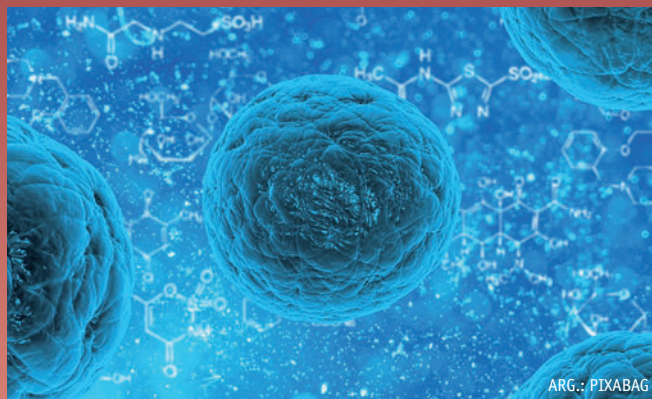
Zelula ama kapsulatuak botika modura

EHUko NanoBioCel taldeko ikertzaileek zelula amak botika modura erabiltzeko sistema bat garatu dute, haien funtzionalitatea eta potentzial terapeutikoa hobetzen lagundu dezakeena. Oraindik hasieran dagoen tratamendu-mota da zelula amak botika modura erabiltzen dituen, baina gaur egun tratamendu eraginkorrik ez duten gaixotasun kronikoak tratatzeko baliagarri izango direla uste dute lan horren arduradunek.

Botika horiek zelula amak biomaterial batean immobilizatuta izaten dituzte eta, handik, zelula amek balio terapeutikoa duten substantziak libera ditzake-

te denbora-tarte luzeetan. NanoBioCel taldeko ikertzaileek D1 motako zelula ama mesenkimalak erabili dituzte, genetikoki eraldatuta zeudenak, eritropoietina (EPO) jaria dezaketelako. Botika honen bidez, globulu gorrien sorrera estimulatzea dute helburu.

NanoBioCel taldeko ikertzaileen nahia zelula amak garraiatzeko eta ezartzeko sistema egokiak diseinatu eta garatzea da. Izan ere, oraindik berria den arren, gero eta indar handiagoa hartzen ari dira zelula amak botika modura erabiltzen dituzten tratamenduak, baina badute hobetu beharra. Zelula amen iraupena hobe-



ARG.: PIXABAG

tzea izan da EHUko ikerketa honen helburua.

Horretarako, EPO jariatzen duten zelula amak mikrokapsuletan immobilizatu dituzte eta itsasteko gaitasuna duen peptido bat gehitu dute, zelulen biziraupena handitu nahian. In vitro saioen emaitzek erakutsi dute itsaste-peptidoen erabilerak kapsulatutako zelula amen aktibitatea hobetzen

duela eta EPO gehiago jariatzen dutela.

Mikrokapsulok saguetan implantatu dituztenean, oraingoz ez dute alderik nabaritu peptidoaz zein peptidorik gabe immobilizatutako zelula amen aktibitatean, baina bai ziurtatu ahal izan dute zelula amek bizirik irautea dutela eta EPOren jariatzea denboran zehar handitzen joan dela. ●

BLA BLA BLA BLA BLABLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
BLA BLA BLA BLA BLABLA BLA BLA BLA BLA BLABLA
FEMINISMOA ETA EUSKALGINTZA: BI BORROKEN
ARTEKO HURBILKETA XUMEA BLA BLA BLA LA
BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
ALDAKETA NAFARROAN BLA BLA BLA BAL
BLA-BLA BLA BLA BL-BL-BL-BLAAA BLA BLA
BLA BLA BLA BLA BLABLA BLA BLA BLA BLA BLA
BLA BLA BLA BLA BLA **KLIMA ALDAKETA** A
BLA BLA BLA BLA BLABLA BLA BLA BLA BLABLA
BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
GARAI KONPLIKATUAK EUROPAKO EZKERRENTZAT
BLA BLABLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
LOMCE, HEZKUNTZA HANKAZ GORA BLA BLA BLA
BLABLA BLA BLA BLA BLABLA BLA BBLA BLA
BLABLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA LA BLA
BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA
BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA BLA

HAUTATZEN DAKITENENTZAT

9,95€

Eskura ezazu!

943 371545

www.argia.eus/denda - denda@argia.eus

**ARGIAren asteroko harpidedunak
doan jasoko du postaz**



Hizkuntza arau unibertsalen arabera antolatzen da garunean



Hizkuntzak ulertzeko neurona-zirkuitu berak erabiltzen dira hizkuntza denetan, idatziz zein ahoz jasota ere. ARG.: WOODLEYWONDERWORKS/CC-BY.

Txinera, hebreera, ingelesa eta gaztelania hitz egiten duten pertsonen garunak aztertuta, frogatu dute, idatzizko zein ahozko hizkuntza ulertzean, garuneko gune berberak erabiltzen direla hizkuntza guztietan. Nazioarteko ikerketa bat izan da, eta tartean BCBL-ko (Basque Center on Cognition, Brain and Language) Kepa Paz-Alonsok parte hartu du.

Ikertzaileek aipatu dutenez, aztertutako lau hizkuntzak oso desberdinak dira elkarren artean: ingelesa eta hebreera ez bezala, gaztelania idazten den bezala irakurtzen da, eta txinerak alfabeto logografikoa du, hau da, ikur bakoitzak hitz oso bat adierazten du. Hala eta guztiz ere, garunak neurona-zirkuitu berberak erabiltzen ditu lauak ulertzeko.

Gainera, arau unibertsal hori idatzizko eta ahozko esaldiak gertatzen da, eta hori ere nabarmendu dute ikertzaileek, garunean eragin bera baitute, zentzumen desberdinekin jasotzen diren arren (begiekin irakurtzen dugu, eta entzun, berriz, belarriekin).

Horren zergatia ere azaldu dute ikertzaileek. Nonbait, haurrak txikiak direnean, entzundakoa ulertzeko garunak behar dituen egiturak eta konexioak garatzen dira; aurrerago, irakurtzen ikasteko prozesua egitura horien gainean egiten da. Horrek azaltzen du zergatik aktibatzen diren gune berak, prozesuak desberdinak izanda.

Ondorio horretara iristeko, 84 boluntarioen garunak aztertu dituzte, 21enak hizkuntza bakoitzeko, erresonantzia magnetiko funtzionalaren bidezko neuroirudigintza erabilia (fMRI), eta PNAS aldizkarian argitaratu ditzute emaitzak. ●

Ordenagailu batek hizkiak lehen begiratuan ezagutzea lortu dute

New Yorkeko eta Torontoko Unibertsitateko ikertzaileek diseinatu duten algoritmo baten bidez, ordenagailuak kontzeptu berri bat ezagutzea eta harekin erlazionatutako beste kontzeptu batzuk identifikatzea lortu dute, oso adibide gutxitan oinarrituta.

Ikertzaileek zaldu dutenez, adimen artifizialeko sistemek adibide asko behar izaten dituzte kontzeptu bat

pauso nabarmena da adimen artifizialaren arloan.

Edonola ere, adimen artifizialaren arloan, beste bide batzuk ere ari dira garatzen, esaterako, neurona-sareetan oinarritutakoak. Gorka Azkune ikertzailearen esanean, azken horiek, oraingo, programa bayesiarrak baino orokorragoak dira, eta informazioa errepresentatzeko era malguagoa dute.



ARG.: DANQING WANG

ezagutzeko. Adibidez, edozein zuhaitz ezagutzeko, hau da, zuhaitzaren kontzeptuaz jabetzeko, aurretik zuhaitz desberdinen milaka adibide erakutsi behar izaten zaizkie. Gizaki helduetan, hori ez da beharrezkoa: nahikoa da zuhaitz bakar bat edo gutxi batzuk ikustea, zuhaitzaren kontzeptua ulertzeko, eta edozein zuhaitz identifikatzeko.

Orain, ordenagailuak ere hori egitea lortu dute, baina ez zuhaitzekin, hizkiekin baizik. Hala, ikasketa-programa bayesiar bat erabilia, ordenagailuak hizkiak ezagutzeko ahalmena du, esku zein ordenagailuz idatzitakoak.

Hain zuzen, bi pertsonak idatzitako hizki bat aurkeztuz gero ordenagailuari, programa gai da komunean dituzten zatiak identifikatzeko, eta haien artean dauden erlazioak bereizteko. Eta, hortik abiatuta, hizki beraren bertsio pila bat identifikatzeko ahalmena du. Are gehiago, gai da alfabeto bereko beste hizki batzuk ere ezagutzeko.

Science aldizkarian argitaratu dute ikerketa, eta, egileen arabera, aurrera-

Azkuneren iritziz, New York eta Torontoko ikertzaileek garatutako programa horrek emaitza bikainak lortzen ditu ataza oso zail batean (*one shot learning* edo adibide gutxiarekin ikastea), baina arazo jakin bati erantzuteko diseinatu dutela dio, hizkien sailkapena hain zuzen ere. "Hortaz, neurri batean, normala da ondo funtzionatzea".

Dioenez, ordea, ez daki nola erantzungo zukeen arazo konplexu baten aurrean. "Egileek jada aurreratzen dituzte arazo horiek artikuluan, beraz ikusi beharko ditugu haien lanaren emaitzak. Neurona-sare sakonak, berriz, zerotik abiatzen dira, eta kasu askotarako balio dute, orokorrak dira. Lenguai naturala, irudiak... ia edozein informazioren gainean funtzionatzen dute". Horrenbestez, ez da harritzekoa izango bide horretatik ere aurrerapauso nabarmenak etortzea adimen artifizialaren arloan. ●

Albiste gehiago
webgunean



LEIRE GARTZIA RIVERO

Kimikaria

“Helmugara iritsi zarela uste duzunean, urrundu egiten da”

ANA GALARRAGA AIESTARAN
Elhuyar Zientzia

Leire Gartzia Riverok gogoan du zerk bultzatu zuen Kimika ikastera: “Hemezortzi urterekin, justu unibertsitatean zer ikasi aukeratu behar nuenean, upategi batera joan nintzen gurasoeekin, eta txundituta geratu nintzen enologoaren azalpekin. Enologo izateko zer ikasketa egin behar diren galdetu nion, eta esan zidan bi bide zeudela: bat Kimika ikasita, eta bestea, Nekazal Ingeniaritza. Kimikak gehiago erakarri ninduen, eta halaxe hasi nintzen”.

Eta gustuko izan zuen, nonbait, azkenean, enologia ahaztu eta ikerketa-munduan sartu baitzen. Hain zuzen, karreraren azken urteetan, nanoteknologiaren berri izan zuen, eta ikerketa zer den ere ezagutu zuen. Material berrien masterra egin ondoren, Espektroskopia molekularreko taldean hasi zen, Fisi-kimika sailean, eta han tesi bat egitea proposatu zioten: “Tesiaren gaia izugarri interesatu zitzaidan. Nanomaterial lumineszente baten inguruan ikertzeko zen, eta material horren berezitasuna da zelula fotovoltaiakoen eraginkortasuna hobetzeko erabil daitekeela”.

NATURA, INSPIRAZIO-ITURRI

Tesiaren abiapuntua hori bazen ere, azkenean hainbat aplikazio izan ditzaketen nanomaterialak sortu dituzte. “Behar bada interesgarriena da landareen sistema naturaletan oinarrituta daudela”, nabarmendu du Gartziak. “Apu bat paradoxikoa da, naturan oinarritu baikara nanoteknologiari bultzada bat emateko. Azken finean, nanoteknologia naturan oso presente dago, baina orain dela gutxi arte ez gara konturatu. Ez da harritzekoa gaur egungo zientzialari askoren tentazioz handienetako bat naturan dauden mekanismoak erreproduzitzen saiatzea izatea, hain dira eraginkorrak eta perfektuak”.

Ikuspegi hori, materialetan ez ezik, giza gorputzean ere oso baliagarria dela iruditzen zaio Gartziari. “Azkenaldian, nanomedikuntzak indarra hartu du, eta finantziarioa ere horretara bideratzen da”. Arlo hori, gainera, asko interesatzen zaio: “Aplikazioa gizartearentzat benetan onuragarria dela jakiteak asko betetzen nau”.

Bere ustez, baditu aukerak bide horretatik jotzeko, izan ere, erabiltzen duten fluoreszentziazko mikroskopioa oso aproposa da labin biologikoak aztertzeko. “Oinarri biologikoa falta zaigu, baina beste talde batzuekin lankidetzan aritzen gara; hortaz, gure ikerketa diziplinartekoa da”, azaldu du Gartziak.

Orain, Eusko Jaurlaritzaren doktoretza-ondorengoko beka bat lortu du, eta horrek aukera emango dio atzerrian ikertzeko. Gustura dagoen arren, ez du ezkutatu batzuetan gogorra egiten zaiola hartu duen bidea: “Helmugara iritsi zarela uste duzunean, urrundu egiten da, eta berriro egin behar duzu hara iristeko ahalegina”. Eta emakumeek are ahalegin handiagoa egin behar dutela iruditzen zaio: “Ostaizkari gertatutakoa adibide garbia da. Ez da bidezkoa”.

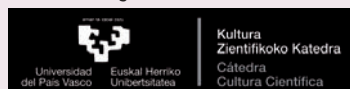
Ostaizka Aizpuruaren
elkarrizketa irakurtzeko



SAREAN+

Leire Gartzia Rivero
(Gernika-Lumo, 1986) 2009an
lizentziatu zen Kimikan, EHUn.
Jarraian, masterra egin zuen material
berrietan. Doktoretza aurreko Eusko
Jaurlaritzaren beka lortu zuen,
Espektroskopia Molekularreko taldean
ikertzeko, eta 2014ko abenduan
irakurri zuen tesia. 2015ean lanean
jarraitu du ikerketa-talde berean.

UPV/EHU Kultura Zientifikoko Katedraren
lankidetzan egindako atala.



ARG.: LEIRE GARTZIA



IGOR LETURIA AZKARATE
Informatikaria eta ikertzailea

Berriki jakinarazi dute lehenbiziko aldiz gai izan dela makina bat Ekialde Urrunean oso ezaguna den Go izeneko mahai-jokoko jokalaria profesional bati irabazteko. Lehenengo aldia da horrelako joko batean gizakiak gaitztea lortzen dena ikasketa automatiko deritzen metodoekin. Baina ez da azkena izango.

AlphaGo

muga berriak gaitzitzen ikasketa automatikoaren bidez

Makinei adimena emateko bidean, hau da, [adimen artifiziala](#) lortzeko bidean, ohikoa izan da konplexutzat eta soilik giza burmuinak egiteko modukotzat jo izan diren atzetan edo jokoetan gizakiei irabaziko dieten makinak, programak edota teknologiak asmatzen saiatzea. Hala joan dira erortzen banan-banan, aurrez gaitzietzen ziruditen hainbat muga, eta ordenagailuak giza-gaitzitzen joan dira hainbat jokoetan: [hiruko artzain-jokoan](#), [jada 1952an lortu zuten partida perfektuak egin eta gutxienez berdinketa ziurtatzeko gai zen OXO makina](#); [dama-jokoan](#), [Chinook programak inoizko jokalaria onenari irabazi zion, 1994an](#) (eta gutxienez berdinketa ziurtatzen duen partida perfektua egiteko gaitzatea lortu zuten 2007an); eta [xakean](#), [IBMren Deep Blue makinak inoizko jokalaririk onentzat jotzen den Garry Kasparovi irabazi zion, 1997an](#).

[Go joko](#) zen makinek gaitzitu beharreko hurrengo erronka. Gurean ezezagun samarra bada ere, Txinan eta Japonian oso hedatua dago, eta 40 milioi jokalaria baino gehiago ditu munduan. 19x19 laukiko taula batean jokatzen da: fitxa beltzak eta zuriak kokatu behar dituzte bertan bi jokalarik, besteen fitxak irabazten joateko eta besteak baino fitxa gehiagorekin amaitzeko. Partida batek hainbat egun ere iraun ditzake, baina, profesionaletan, 16 ordura mugatzen dituzte partidak. Kalkulatzen da Go jokoan 2×10^{170} inguru konbinazio posible gerta daitezkeela, unibertsoan kalkulatzen diren atomo-kopurua-ren karratua baino gehiago! Eta xakean baino gutxienez 10^{100} aldiz konbinazio gehiago! Konplexutasun hori dela eta, ikertzaileek ez zuten lortzen Go jokoan jokalaria profesionali irabaziko zien programarik egitea. Iazko urrira arte. Orduan, [Google-aren AlphaGo sistemak lehenbiziko irabazi zion Go jokalaria profesional bati](#).

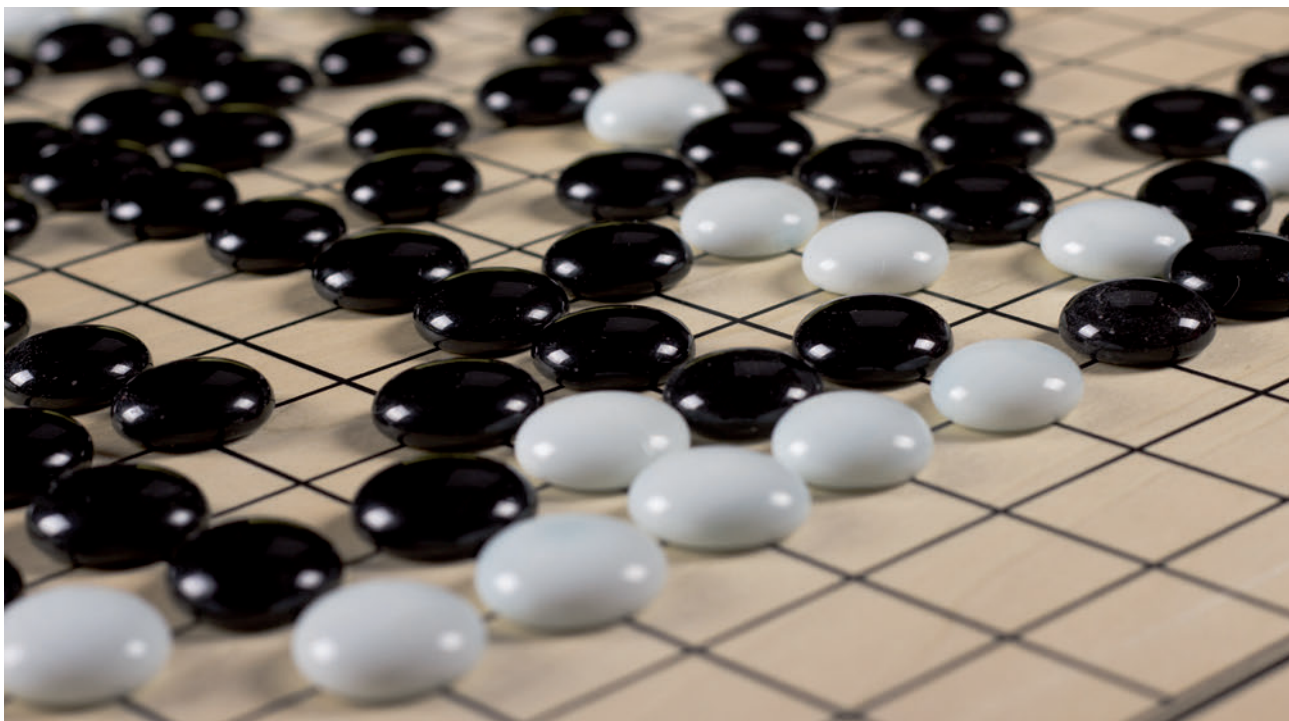
IKASKETA AUTOMATIKOA

Problemak ebazteko hainbat modu erabili izan dira informatikaren historian. Modurik sinpleenean, gizakiek zuzenean kodetzen dituzte, programa batean, egoera bakoitzean baldintzen

arabera hartu beharreko erabakiak edo egin beharreko jokaldiak. Horrek problemarik errazentzat besterik ez du balio, baina, ordenagailuen hastapenetan, ez zegoen besterik egiterik. Hala ere, [hiruko artzain-joko](#) eta [beste zenbait gaitzietzeko balio izan du](#).

Beste metodologia bat “brute-force search” deritzona da, hau da, “indar basatizko bilaketa” edo bilaketa konbinatorioa edo sakona. Horren bidez, aztertzen da partidaren une bakoitzean aukera posible guztiek nora eraman lezaketen. Baina jokoaren konplexutasunaren arabera, ezin dira joko irabazteko aukera nahikoak aztertu edo ezin da beharrezko sakonera minimora iritsi. Adibidez, 4 jokaldiren sakonerara iristeko milioi bat aukera aztertu behar dira; 8 jokaldiren kasurako, bilioi bat aukera; 12rako, trilioi bat... Hala ere, halako sistemak asko erabili izan dira, eta arrakastarekin, gainera. [Deep Blue](#)ek, finean, metodo hori erabiltzen zuen. Baina Go jokorako sistema horrek baditu mugak; izan ere, une bakoitzean 250 jokaldi posible inguru egin daitezke.

Horregatik, azkenaldian, honelako jokoak (bai eta bestelako problema konplexu asko ere, adibidez, hizkuntza- eta ahots-teknologiaren arloko asko) ebazteko gehien erabiltzen den sistema [ikasketa automatikoa](#) da. Ikasketa automatikoan metodologia ezberdin asko batzen dira, funtzionamendu bera dutenak: datu-egitura jakin batzuk daude, zeinak sarrera batzuk emanik irteera batzuk ematen dituzten; egitura horiei sarreretakako eta beharko lituzketen irteeretarako adibide asko ematen zaizkie, eta algoritmo batzuen bidez, beren egitura egokitzen dute lortu nahi diren irteera horiek emateko. Adibidez, xakean, sarrerak taularen egoerak izan daitezke, eta irteerak, egoera horietarako jokalaririk onenak. Datu-egiturak sarrera horien aurrean irteera horiek emateko egokitzea lortzen bada, gai izango dira, gehienetan, erantzun optimoa emateko aurrez inoiz erakutsi ez zaizkien egoera berrietan ere.



Go jokia oso zabaldua dago Japonian eta Txinan. Xakean baino 10.100 aldiz konbinazio gehiago daude gutxienez. ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/LENZENDORFMARCUS

Ikasketa automatikoan, *neural network* edo neurona-sareak deritzen datu-egiturak erabili ziren hasiera batean, giza burmuinetako neuronon jokatibidea imitatzen saiatzen diren datu-egiturak. 70eko hamarkadan, adimen artifizialeko ikerketa sistema horietatik aldendu zen, baina 2000ko hamarkadaren amaieran, neurona-sareekiko interesa berpiztu zen, eta, geroztik, asko erabiltzen dira. Artikuluan mintzagai dugun AlphaGo sistema neurona-sareetan oinarrituta dago. Azken urteotako eboluzioa eta Go jokorekin lortutako emaitzak ikusita, badirudi hurrengo urteetan adimen artifizialaren inguruko ikerketak ikasketa automatikoaren bidetik joango direla.

...ETA HARAGO!

Egungo ordenagailu ahaltsuek datu-egitura edo neurona-sare konplexuagoak egitea ahalbidetu dutelako berpiztu da ikasketa automatikoarekiko eta neurona-sareekiko interesa. Neurona-sareen kasuan, zehazki, orain neurona artifizialak geruza ugaritan bana daitezke, entrenatu edo ikasteko askoz datu gehiago erabil daitezke eta arazo konplexuei soluzioa eman dakieke. *Deep neural network* edo neurona-sare sakonak deitzen zaie horrelakoei, eta horrelako bat erabiltzen du AlphaGok.

Baina Go jokorako horrelako neurona-sare sakon bat gizakien 30 milioi jokaldirekin entrenatuta ere, ez zituzten hain emaitza onak lortu.

Beste teknika bat ere erabili zuten, [reinforcement learning](#) izenekoa. Metodo horretan, lortutako sistema bere buruaren aurkako partidak jokatzen jartzen zuten, partida asko, eta, gero, partida horietako mugimenduak erabiltzen ziren ikasketa automatiko bidez sistema entrenatu eta hobetzeko. Eta hori behin eta berriz egin da, lortu zuten AlphaGo eraikitzea.

Horrek esan nahi duena ikaragarria da: jokalaria artifizial bat egiteko, ikasketa automatikoko sistema bat erabili da, baina ez gizakiengandik ikasteko, bere buruarengandik ikasteko baizik! Hasierako ikasketak gizakien partidetatik abiatuta egin dira. Baina funtzionatuko al luke horiek gabe ere? Hau da, hasierako makina oso naif bat edo ausazkoa eginda eta bere buruarekin partidak jokatuta ikasten eta etengabe hobetzen jarriko bagenu, emaitza bera lortuko litzaiteke? Hala balitz, ondorioak itzelak lirateke.

Edonola ere, urrian, AlphaGo sistemak azpiratu zuen jokalaria, [Fan Hui](#), Europako txapelduna izan arren 2 dan-eko jokalaria profesionala da. Martxoaren erdialdean, AlphaGo sistemak [Lee Se-dol](#) izango du aurkari, inoizko jokalaririk onenetako bat eta 9 daneko rankinga duena (dagoen maximoa), Hego Korean izango den partida publikoan. Interes handiz egingo diogu jarraipena partidari, zalantzarik gabe. ●

“Jokalaria artifizialek gizakien partidetatik abiatuta ikasten dute. Funtzionatuko luke hori gabe, bere buruarengandik ikasita bakarrik?”



CHIEKO ASAKAWA

Irisingarritasunean aditua

ARG.: JON URBE/© ARGAZKI PRESS

“**T**eknologia erabiliz
itsuek mundua ikus dezaten nahi dut”

EIDER CARTON VIRTO
Elhuyar Zientzia

Chieko Asakawa japoniarrek atleta olinpikoa izatea zuen amets umetan. Baina ametsa zapuztu zitzaion gaztetan istripuz nerbio optikoa mindu eta ikusmena galtzen hasi zenean, erabat itsu geratu baitzen denborarekin. Gerora, zientzialari konputazional modura aritu da, eta pertsona itsuen bizi-kalitatea hobetzen lagundu du, hamaika ekarpen teknologikoren bidez. Itsu izatea lanerako eragozpena du, baina, aldi berean, itsuen beharrak primeran ezagutzera eraman du itsutasuna bere azalean bizitzeak. Hortik, agian, haren adorea eta arrakasta. Gaur egun IBMko ikertzailea da, eta Egokituz Laborategiak 30 urte bete dituen honetan Euskal Herrira egin duen bisita aprobeztatuz elkarriketatu dugu.

Zer esanahi du zure bizitzan, egunerokotasunean, irisgarritasunak?

Irisgarritasunak eta teknologiak esanahi garbi bat dute niretzat: nire bizitza hobetzea. Teknologiarik esker informazio asko eskuratu dezaket, baina horretarako, ezin bestekoa da teknologia hori irisgarria izatea. Hortaz, nire bizitza hobetzeko balio du irisgarritasunak.

Pertsona itsuak teknologiarik errazago irits daitezela lan egin duzu bizitza osoan. Atzera begira, zure lehenengo ekarpenetako bat braille-dokumentuentzako prozesadore digital bat lortzea izan zen, ezta?

Bai. 14 urterekin itsu geratu nintzen, igerilekuan nengoela ezkerreko begian kolpe bat hartuta. Zaila egin zitzaidan ikusi gabe bizitzea, eta bi zailtasun nagusi neuzkan, beste askoren artean: batetik, nire mugikortasuna; eta, bestetik, informazioa eskuratzeko baliabideak behar nituen. Garai hartan ez zegoen ordenagailurik, ez Internet, ez smartphonerik. Zintetan grabatutako liburuak zeuden, eta eskuz irakurtzeko braillezko liburuak, besterik ez. Zaila zen braillez idatzitako liburuak aurkitzea, eta, are zailagoa, nik nahi nuen liburua topatzea. Bi zailtasun horiek eraman ninduten irisgarritasunean lan egitera.

CHIEKO ASAKAWA



Chieko Asakawa Osakan (Japonian) jaio zen. Ingeles Literaturan lizentziatu zen lehenengo, eta, gerora, programatzen ikasi zuen. IBMn lan egiten jardun da orduz geroztik, zientzialari konputazional modura. Aitzindaria izan da pertsona itsuentzako teknologia garatzen, esaterako, ahots bidezko Interneteko nabigazioa. Asakawaren lanen oihartzunaren adierazgarri dira jaso dituen sariak eta merezimenduak; tartean, Japoniako Ohorezko Domina.

1985ean hasi nintzen IBMn lanean, eta braille-editorea, braille-hiztegia eta braillerako *network* edo sare-sistema garatzen aritu nintzen. Braille-editorea sortzeko, braille-teklatura garatzen hasi nintzen eta braille-itzul-tzaileak egiten, hala, ordenagailuek braillea ere zuzendu ahal izango baitzuten. Izan ere, ordura arte, braillezko liburuak idazmakina idatzita zeuden edo braillerako paperean idatzita, eta, hortaz, testuan akats bat baldin bazegoen, ezin zen editatu. Braillearen sortze-prozesua digitala bihurtu zen handik aurrera.

Editore horiekin, ikaragarri ugartu ziren braillezko testuak, eta, gainera, errazago zabaltzen hasi ziren. Braillea digitalizatu denetik, asko aldatu da braillearekin zerikusia duen guztia. Brailleen idatzitakoak askoz ere eskuragarriago daude.



ARG.: JON URBE/© ARGAZKI PRESS

Ezaguna zara, era berean, goeko hamarkadan ahots bidezko Interneteko nabigazioa garatu zenuelako, hau da, testuak ahots bihurtzeko teknologia. Internet itsuen eskura jarri zenuten horrekin.

Bai, braillea digitalizatzear gain, horixe izan zen beste berrikuntza nabarmenena. 90eko hamarkadaren erdialdean, pentsatu nuen itsuen bizitza asko aldatuko zuela Internet ahots soilez eskuragarri egiteak. Hor jauzi bat egongo zela.

Orduan, teklatura erabiltzea planteatu nuen. Pantaila ikusi ezin duenak eta sagua erabili ezin duenak ere izan beharko luke Interneten nabigatzeko aukera. Beraz, garatu nuen sistema bat, non 10 tekla soil erabilita itsuek Interneten nabiga zezaketen. Adibidez, lehenengo hiru teklek esteka batetik bestera pasatzeko balio dute; hurrengo hirurek, lerro batetik bestera pasatzeko, etab. Horrela, ez zen behar ez pantailarik, ez sagurik. Handik aurrera, itsuok egunero irakurri ahal izango genituen egunkariak, erosketak egin edo onlineko bankuko balantzeak irakurri.

“90eko hamarkadan pentsatu nuen itsuen bizitza asko aldatuko zuela Internet ahots soilez eskuragarri egiteak”

Ahots bidezko bilatzailearekin gauza asko posible bihurtu ziren itsuentzat, eta esanguratsua da sistema hura atera zenean itsuen aldetik feedback handia izan genuela. Bereziki batek esan zidana dut gogoan: “Niretzat Internet mundurako leiho txiki bat bihurtu da”. Guretzat oso garrantzitsua izan zen aipamen hori, orduan konturatu ginen zer garrantzitsua zen sistema hori itsuentzat, informazioa eskuragarri jartzeko.

Duela gutxi, TED hitzaldi batean, azpimarratu zenuen irisgarritasunak ikertzaileen sormena pizten duela, eta teknologia horiek ez direla itsuentzat bakarrik erabilgarri, denentzat baizik. Uste duzu horretaz nahikoa jabetzen garela?

Oso gai garrantzitsua da hori. Jende askok ez du berrikuntzen jatorriaren berririk. Esaterako, telefonoa: Graham Bellek komunikatzeko erreminta bat garatu zuen, baina, antza, ezinduen arteko komunikazioa errazteko modu baten bila zebilen. Baina jende askok ez daki hori.

Izan ere, teknologia berri asko jende ezinduarentzat garatu dira. Esaterako, OCRa (karaktereak optikoki eza-gutzeko sistema) eta ahotsa ezagutzeko teknologia. Horiek ez dituzte ezinduek bakarrik erabiltzen. Baina

jatorrizko motibazioa ezintasunak dituzten pertsonak laguntzea izan zen. OCRa ikusmen-zailtasunak dituztenei irakurtzen laguntzeko sortu zen, eta, ahotsa eza-gutzeko teknologia, entzumen-arazoak dituztenei elkarriketetan laguntzeko. Hortaz, motibazioa ezintasunak dituzten pertsonak laguntzetik dator, baina, gero, egunerokotasunean, ezintasunak ez dituztenek ere erabiltzen dituzte teknologia horiek. Garrantzitsua da horretaz jabetzea, ukaezina baita teknologia irisgarriek gizarte osoarentzako onura ekarri dutela. Gaur egun, smartphone guztiek dute txertatuta gu gailuarekin ahotsez komunikatzeko teknologia.

Gidariak beste adibide bat dira: gidatu egin behar dute, baina, aldi berean, informazioa eskuratu behar izaten dute. Eta ahotsean oinarritutako teknologia horiek oso erabilgarriak dira haientzat. Kontuan izan behar dugu gutxitutako gaitasunen osagarri izaten saiatzen direla teknologia irisgarriak, baina, ezinduak ez direnen kasuan ere, zentzumenetako bat okupatuta dagoen kasuetarako oso erabilgarria direla.

Orain smartphonetarako aplikazio berri bat garatzen ari omen zarete, zuk diozun bezala, “gure” munduan nabigatzen lagunduko dizuen. Alegia, itsuon bizitza analogikoa ere hobetzen duena. Nola funtzionatzen du teknologia horrek? Nola lagunduko dizu zuri?

Orain, informazio asko jaso daiteke teknologia erabilita, baina oraindik oso zaila da mundu erreala eskura izatea. Hainbeste gauza daude gure inguruan: posteak, seinaleak, pertsonak, eraikuntzak... Hori dena ezin dugu barneratu ikusmenik gabe. Arazo horri “mundu

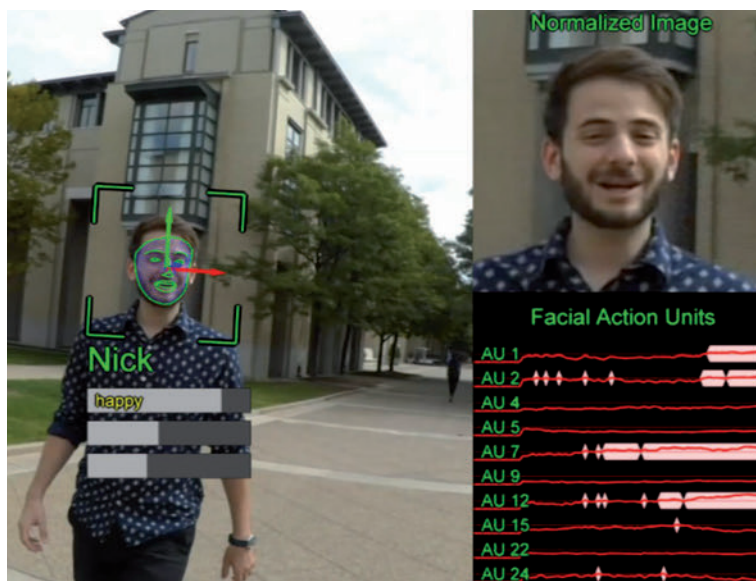
“Gure helburua asmo handikoa da, eta mundu osoko ikertzaileak elkarlanean aritzea eskatzen du”

errealaren irisgarritasuna” deitzen diogu, eta hori da nire oraingo ikerketaren helburua. Teknologia erabiliz itsuek mundua ikus dezaten nahi dut.

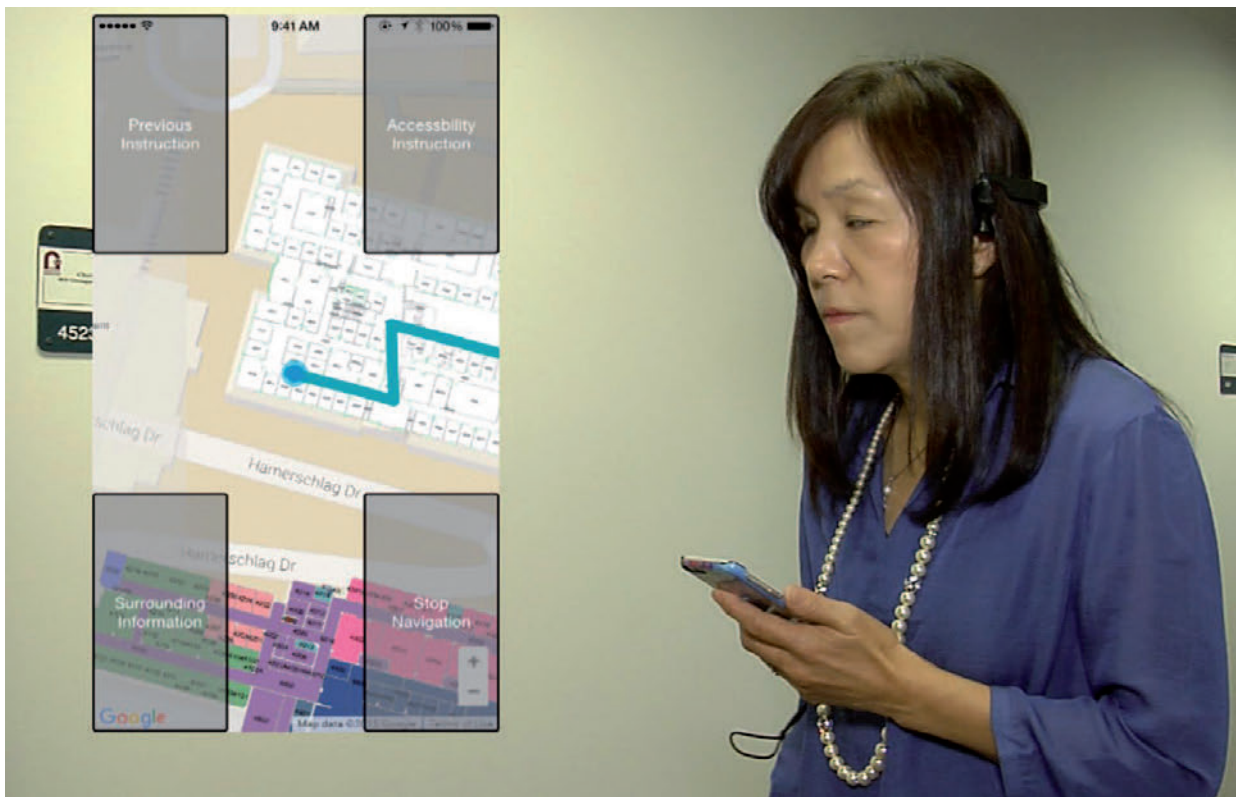
Gure lehenengo helburua da etxe barruko eta etxe kanpoko nabigazio-sistemak garatzea. Kanporako GPSa dugu, baina GPSak zehaztasun gutxiegi du (batzuetan 20-100 metroko errorea izan dezake), eta hori ez da nahikoa itsu batentzat. Etxe barrurako ere ez dago kopena zehazteko sistema zehatzik. Orduan, sistema bat sortu dugu metro eta erdiko zehaztasunarekin kokatzen duena pertsona, bai kanpoan, bai barruan.

Gure aplikazioaz, metro eta erdiko zehaztasunez nabiga dezake itsu batek. “Unibertsitatera joan nahi dut” esaten badiozu, hark esango dizu nola atera atetik, noiz jo eskuinera edo gora, noiz dauden eskailerak... Unibertsitatera iristen lagunduko dizu.

Baina gure helburua ez da nabigazio-sistema bakarrik. Kamerak ere erabili nahi ditugu inguruko informazioa hautemateko: esaterako, aurpegiak ezagutzeko, objektuak ezagutzeko... Gure aurrean dauden gauzak hautemateko. Gure helburua asmo handikoa da, eta mundu osoko ikertzaile eta garatzaileekin elkarlanean aritzea eskatzen du.



Chieko Asakawak ezagun batekin egin du topo eta bere laguntzaile kognitiboa erabili du aurrean duen hori identifikatu eta zein emozio adierazten duen jakiteko. ARG.: IBM RESEARCH.



Chieko Asakawa ikertzailea NavCog aplikazioa probatzen. ARG.: IBM RESEARCH.

Zure esperientzian, zein dira itsuen bizitza hobetu duten ekarpen teknologiko garrantzitsuenak?

Garrantzitsuen eta praktikoena, Internet eskuragarri egiteko teknologia irisgarria izan da, sarean dagoen informazio guztia jartzen digulako eskura. Posta elektronikoz besteekin komunikatu gaitezke. Hori da praktikoena orainxe bertan. Oraindik teknologia hori erabili ez duen itsuren bat baldin badago, nik sutsuki animatzen dut Internet bere egunerokotasunean erabil dezan. Itsu izanik, nik ez dut imajinatzen nire bizitza Internet gabe.

“Oraindik erabili ez duen itsuren bat badago, nik sutsuki animatzen dut Internet bere egunerokotasunean erabil dezan”

Bigarrenera oraindik ez gara iritsi, ez baitago eskuragarri edonon. Mundu erreala eskuragarri izateko lan asko dago egiteke, baina horrek benetan aldatuko du gure bizitza. Lokalizazio-sistemei esker, itsuok mundu errealean mugi gaitezke, galdu gabe. Nabigazioa oso garrantzitsua da mundu errealer a hurbiltzeko, baina oraindik asko dago garatzeko. Badaude sistema batzuk eskuragarri, baina oraindik lan gehiago egin behar da erabilgarriagoak eta praktikoagoak izan daitezen. Giza-

kiaren eta ordenagailuaren arteko interakzioa errazten lagunduko duen teknologiaz gain, bestelakoak ere behar ditugu. Hala nola robotika, ikusmen artifiziala, adimen artifiziala... eta psikologoaren laguntza ere beharko dugu.

Eta, gizartean, nahikoa al da irisgarritasunarekiko dugun kontzientzia-maila? Edo oraindik urrun gaude zuen mundua ulertzetik? Zer uste duzu falta dela denontzako irisgarritasuna ziurtatzeko?

Galdera ona da hori. Gure helburua lortzeko asko aurreratu behar da oraindik. Horregatik, guk garatzen ditugun teknologia guztiak kode irekikoak dira, ez sekretuak, esperantza baitugu mundu osoko ikertzaileen artean askoz ere azkarrago garatuko ditugula. Are gehiago, ez bakarrik ikertzaileak eta garatzaileak, zenbat eta jende gehiago egon gai honekin sentsibilizatu, orduan eta azkarrago lortuko dugu itsuok mundu erreala hori eskuratzea. Pentsa, ikertzaile izan gabe ere irisgarritasuna zer garrantzitsua den ulertzen baduzu, asko lagundu dezakezu. Adibidez, arkitektoa bazara, hiri bat edo etxebizitza bat egiten duzunean, beste era batera egingo duzu. Ez koxkarik, ez eskailerarik... Kontzientzia-maila handitzen den heinean, gauza asko lor daiteke, azkarrago. ●

Irisgarritasuna hobetzeko
lanean Egokituz Laborategia



SAREAN+

Jarri zure alea,
BERRIA berritzeko, garatzeko.



izan zaitez **berrialaguna**

berria.eus/berrialaguna ■ 943-30 43 45

Homo sapiens gizakia bere bakardadean

ANA GALARRAGA AIESTARAN
Elhuyar Zientzia

Zergatik da *H. sapiens* modernoa *Homo* bakarra? Duela 12.000 urtera arte, *Homo* generoko beste espezie bat ere bazegoen Lurrean, *H. floresiensis*; eta 30.000 urte lehenago, beste bi, gutxienez, neandertalak eta denisovarrak. Zer gertatu zen gaur egun *Homo* generoarean ordezkari bakarra egoteko planeta osoan?

Ez hain aspaldira arte, galderak erantzun erraza zuen: eboluzioaren erpina da *H. sapiens*, bere adarrean zeudenen artean onena eta ingurura ondoen egokitzen jakin zuena. Nagusitasun horrek eraman du gailurrera. Azken urteotan, ordea, nagusitasun erabateko hori zalantzan jartzten duten aztarnak aurkitu dituzte arkeologoek. Aztarna horiek aintzat hartuta, badirudi beste gizaki haiek ez zirela hain “atzeratuak”, ezta gugandik hain desberdinak ere. Goiko galderari erantzutea, beraz, ez da hain erraza.

María Martín-Torres, Carmen Manzano Basabe, Joseba Ríos Garaizar eta Diego Garate Maidagan adituek behin baino gehiagotan egin diote galdera hori beren buruei, eta, erantzun biribilik ez badute ere, haien hipotesiak azaldu dituzte, bakoitzak bere ikuspuntutik. Hitz bakar batean erantzun beharko balute, hauek izango lirateke hitzak: moldakortasuna, kultura, hazkunde demografikoa eta konplexutasuna.

MOLDAKORTASUNA

María Martín [Londresko Unibertsitateko ikertzailea](#) da, eta hortzen antropologian espezializatuta dago. Haren esanean, espezie guztiok behar dugu lekua. “Norbanako gisa behar dugu, baina baita espezie gisa ere. Eta hori ez da gizakiaren kontua bakarrik; beste edozein bizidunekin ere gertatzen da, animalia zein landareak izan. Ekologian txoko ekologikoa deritzo horri; azken finean da nola lortzen duen espezieak aurrera egitea, zer rol jokatzen duen naturan”.

Eta, alde horretatik, *Homo sapiens* espeziea ikaragarri moldakorra dela adierazi du Martín-ek: “aurrekaririk gabeko moldakortasuna erakutsi du, eta horrek eraman du planetaren toki guztiak hartzera; itsas hondoa izan ezik, oraingoz!”.

Hala ere, hedatze geografikoaz harago, Martín-en ustez hau da gakoa: “ia denetik egiten ikasi du”. Gizaki batek aurrera egiteko dituen aukera



ARG.: EUTAH MIZUSHIMA/CCO

guzti-guztiak baliatzen omen ditu; hala, ez dio beste inori uzten lekuri: “Gurekin batera bizitzen beste giza espezie bat egoteko modu bakarra izango litzateke hark ez lehiatzea gurekin, beste leku bat hartzea. Baina lekuri utzi al dugu, bada?”

Martinónek ezetz dio: “*Homo sapiens* ehiztaria da, biltzailea, arrantzalea eta ganaduzalea. *Homo sapiens* harrapakariak eta harrapakinak daude, liderrak eta mendekoak. *Homo sapiens*en barruan tokia dute argiek eta ez hain argiek; indartsuek eta ahulek irauten dute bizirik, barnerakoiek eta irekiek, oldarkorrek eta bakezaleek. Trebeak eta baldarrak sartzen dira, tableta asmatzeko gai baina arrautza frijitzen asmatzen ez duena eta alderantzizkoa”.

Horrez gain, *Homo sapiens*ek denetik jaten duela gogorarazi du, baina badirela sekula haragirik jaten ez dutenak eta barazkiak probatzen ez di-

tuenak. “Eta mendian bizi daiteke, landa-eremuan, hirian, hondartzan, basamortuan eta iglu batean”.

“*Homo sapiens*ak, dituen moldakortasunarekin eta dibertsitatearekin, ez dio tokirik utzi beste inori”

Hala, dituen moldakortasuna eta dibertsitatea-ekin, ez dio tokirik utzi beste inori. Martinónek argi du: “Dena, baita ez dagokiona ere (hegan egitea adibidez), probatzeko prest dagoen espezie batekin lehiatzea zaila da oso. Ez dago interesatzen ez zaigun ezer. Beste edozein giza espeziaren txoko ekologikoa hartu dugu”.



María Martín-Torres Londresko Unibertsitateko ikertzailea da, eta hortzen antropologian espezializatuta dago.
ARG.: © ELENA LACASA.



Carmen Manzano Basabe
EHUko antropologia-
irakaslea.
ARG.: CARMEN MANZANO.

KULTURA

Carmen Manzano EHUko antropologia-irakaslearen ustez, berriz, gakoa kultura da: “Orain asko dabilta ikertzen neandertalek zer neurri-raino zuten kultura garatua, baita lengoaia ere. Hor badago eztabaida bat; batzuk ez daude ados, baina Chomskyk esaten du lengoaia sinbolikoa, konplexua, guk bakarrik dugula, *H. sapiens*ok, alegia. Lengoaia horrek adierazten du entzefaloan aldaketa bat egon dela, eta aldaketa hori beharrezkoa da gurea bezalako lengoaia bat izateko, eta kultura garatzeko. Ni ez naiz linguista, baina horretan bat nator Chomskyrekin”.

Neandertalek egindako adierazpen sinboliko batzuk topatu diren arren, Manzanoren arabera, “eskasak” dira. “Gure espeziearenak, aldiz, oso aberatsak dira, ugariak, eta giza talde guztietan landu dira”.

Horrekin batera, Atapuercako zuzendari Juan Luis Arsuagaren aipu bat ekarri du gogora Manzanok: “Arsuagak esan zuen behin giza fenomeno kulturaletan oso garrantzitsua dela talde-nortasuna. Eta talde-nortasunaren seinale dira sinboloak. Eta gure sinbologia konplexu horrek, nire ustez, erakusten du oso talde-nortasun sendoa dugula. Eta baita norberak bere buruarena ere, apaingarrietan ikus daitekeenez. Niretzat, hor dago gakoa”.

Kultura aurrera eramateko talde handi bat behar dela azaldu du Manzanok, eta horrek zerikusi handia izan zuela uste du: “Norbaiti bururatzen zaion berrikuntza bat; hori da, azken finean, kul-

tura. Zenbat eta gehiago izan, orduan eta aukera handiagoa, norbaitek burutazio bat izateko. Eta gizaki modernoa iritsi zenean Europara, neandertalen taldeak oso txikiak ziren, klima-aldaketa-tagatik eta abar. Nire iritziz, hori erabakigarria izan zen”.

Kulturaren ideian sakonduz, “txoko kulturala” ere aipatu du Manzanok. “Batzuek diotenez, gure espezieak txoko berri bat hartzen asmatu zuen: txoko kulturala, hain zuzen. Hori presio selektibo berri bat da”.

Eta Baldwin efektuarekin lotu du: “Baldwin efektuak azaltzen du jokaera berri batek (izan daiteke kulturala, edo teknologikoa) eragina izan dezakeela genetikan. Hipotesi bat da, baina, horren arabera, aurrerapen bat asmatu edo barneratzeko gaitasuna dutenek osagai genetiko bat dute, zeinari esker garun bereziak edo sare neuronal malguagoak dituzten. Litekeena da gure espeziean, aurrerapen bat asmatu denean, aurrerapen hori asmatu edo ondoen barneratu duten banakoek ondorengo gehiago izan dituztela. Esan bezala, hipotesi bat da, baina, horrek ekarriko luke osagai genetiko hori ugaritzea taldean”.

Hala, Manzanoren ustetan, litekeena da Baldwin efektuaren “eragina nabaria izatea” gure espeziearen sorreran. “Horren ondorioz, talde-dentsitatea asko handituko litzateke. Eta Europara iritsi eta neandertalekin topo egitean, asimilatu egin zituzten”.

Hain zuzen, Manzanok ez du inoiz sinestu neandertalak eta *H. sapiens*ak ez zirela gurutzatu elkarren artean. “Lehenengo datu genetikoek hori zioten arren, nik ez nuen uste horrela izan zenik sekula, bazeudelako bestelako datu batzuk ere, eta haiek iradokitzen zuten egon zela nolabaiteko gurutzaketa”. Denborak arrazioa eman dio, orain argi baitago neandertalek arrastoa utzi zutela gure genomari, eta, beraz, *H. sapiens*ekin gurutzatu zirela.

Horrela irudikatzen du, beraz, Europako pasarte hura: “Neandertalen taldeak txikiak ziren, eta ahulduta zeuden, eta gure espeziekoak asko ziren eta talde handiak osatzen zituzten. Eta, batez ere, talde-nortasun oso handia zuten. Eta orduan asimilazioa gertatu zen. Asian ere antzera gertatu zen: *denisovarrak*, *H. erectus* batzuk, *H. floresiensis*... zeuden, baina, batetik, ez ziren gurutzatu, ez baitziren haien gustukoak izango, eta, bestetik, etorri berriak gehiago ziren”.

Lascaux kobazuloko
irudietako bat.

ARG.: © LASCAUX.CULTURE.FR.



HAZKUNDE DEMOGRAFIKOA

Galderak beste galdera batzuk sorrarazi dizkio [Joseba Ríos Garaizar](#) CENIEH Giza Eboluzioari buruzko Ikerketa Zentroko ikertzaileari. Hala ere, ausartu da erantzuten, “izan ere, egia da garai batean lau espezie egon zirela bizitzen aldi berean: neandertalak, denisovarrak, Flores uharteko gizakiak eta gu. Eta gu baino ez gara geratzen”.

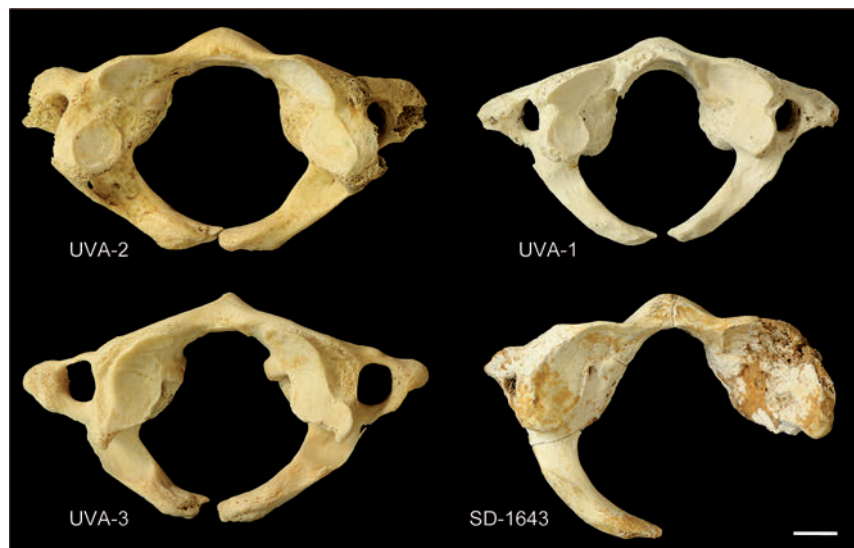
Hori horrela bada ere, haren ustez azalpena ez da batere sinplea: “*H. sapiens*ak bakarrik irauten du, baina, hasieran behintzat, nahastuko zen besteekin; bi espezieekin gutxienez, neandertalekin eta denisovarrekin”. Horrez gain, iruditzen zaio *H. sapiens*ak ere izango zituztela haien iraungitze-prozesuak, baina mugatuak: “Seguru asko, Europara etorri ziren lehen *H. sapiens*ak desagertu egin ziren guztiz. Baina horri buruz oso gutxi dakigu”.

“Gure espeziearen berezko ezaugarritzat jo du etengabe haztea eta hedatzea”

Afrikatik Europara bidaiatu zuten lehen talde haiek galdu baziren ere, Afrikako populazioa etengabe hazi zela azaldu du Ríosek. “Eta aurrera egiteko topatu zuten aukera bat beste leku batzuk hartzea izan zen. Hala, uhinetan joan ziren ateratzen”. Ríos en iritziz, horrek zerikusi zuena du gure espeziearen arrakastarekin.

Dioenez, neandertalek ez zuten jokabide hori: “Neandertalak Europan zeuden, eta geldialdi demografikoan zeuden. Krisi demografikoak ere izan zituzten; hori erakusten dute, adibidez, [El Sidróneko fosilen azterketa genetikoak](#) (Asturias). Garai hartan dibertsitate genetiko txikiagoa izango zuten, baina gai izan ziren berriro Europa osoa populatzeko. Hala ere, ez ziren Europatik atera. Horrek adierazten du haien populazioa egonkorragoa zela nolabait, ez zen hazten etengabe gure espezieak egiten duen moduan. Agian oreka hobea zuten beren ingurunearekin, edo oreka soziala ere, eta, adibidez, jaiotzak kontrolatzen zituzten...”.

Hain justu, gure espeziearen berezko ezaugarritzat jotzen du jokabide hori: etengabe haztea eta hedatzea. Ez daki, ordea, horren atzean da-



goen arrazoa biologikoa ote den ala soziala. “Behar bada, bietatik dago, baina ez dakigu, oso datu gutxi baititugu duela 40.000-50.000 urte Afrikan gertatzen zenaz, adibidez, Egipton, Sudanen... Hori argitzen badugu, galdera askori erantzuteko aukera izango dugu. Izan ere, hortik atera da beti gizakia iparralderantz, eta bali-teke hori izatea klima-aldaketari, baliabide-urritasunari edo hazkunde demografikoari topatu dion irtenbidea”.

Ríosek ohartarazi duenez, gaur egun ere gauza bera egiten jarraitzen dugu. “Ez ditugu populazioa mugatzeko neurriak hartzen, garrantzi handia ematen diogu zaintzari... Alde horretatik, oso espezie berezia gara”.

Iraganera itzuliz, iruditzen zaio hazkunde horrek berak ekarriko zuela sorkuntza-lanak, aurrerapen teknologikoak eta mekanismo sozialak agertzea. “Antza denez, sinbolismoa Europan bat-batean agertzen da, *H. sapiens*aren eskutik eta kalitate estilistiko oso handiarekin. Bat-bateko agerpen horrek, baina, ez dauka zentzurik. Seguruenik, lehendik ere bazuten gaitasuna, baina ez zuten izango beharrik. Eta noiz dute beharra? Leku batetik bestera joan behar dutenean, eta talde barruko kohesioari eutsi behar diotenean. Horretarako, mekanismo sozialak behar dira, eta mekanismo soziale-tako bat sinboloak dira, jendea lotzen duten sinboloak. Horrenbestez, hazkundeak ekarritako sormenak, teknologiak eta mekanismo sozialek eman diote arrakasta gure espezieari, oraingoz”, dio Ríosek, indarra azken hitz horretan jarrita. Oraingoz.

El Sidróneko neandertalen ornoetan ikusitako malformazioak endogamiaren seinale dira. ARG.: LUIS RÍOS/PLOS ONE.



Joseba Ríos Garaizar
CENIEH Giza Eboluzioari buruzko Ikerketa Zentroko ikertzailea.
ARG.: JOSEBA RÍOS.

Espezie desberdinak ala berbera?

Gaur egun *Homo* generoaren espezie bakarra zergatik ote garen pentsatzen hasita, beste gogoeta bat ere bururatu zaio Joseba Ríos arkeologoari. Dioenez, agian espeziearen kontzeptua aztertu egin beharko litzateke: «Zalantzak sortu zaizkit, batez ere Peștera cu Oaseko fosilari buruz [iaz argitaratu zen azterketa genetikoak ezagutu ondoren](#)».

Ríosek aipatutako fosila 40.000 urteko *Homo sapiens* baten matrailezur bat da; Errumanian aurkitu zuten, Peștera cu Oase izeneko kobazuloan, eta hasieratik ikusi zuten ezaugarri neandertalak ere bazituela. Azterketa genetikoak argi erakutsi zuen arabaso neandertalak zituela. Eta ez hori bakarrik; Ríosen esanean, «garbi utzi zuen neandertalek eta gizaki modernoek ondorengo ugalkorrek izan zituztela, eta bien arteko hibridazioa ez zela mugatu garai eta leku jakin batera. Aitzitik, milaka urtetan gertatu zen, Ekialde Hurbilean zein Europan.»

Ríosen iritziz, horrek kolokan jartzen du espeziearen kontzeptua. «Ondorengo ugalkorrek badituzte, espezie desberdinak dira? Biologia klasikoaren arabera, hori ezinezkoa da. Baina orain badakigu gertatu zela. Horrek esan nahi du distantzia genetikoak ez zela hain handia; eta nahiz eta hezurak eta beste aztarna batzuk aintzat hartuta desberdintasun nabariak dituzten elkarren artean, genetikoki eta beste ezaugarri batzuen arabera ez zirela hain desberdinak. Adibidez, tarte handi batean, antzeko bizimoduak izan zituzten, batez ere hasieran, duela 100.000 urte inguruko garaian.»

Denisovarrekin ere zalantza bera du Ríosek. Haiei buruz, informazio genetikoaz gain, datu gutxi daudela gogorarazi du. «Denisovarrak gutxi ezagutzen baditugu ere, badakigu gaur egungo talde batzuen genomak haien geneen arrastoak daudela. Hortaz, zer ziren? Beste espezie bat ziren, edo *H. sapiens*ak ziren, baina pixka bat bereziak, edo neandertalengandik gertuago zeuden?»

Homo floresiensis gizakiaren kasuan, Ríosek ez du hainbesteko zalantzarik. Isola-menduak eragindako adar ebolutibo bat dela uste dut, bere bidea egin zuena, gizaki modernoarekin topo egin zuen arte. Neandertalekin eta denisovarrekin, ordea, iruditzen zaio ez dela burugabea pentsatzea *H. sapiens*a eta hirurak espezie berekoak zirela. «Ziur nago datozen urtetan joango garela galderak argitzen. Baina, oraingoz, ezin diogu erantzun.»



Neandertalen eta *H. sapiens*en arteko hibridazioa milaka urtetan gertatu zen, Ekialde Hurbilean eta Europan. ARG. JOHANNES KRAUSE/KAPRINAKO NEANDERTALEN MUSEOA.

KONPLEXUTASUNA

Diego Garate Maidagan Tolosako Unibertsitateko ikertzailea eta Bilboko Arkeologia Museoko teknikaria da, eta aurreko adituek aipatu ez duten beste espezie bat ekarri du gogora: [Orein gorriaren kobazuloko gizakia](#). Azaldu duenez, neandertalaren, denisovarren, Floresko gizakiaren eta *H. sapiens*aren garaikide izan zen [fosilek 14.500-11.500 urte dituztela kalkulatu dute], baina badirudi haiekin nahastu gabe desagertu zela.

“Ez dakigu asko haiei buruz; azken finean, Txinako bi kobazulotan [Longlin eta Maludong] topatutako fosil horiek baino ez dauzkagu. Hala ere, ematen du, *H. floresiensis*aren antzera, barkartutako talde bat izan zela, berezko eboluzioa izan zuena, eta bere kasa iraungi zena”. Hala ere, ez du baztertzen hurrengo urteetan haien gaineko eta oraindik ezagutzen ez diren beste batzuei buruzko datuak azalduko direnik. “Horiek izandakoan, hobeto ulertuko dugu garai hartako panorama”, dio Garatek.

Edonola ere, “filmaren protagonista nagusiak” neandertalak eta *H. sapiens*ak direla uste du Garatek. “Beste protagonistek aberastasuna ematen diote filmari, eta ikuspegi lineala puskatzen dute; baina filmaren korapiloa bi horien artean gertatzen da”. Filmaren bilakaera azaltzean, Ríos-en bide beretik jo du (nabaritzen zaie ordu asko ematen dituztela elkarrekin lanean), eta gure espeziearen migratzeko joera azpimarratu ditu.

Horrekin batera, konplexutasunaren ideia aipatu du: “Migratzen zuen lekuetara egokitzeak gaitasuna erakutsi du gure espezieak, eta horretarako giltzarri da gure konplexutasuna. Hor sartzen da kultura, taldeen arteko harremanak, paisaia kontrolatzeko eta menderatzeko ahalmena, jarrera berriak sortzeko bulkada... Berez, espekulazio hutsa da, baina egia da azken hogeitertan asko aldatu dela ikuspegia, eta, hemen-dik hogeitertu barru, beste galdera batzuk izango ditugu erantzuteko”.

Irakurri "Hominidoak ala homininoak, zer gara gu?" analisia



Diego Garate Maidagan
Tolosako Unibertsitateko
ikertzailea eta Bilboko
Arkeologia Museoko teknikaria.
ARG.: DIEGO GARATE.



Atapuerco Hezurren Osinean
topatutako garezur bat, 17.a, hain zuzen.
ARG. © JAVIER TRUEBA/MADRID SCIENTIFIC FILMS.

MIKEL IRIONDO ORENSANZ
*Genetika, Antropologia Fisikoa
 eta Animalien Fisiologia Saila,
 Zientzia eta Teknologia
 Fakultatea (UPV/EHU)*



CARMEN MANZANO BASABE
*Genetika, Antropologia Fisikoa
 eta Animalien Fisiologia Saila,
 Zientzia eta Teknologia
 Fakultatea (UPV/EHU)*



Hominidoak ala homininoak

ZER GARA GU?

Gure ahaide ebolutibo hurbilenak txinpantzeak direla argi eta garbi dugu gaur egun. Orain dela 6-7 milioi urte bizi izan zen gure eta euren arteko azken arbaso komuna, eta banaketa ondoko giza leinuko espezie-fosil ugari ezagutzen ditugu, hala nola, *Ardipithecus* eta *Australopithecus* generoko espezieak eta gure generokoak diren *Homo habilis*, *H. erectus* edo iaz aurkitutako *H. naledi*, beste askoren artean. Orain, gure leinuko genero eta espezie horien taldea izendatzerakoan zein izen erabili beharko genuke? Batzuk “hominido” hitza erabiliko lukete; beste batzuk, aldiz, “hominino” izendatuko lituzkete eta aipatu beharra dago azken termino hau dela gaur egun zientzialarien artean hobesten dena. Baina badaude oraindik hain ezagunak ez diren beste aukera batzuk, hala nola, “hominineak” eta “hominoak”. Zein da egokia? Horren inguruan hitz egingo dugu lantxo honekin. Adi, mesedez, irakurle, hitz horiek guztiek esanahi desberdina baitute!

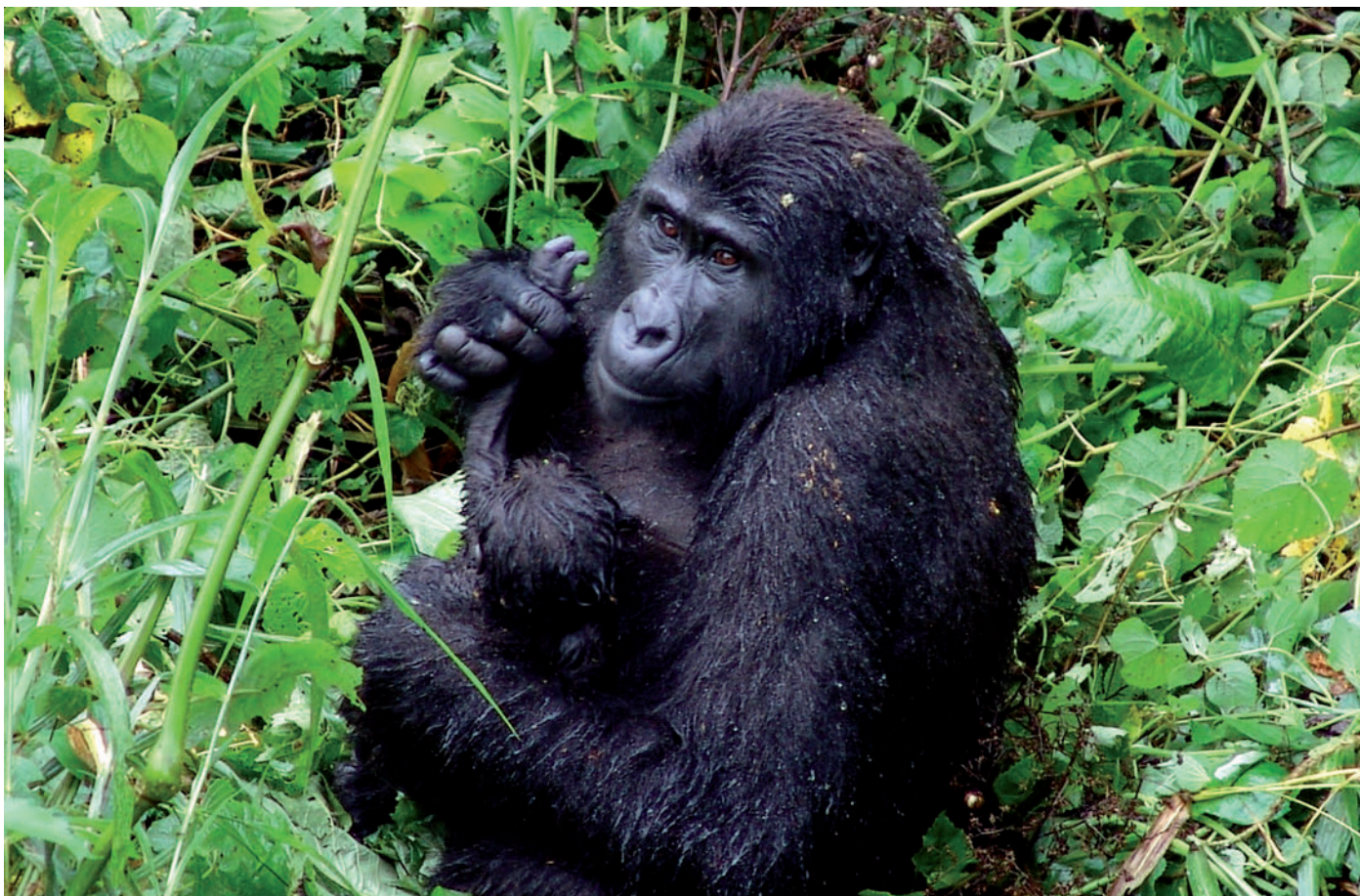
Gizakiak, tximino antropomorfoak bezala ezagutzen ditugun txinpantzeak (txinpantze arrunta eta bonoboa), gorila, orangutana eta giboiekin batera, Hominoidea superfamilian sailkatutik daude. XX. mendearen amaiera arte ikertzaileek hiru adarretan banatzen zituzten “hominoideoak”: gizakia alde batetik (Hominidae familia), giboia bestetik (Hylobatidae familia) eta txinpantzea, gorila eta orangutana Pongidae familian. Gauzak horrela, “hominido” hitza erabiltzen zen giza leinuari buruz hitz egiterakoan. Baina XX. mendearen bigarren erditik aurrera egingako analisi molekularrei esker behin betiko finkatu genituen hominoideoen arteko erlazio ebolutiboak, eta ahaidetasunaren arabera banatzen dira egun maila taxonomiko desberdinak.

Sailkapen eskola kladista honi jarraiki bi familia bereizten ditugu: Hylobatidae (giboia) eta Hominidae (beste guztiak; “hominidoak”). Azken honen barruan bi subfamilia daude: Ponginae (orangutanak) eta Homininae (gorila, txinpantzeak eta gizakia; “hominineak”). Homininae subfamiliaren barruan bi tribu bereizten ditugu: Gorillini (gorilak) eta Hominini (txinpantzeak eta gu; “homininoak”); azkenik tribua subtribu mailan bereizten delarik: Panina eta Hominina (erabilera arruntean “hominoak”). Sailkapen-ereduen helburua

talde baten filogenia —ahaidetasun-zuhaitza— islatzea izanik, giza leinuko espezie guztien sailkapena subtribu mailaraino eraman beharko genuke, eta gure leinua izendatzeko “hominoak” terminoa erabili.

Baina orduan, zergatik hobesten dugu egun “hominino” terminoa? Bizpahiru gauza hartu behar ditugu kontuan galdera horri erantzuteko. Lehena, kladismoa gero eta onartuagoa dagoela sailkapen-eredu gisa. Bigarren, sailkapenak guk egiten ditugula (beste izaki bizidunek ez dute momentuz proposamenik aurkeztu...), eta ikerlari batzuek ez dute egoki ikusten giza espeziea beste animalietatik hain hurbil egotea; azken batean, lortu dugun garapen maila ez du parekorik animalien munduan. Sailkapenen inguruko eztabaidaren adibide gisa, beste bi proposamen ekarriko ditugu hona; muturreko adibideak dira baina biek “oinarri zientifikoa” dute.

Lehena J. Huxley-k proposatu zuen 1957. urtean. Bere ustez, gizakiok, beste animalien alde biologikoaz gain, prozesu ebolutiboaren alde berri bat izango genuke, alde psikosoziala. Horrela, Plantae eta Animalia Erreinuak diren bezala, guk Erreinu berri bat osatuko genuke: Psychozoa, hain zuzen. Huxley-ek giza leinuaren



ARG.: USAID/CCO

bereizketa maila taxonomiko nagusie-nean jarri zuen. Kontrako muturrean, Elizabeth Watson-ek, S. Eastel-ek eta D. Penny-k 2001. urtean proposaturikoa dugu. Beraiek egindako kalkuluek argi uzten dute gizakien, txinpantzeen eta gorilen arteko ezberdintasun genetikoak, genero berean sailkatuta dauden beste ugaztun ugarien parekoak direla eta hortaz, sailkapen objektibo bat egiterakoan aipaturiko hiru espezie hauek genero berdinean kokatuak egon beharko lirakekeela, hots, *Homo sapiens*, *Homo niger* eta *Homo gorilla* izendatu beharko genituzkeela, hurrenez hurren.

Irakurleak ikusi duen bezala aukera ugari ditugu gure espeziea sailkatzeko, bakoitzak oinarri ezberdin bat duelarik, eta horrelako kasuetan adostasuna beharrezkoa da aurrera jarraitzeko. Hori egin zuten 2000. urtean Palman antolaturiko “International Colloquium on Taxonomy and Systematics of the Human Clade” izeneko Nazioarteko Kongresuan. Bilera aurretik,

“Sailkapen guztiak egokiak izan daitezke, baldin eta argi badugu zer azaldu nahi dugun sailkapenarekin”

munduko antropologo eta paleontologo guztiei gutun bat luzatu ziguten galdera bakar batekin: “Zein da zure ustez giza leinuko espezieak sailkatzeko maila taxonomiko egokiena?” Erantzun posibleak gorago aipaturiko gehienak ziren: familia, subfamilia, tribua, subtribua edo generoa. Gehiengoak tribuaren alde egin zuten, “homininoak” beraz.

Zientzian, zenbait gauza ez dira beltzak ala zuriak, batez ere gure espeziearekin ari garenean. Gure ezaugarri bereizgarriei,

hala nola kontzientziari, balio moralei edo hizkuntzari zein da eman behar diegun garrantzi erlatiboa? Edo agian genetikak ematen duen objektibotasunari egin behar diogu kasu bakarrik? Zer garrantzi izan behar du tradizioak honetan guztian? Ikusi dugun bezala, sailkapen guztiak egokiak izan daitezke, baldin eta argi badugu zer azaldu nahi dugun sailkapenarekin. Gu eta gure leinuko espezieak “hominido” izendatzea egokia izan daiteke, tradizionalki egin den bezala gure ezaugarri bereizgarrien garrantzia azpimarratu nahi badugu, baina antropologoaren artean termino hau *demodé* dagoela esan dezakegu. Egun, gu eta gure leinuko espezieak izendatzeko lortu dugun adostasuna “hominino” terminoan dago. Egun horrela da, etorkizunean, hurrengo belaunaldiko ikertzaileak lanean daudenean, pentsamolde ezberdinekin, auskalo. ●

Irakurri “*Homo sapiens* gizakia bere bakardadean” erreportajea



CRISPR,

EGOITZ ETXEBESTE ADURIZ
Elhuyar Zientzia

GENOMA

Duela hiru urte sortu zen, eta dagoeneko mundu osoko laborategietan erabiltzen da. Izan ere, CRISPR teknikak ia edozein laborategiri aukera ematen dio genoma editatzeko. Aurreko teknikak baino askoz merkeagoa izateaz gainera, errazagoa eta eraginkorragoa da. Ekar ditzakeen onurak handiak dira, baina kezka ere sortu ditu.

“Nik oraindik ez dut erabiltzen, baina seguruenik aurtun hasiko naiz” dio Jose Antonio Rodríguez Pérez EHUko genetikariak. Leuzemiarekin lotuta dagoen mutazio bat ikertzeko erabili nahi du Rodríguezek CRISPR teknika. Mutazio horrek zer eragin duen aztertzeko, mutazioa duten zelulak behar ditu. “Orain arte aukera bakarra zen pazienteetatik zelulak hartzea; baina hori oso zaila da. Askoz errazagoa da guk laborategian ditugun zeluletan mutazio hori sartzea”. CRISPREkin hori egin dezake.

DNA zehaztasun handiz editatzeko balio du CRISPR teknikak. DNA-zatiak kendu daitezke nahi den lekuan, eta baita zati berriei ordezkatu ere. Hori, dena den, ez da berria, lehendik ere baziren hori egiteko beste teknika batzuk. “Garrantzitsuena da gauzak asko erraztu eta merketu egin dituela” azpimarratu du Rodríguezek.

CRISPREn oso antzeko beste tresna batzuk ere baziren, TALEN eta ZFN kasu. “Tresna horiek CRISPREk egiten duen gauza bera egiten dute; baina horiek erabiltzeko diseinatu eta muntatu behar duzu proteina bat, eta hori oso garestia da. CRISPREkin, berriz, diseinatu behar duzu RNA molekula bat, eta hori oso merkea da. Demagun 100 euro behar direla horretarako, bada aurreko teknikekin milaka euro beharko lirateke”.

DEMOKRATIZAZIOA

Gauzak hainbeste errazteak aukerak asko zabaltzen ditu. “Gauza desberdinak probatu ditzakezu. Proiektu asko probak egitean oinarritzen dira, eta horretarako 5.000 euro inbertitu behar badituzu, ba igual ez zara horretan hasiko, baina 200 euro badira, probatu dezakezu”, azaldu du Rodríguezek. Gainera, “demokratizatu egin

CRISPR/Cas-9 sistemaren irudikapena. Cas-9 entzimak DNAko gune jakin bat ezagutzen du RNA gidari esker (gorriz), eta leku horretan moztu du.

ARG.: STEPHEN DIXON, FENG ZHANG.

EDITATZEKO TEKNIKA

onurak eta kezkak

ditu esperimentu hauek; lehen ezin zuen jende askok egin ahal izango ditu. Lehen halako proiektuak ezin genituen egin laborategi txikiek, baina orain CRISPRekin bai. Horregatik zabaldu da hain azkar eta modu esponentzial honetan”.

2012an [argitaratu zuten Sciencen](#) Jennifer Doudnak eta Emmanuelle Charpentierrek bakterioen CRISPR-Cas9 konplexu entzimatikoa edizio genetikorako tresna gisa erabili zitekeela. Konplexu hori RNA gida batek eta Cas9 entzimak osatzen dute. Entzimak DNA moztzen du, zehazki RNA gidak esaten dion tokian. Hala, genoma nahi den lekuan editatu daiteke, leku horrekiko osagarria den RNA sintetizatuta.

Oinarritzko ikerketarako aukera izugarriak eskaintzen ditu, eta aplikazioak ere hamaika izan daitezke. Terapia genikoa da itxaropentsuenetakoa bat. “Pausu erraldoia eman da”, dio Ana Aguirre Escobal EHUKo genetikiariak. “Orain arte terapia genikoarekin, oso garestia izateaz gain, oso emaitza on gutxi lortzen ziren, teknika ez zelako ona. Orain, berriz, emaitza horiek asko hobetzea espero da”.

Ados dago Rodríguez: “Gaixotasun batzuen kasuan, oso garrantzitsua izan daiteke. Gaixota-

sun monogeniko askotan ondo identifikatuta dago zein den genea, eta baita zein diren akatsak, eta nola zuzendu. Baina, orain arte ezin zen gene bat zuzendu. Gene bat gaizki bazegoen, gene horren beste kopia zuzen bat sartzen zen”. Kopia hori bektore baten bidez sartzen zen, eta genomari nonbait txertatuko zen zoriz, eta itxaropena izan behar zen gene horrek bere funtzioa beteko zuela. Orain gene horri dagokion lekuan bertan sartu daiteke kopia zuzena, aurrekoa kenduta. “Orain, benetan zuzendu egin daitezke geneak”, zehaztu du Rodríguez.

TERAPIARAKO BIDEA LANTZEN

2014ean MITeko ikertzaile batzuek erabili zuten lehenengoz CRISPR teknika animalia helduetan gaixotasun bat sendatzeko. Saguetan erabili zuten, gizakietan tirosinemia izeneko gibleko gaitza eragiten duen mutazioa zuzentzeko. Gaitza sendatzea lortu zuten, baina, aldi berean, lan horrek erakutsi zuen teknikak bazituela konpondu beharreko arazo batzuk ere.

Batetik, gibleko zeluletara Cas9 entzima eta RNA gida sartzeko erabili zuten teknika, presio handiko injekzioa, ez da egokia gizakietan aplikatzeko. Eta, bestetik, 250 zeluletatik batean bakarrik lortu zuten mutazioa zuzentzea. Kasu

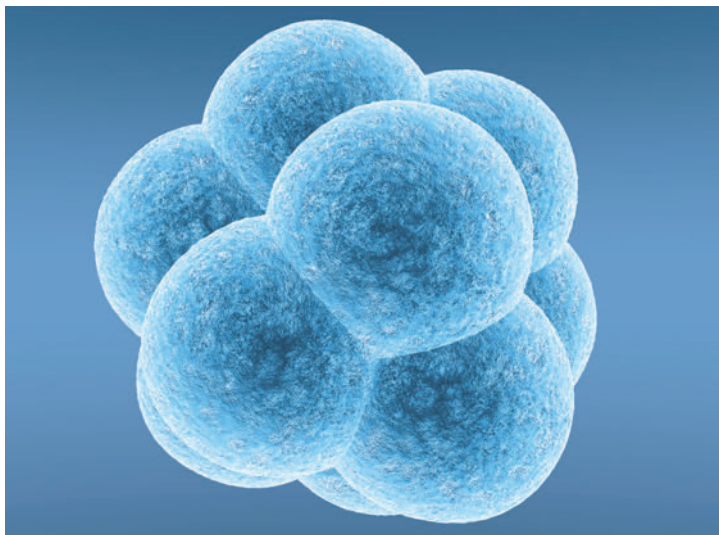


Jose Antonio Rodríguez Pérez. EHUKo Genetika, Antropologia Fisikoa eta Animalien Fisiologia Saileko ikertzailea eta irakaslea.

 **Demokratizatu** egin ditu esperimentu hauek; lehen ezin zuen jende askok egin ahal izango ditu orain.

Giza enbrioia genetikorik eraldatzeko eragiten ditu eztabaida etiko handienak. 2015eko apirilean, Txinako Sun Yat-sen Unibertsitateko ikertzaileek argitaratu zuten CRISPR teknika erabiliz giza enbrioia eraldatu zituztela. Eta Erresuma Batuan otsailean eman zieten Francis Crick Institutuko ikertzaileei CRISPR teknika erabiltzeko baimena, giza enbrioien garapena ikertzeko.

ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/TATIANA SHEPELEVA.



horretan nahikoa izan zen gaitza sendatzeko, baina oso litekeena da beste gaixotasun askoren kasuan ez izatea.

Bestalde, “CRISPRrek oraindik baditu efektu ez-espezifikoak —gehitu du Rodríguez—; batzuetan RNA lotu daiteke genomaren beste parte batean. Teknika optimizatu behar da oraindik, baina hobetzeko aukera badago. Adibidez, orain arte Cas-9 entzima erabili da, baina [beste batzuk](#) ere ari dira probatzen, eta espezifikoagoak izan daitezke”.

Saguetan tirosinemia sendatzea lortu zuen MITeko taldeak berak ere dagoeneko lortu du teknika hobetzea. [Otsailean argitaratu zuten](#) saguen gibelako zeluletara iristeko modu segurua go eta eraginkorra bat. Birus baten bidez sartu zituzten RNA gida eta DNA-zati zuzena, eta nanopartikulen bidez Cas9 entzima kodetzen duen RNA mezulari bat. Hala 16 zelulatik batean lortu zuten zuzenketa egitea. Eta ez zuten ia efektu ez-espezifikorik atzeman.

Badira adibide gehiago ere, adibidez, abenduan [hiru ikerketa-taldeek aldi berean Sciencen argitaratutako artikuluetan](#) erakutsi zuten saguetan Duchenne muskulu-distrofia gaitza hobetzea lortu zutela. Azkar doa kontua, baina gizakietan aplikatzeko oraindik denbora beharko dela uste du Rodríguez: “Ez dut uste hurrengo urtean egiteko moduan gaudenik, baina urte batzuk barru nik uste posible izango dela aldaketak zehaztasun handiz egitea gizakietan. Gero begiratu beharko dugu hori baimentzen den, edo nola kontrolatzen den”.

KEZKAK MAHAI GAINEAN

Izan ere, teknikaren ahalmena zenbatekoa argi gelditzen joan den heinean, eta zein azkar hedatzen ari den ikusita, kezka etikoak ere handitu dira. “Erraztasuna da teknika honen alde positiboa, baina baita negatiboa ere, tresna

 **Erraztasuna da teknika honen alde positiboa, baina baita negatiboa ere, tresna honekin “jolastea” erraza baita.**

honekin ‘jolastea’ erraza baita”, adierazi du Rodríguez. “Nik batez ere alde positiboak ikusten ditut. Izan ere, teknikaren arriskuak hor daude, baina beste teknika batzuenak aspalditik dauden bezala”.

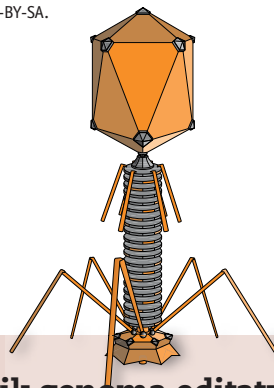
Beste batzuek, berriz, arriskuei garrantzi handiago ematen diete. 2015eko martxoan, CRISPR eta gainerako teknikak giza enbrioak eraldatzeko erabiltzearen aurka azaldu zen aditu-talde bat, [Nature aldizkarian argitaratutako artikuluan](#). Hori laster gerta zitekeela uste zuten aditu horiek. Eta hilabete beranduago, Txinako Sun Yat-sen Unibertsitateko ikertzaileek argitaratu zuten [CRISPR teknika erabiliz giza enbrioak eraldatu zituztela](#). Garatzeko aukerarik ez zuten enbrioak erabili zituzten, baina esperimentuak lehendik zeuden kezkak hauspotu zituen.

Egoera horren aurrean, kezka horiei buruz hitz egiteko batzar bat antolatu zuten Estatu Batuetako zientzia- eta medikuntza-akademiek, Londongo Royal Societyk eta Txinako Zientzia Akademiak. Abenduan bildu ziren Washingtonen mundu osoko 500 aditu, eta behin-behineko akordio batera iritsi ziren: ikerketarako giza genomaren editatzea ez debekatzea, baina bai eraldatutako enbrioak haurdunaldietarako erabiltzea.

“Zientziaren gauza on bat da dena oso publikoa dela. Hitz egin egiten da, eta entzun egiten da, eta gertatzen ari denaren arabera erabakiak hartzen dira”, dio Aguirrek. EHUKo Gai Biologiko eta Genetikoki Eraldatutako Organismoen Ikerketako Etika Batzordeko presidente ohia da Aguirre, eta orain CRISPR dela eta sortu den eztabaida ez zaio berria egin. “Gogoan dut 1970eko hamarkadan, ingeniaritza genetikoko lehen teknikak agertu zirenean, adituak Asilomarren (California) elkartu zirela. Moratoria bat ezartzea erabaki zuten. Urte batzuk itxaron behar izan zen, teknikak seguruak zirela frogatu arte.

Bakterioei erasotzen dien birusa.

ARG.: ADENOSINE/CC-BY-SA.



Bakterioen defentsa-mekanismoak genoma editatzeko tresnara

Genoma editatzeko hain erabilgarria den CRISPR/Cas9 konplexua, bakterioek eta arkeoek birusei aurre egiteko erabiltzen duten defentsa-mekanismo bat da, berez; belaunaldiz belaunaldi pasatzen den txerto moduko bat. Izan ere, inoiz eraso dieten birusen DNA zatiak gordetzen dituzte euren genomaren txertatuta, errepikatutako sekuentzia palindromi-

ko batzuen artean (hortik dator CRISPR: clustered regularly interspaced short palindromic repeats).

Hala, infekzioen memoria-banku horretatik RNA gidak sortzen dituzte bakterioek. Bakterioa birus “ezagun” batek infektatzen badu, eta RNA horiek haren DNA ezagutu eta Cas9 entzimak suntsituko du.

Jogurtaren bakterioak erresistenteagoak egiteko helburua zuen Emmanuelle Charpentierren taldeak mekanismo honen funtzionamendua ikertu zutenean. Baina, behin nola funtzionatzen zuen ikusita, Jennifer Doudnaren taldearekin batera, [erakutsi zuten](#) edizio genetikorako tresna bikaina izan zitekeela.

Orain, antzeko zer bait gertatu da, hitz egin dute eta adostu dute: ‘aplikazioez hitz egiten hasi baino lehen, egin ditzagun laborategian sukalde-lanak, teknika hobetu, optimizatu eta ahalik eta seguru en egiteko’”.

Eztabaida aspaldikoa da. “Orain arte urrunekoak edo oso teorikoak ikusten ziren gauza batzuk, orain gertuago eta egingarriago ikusi dira, eta horrek azken urteotan erdi-hilda zegoen eztabaida zahar bat berpiztu du”. Horrez gain, badago kezka handitzea eragin duen beste faktore bat ere, Aguirreraren ustez: “batzuek ohartarazi dute genetikoki eraldatutako organismoak arautzen eta erregulatzen dituzten lege askok, idatzita dauden bezala, kanpoan uzten dutela CRISPR teknika”. Izan ere, birkonbinazioaz eta DNA arrotzaz hitz egiten da lege horietan, baina CRISPR teknikan ez dago horrelakorik. “Ez daukat zalantzarik lege horiek egokituko direla, teknika berria ere arautzeko, baina egia da une honetan hori ez dela gertatu”.

Dena den, herrialdetik herrialdera asko aldatzen da nola araututa edo erregulatuta dagoen. Japonian, Txinan eta Indian, adibidez, giza enbrioietan eraldaketa genetikoak egitea debekatzen duten arauak daude, baina ez dute legezko ondorioirik. Errusia eta Argentinako erregulazioa, berriz, oso anbigua da. Estatu Batuetan, debe-

katua dago diru publiko finantzatzea, baina legeak ez du debekatzen aplikazio klinikoa. Eta Europan, oro har, debekatuta dago klinikan, eta mugatuta ikerketarako. Erresuma Batuan [berriki eman diete Francis Crick Institututuko ikertzaileei CRISPR teknika erabiltzeko baimena](#), giza enbrioien garapena ikertzeko.

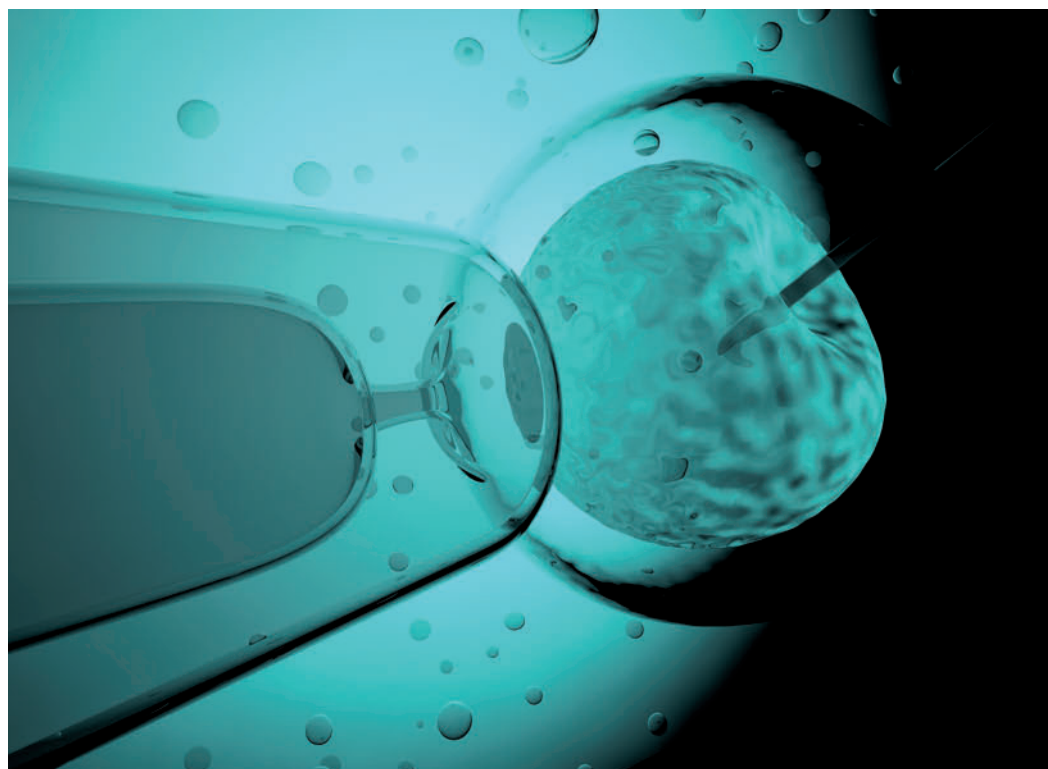
BELDURRAK ETA ITXAROPENAK

CRISPRrek eragin dituen kezkak eta beldurrak, betikoak dira. “Funtsean, animalia eta landareei dagokionean ongi aztertu behar da eraldaketa horiek egitea segurua den edo ez, sortzen diren organismoak arriskurik izan dezaketen gizakia- rentzat edo ekosistementzat”, azaldu du Aguirrek. “Gizakiari dagokionean, berriz, segurtasun- kontuei beste bat gehitzen zaie, nire ustez: norbanakoari buruz dugun kontzeptua. DNA- sekuentzia aldatzeaz hitz egitean urduri jartzen gara, nolabait gure banakotasunean eragingo duela iruditzen baitzaigu”.

Dena den, praktikan eztabaida beste plano batera pasatzen dela uste du Aguirrek: “gaixotasun genetiko bat duen pertsona bat gertu badugu, eta hori sendatzeko aukera bat badago, orduan hori da inporta zaiguna. Nik uste dut aplikazio errealak dituela ikusten denean, pertsonen bizitza hobetu dezaketen aplikazioak, gizarteak hobeto ikusiko dituela teknika hauek”.



Ana Aguirre Escobal. EHUKo Genetika, Antropologia Fisikoa eta Animalien Fisiologia Saileko ikertzailea eta irakaslea, eta EHUKo Gai Biologiko eta Genetikoki Eraldatutako Organismoen Ikerketako Etika Batzordeko presidente ohia.



Ernalketa lagunduak kezka etiko handiak eragin zituen hasieran. Baina, pixkanaka, ikusi da gizartearen beharrak asetzeko balio duela, eta gaur egun oso onartua dago.

ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/PAPSK525.

Anopheles stephensi eltxoak malaria transmitzen du. CRISPR teknikarekin, malariarekiko erresistenteak diren eltxoak sortu dituzte, eta eltxo horien ia ondorengo guztiek heredatzen dute erresistentzia hori. Hala, hamar bat belaunaldi nahikoa lirakeke erresistentzia populazio batean hedatzeko. ARG.: JIM GATHANY/CDC.



Ez dut uste hobekuntza genetikoak sostengu sozialik duenik.

Horixe gertatu izan da aurrerapen zientifiko askorekin. “Ernalketa lagunduekin gertatu zen. Hasieran mespretxagarria zen, baina pixkanaka gizarteak eskatu egin du, eta dagoeneko lagundutako ernalketari esker jaiotako umeak ez dira ikusten deabru gisa, hasierakoak ikusten ziren moduan”.

Nolanahi ere, gaixotasunak sendatzea baino aplikazio eztabaidagarriagoak izan ditzake eraldaketa genetikoak; esaterako, enbrioak eraldatzea hainbat ezaugarri hobetzeko. Aguirrek, ordea, ez du kezkatzeko arrazoi handirik ikusten oraingoz, “Teknika ahalbidetu dezakeelako gertuago ikusten den arren, nire ustez oraindik utopia bat da hori, beldur teoriko bat”.

Gainera, kontrola zorrotza dela azpimarratzen du: “Genoma aldatzeko edozein teknika aplikatzeko, terapia genikorako esaterako, hainbat batzordetatik pasa behar da. Estatu espainiarrean, adibidez, batzorde nazional bat dago, oso zorrotza, eta haren baimena lortu behar da. Baina horrez gain, ospitale batean probak egin nahi badira, ospitale horretako eta autonomia-erki degoko batzorde etikoetatik ere pasa behar da. Dagoeneko badago egitura bat, eta izatekotan, kontrol hori zorrotzu egingo da hemendik aurrera, izan ere, ez dut uste hobekuntza genetikoak sostengu sozialik duenik. Beraz, ez dut uste kezkatzeko motiborik dagoenik”.

EKOSISTEMAK ERALDATZEKO ARRISKUA

Genetikoki eraldatutako bizidunek ekosistemetan izan dezaketen eragina de beste kezketako bat. Eta kezka horiek hauspotu zituen azaroan argitaratutako beste lan batek. [Malaria eragiten duen bizkarroiarekiko erresistenteak diren eltxo transgenikoak](#) sortu zituzten Kaliforniako Unibertsitateko zientzialariek. Kasu horretan, gainera, CRISPR teknikari esker lortu zuten eraldatutako eltxo arren ondorengoan % 99k heredatzea antigorputzaren genea, eta genea aktiboa izatea eltxo horietan. Hala, kalkulatu zuten 10 belaunaldi nahikoak lirakekeela gene horiek populazio batean hedatzeko.

Populazioan halako eragina izateko gaitasunak kezka handia sortu du batzuegan. Aguirrek, kasu honetan ere, dauden kontrol estuetan dauka konfiantza. “Malariaren kontrako beste eltxo transgeniko batzuk, beste teknika baten bidez eginak, askatu dira dagoeneko. Baina, horretarako 10 urteko kontrolak pasa behar izan zituzten. Horrelako baimen bat lortzeko azterketa eta ebaluazio asko eta oso sakonak egin behar dira, arriskuak eta onurak zein diren jakiteko. Egia da, horrelakoetan zero arriskurik ez dela existitzen. Kasu hartan, arrisku eta onurei buruzko txosten guztiak mahai-gainean jarri ondoren, eta malaria-maila izugarria kontuan hartuta, politikariek erabaki zuten eltxo transgenikoak askatzea. Azken finean, zientziak gizartearen eskura jartzen duen tresna bat da, eta gizarteak erabaki behar du zer egin tresna horrekin”.



Gazteberri.eus

Gazteek gustuko dituzten
gai guztiak zure esku.

Nonahi.

Noiznahi.

HEDY LAMARR

Itzalean asmatzaile, argitan izar

EGOITZ ETXEBESTE ADURIZ
Elhuyar Zientzia

IRUDIA: MANU ORTEGA/CC BY-NC-ND

Hollywoodera iritsi zenean, “munduko emakume ederrena” gisara promozionatu zuten Hedy Lamarr, eta filmatu eta filmatu aritu zen. Filmatzen ari ez zen tarteetan, berriz, etxeko bulegoan aritzen zen buru-belarri, paper eta make-ta artean. Haririk gabeko komunikazio-sistema berri bat sortu nahi zuen. Helburu garbi bat zuen buruan: aliatuei laguntzea naziei aurre egiten. Gorroto zituen. Zoritxarrez, ongi ezagutzen zituen.

Hedy Lamarr austriarra zen, 1914ean Viena jaioa, jatorri judutarreko familia batean. Hedwig Eva Maria Kiesler zen orduan. Eskolan berehala konturatu ziren aparteko adimena zuela. Ingeniaritza-ikasketak egiten hasi zen, baina utzi egin zituen, aktore izatea baitzuen amets.

Bosgarren filmarekin famatu egin zen, 1932an. Ekstase-k hautsak harrotu zituen, batez ere eszena batengatik: Hedwigen aurpegiaren lehen plano bat, orgasmo bat antzetzten. Eskandalagarritzat hartu zen, eta leku askotan debekatu egin zuten filma.

Hedwigek 19 urte zituen, artean, eta aita saiatu zen alaba bide zuzenean sartzen. Fritz Mandlekin ezkontzera behartu zuen. Arma-fabrika baten jabea zen Mandl, Austriako gizon aberatsenetako bat, je-lokorra eta autoritarioa. Zinema egitea debekatu zion, eta guztiz kontrolatuta zeukan. Luxurik ez zitzaion falta, baina urrezko kartzela bat zen hura Hedwigen-tzat. Ingeniaritza-ikasketetan sakontzeko baliatu zuen garai hura.

Ekitaldi sozial guztietan haren ondoan egotera behartzen zuen senarrak, baita lan-bileretan ere. Eta asko ikasi zuen bilerari buruz. Senarrak etxean antolatzen zituen festa arranditsuetan Mussolini eta Hitler ezagutu zituen. Azkena, oso gizon atsegina omen zen, Hedwigek aitortuko zuenez, nahiz eta berak ezin zuen jasan. Ezin zuen jasan mundu hura guztia. Eta ihes egitea erabaki zuen.

“Hollywoodeko izar bihurtu zen, eta denbora librean asmakuntzak egiten aritzen zen”

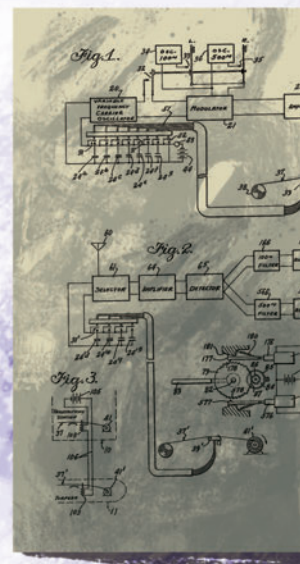
Bitxi guztiak hartu, eta soinean zeraman arropa beste ekipaiarik gabe Parisera egin zuen ihes. Egunetan atzetik izan zituen senarraren gizonak, baina Londresera iristea lortu zuen. Han, Metro Goldwyn Mayer-eko buru Louis Mayer aktore bila zebilela jakin zuen, eta bere burua aurkeztu zion. Hark ez zion tratatu onik eskaini, orde. Gero, Hedwigek jakin zuen Mayer Estatu Batuetara itzultzera zihoala, eta itsasontzi bera hartu zuen. Estatu Batuetara iritsi zenerako, kontratu on bat adostuta zuen. Trukean, izena aldatzeko eskatu zion Mayerrek, Ekstaserekin lotu ez zezaten. Hedy Lamarr aukeratu zuten.

Bere edertasunak eta glamourrak lagunduta, Hollywoodeko izar bihurtu zen be-

rehala. “Edozein emakumek izan dezake glamourra —esaten zuen—; nahikoa da geldirik egon eta tuntun-itxurak egitea”. Itxurak egiten iaioa zen arren, gutxi zuen tuntunetik. Eta, denbora librean, asmakuntzak egiten hasi zen. Besteak beste, semaforo hobe bat, eta etxean freskagarriak egiteko pilula bat asmatu zituen, arrakasta handirik gabe.

Bitartean, naziak indar handia hartzen ari ziren European. Eta zibilez betetako itsasontziak erasotzen hasi zirenean, Lamarrrek erabaki zuen zerbait egin behar zuela. Asmatzaileen Kontseilu Nazionalan lan egiteko eskaini zuen bere burua, baina erantzun zioten hobe zuela bere fama eta edertasuna gerrako bonuak saltzeko erabiltzea.

Hala egin zuen, baina ez zuen etsi. Bere kontura irrati bidezko komunikazioak hobetzea erabaki zuen. Irratia komunikazioarako medio garrantzitsua izateaz gain, armak urrutitik kontrolatzeko sistemak ere garatzen ari ziren. Irrati bidezko komunikazioak arazo bat zuen, orde: ez





zen segurua. Nahiko erraza zen igorlea non zegoen detektatzea, edo interferentziak eragitea.

Lamarrek ideia bikain bat izan zuen hori konpontzeko: mezuak zati txikitan zatitu, eta zati horiek frekuentzia desberdinak txandakatuz bidaltzea. Frekuentziak txandakatzeko eredu irregular bat erabili zen, eta horren kodea zuenak bakarrik deszifratu ahal izango zuen mezua. Igorleak eta hartzaileak sinkronizatuta egongo ziren, eta kode horri jarraiki, aldi berean egingo zuten salto frekuentzia batetik bestera.

Igorlea eta hartzailea garatzeko ez zuen arazorik Lamarrek, baina ez zekien nola

sinkronizatu biak. Orduan, zoria lagun, afari batean pelikuletarako musika idazten zuen George Antheil ezagutu zuen. Elkarrekin txundituta gelditu ziren. Ez ziren edonorekin izaten halako elkarriketara adimentsuak.

Urte batzuk lehenago, Antheilek Parisen estreinatutako Ballet Mécanique ikuskitzuna eskandalua izan zen. Orkestra berezia zen: bi piano, sinkronizatutako 16 pianola, hiru xilofono, zazpi kanpai elektriko, hiru hegazkin-helize eta sirena bat. Publikoak haserrearen haserrez, besaulkiak jaurtiz bukatu zuen. Urtebetera, New Yorken saiatu zen; baina han ere porrota izan zen. Handik aurrera soinu-bandak idazten aritzea erabaki zuen.

Baina kontua da 16 pianola sinkronizatzeko gai izan zela Antheil. Eta hori zen, hain zuzen ere, Lamarren asmakuntzak behar zuena. Gogor egin zuten lan elkarrekin, hainbat hilabetez, eta 1941eko ekainean euren “Komunikazio sekreturako sistema” patentatzeko eskaria egin zuten.

Garaiko teknologiarekin, zaila zen asmakizun hura aurrera eramatea. Baina, 1957an ingeniari estatubatuar batzuek Lamarren eta Antheilen sistema garatu zuten. Eta patentea iraungi eta hiru urtera hasi zen erabiltzen gobernua. Gaur egun ere, sistema horretan oinarritzen dira arlo militarrean nahiz zibilean erabiltzen diren haririk gabeko komunikazio asko, hala nola wifia eta bluetootha.

“Mundu guztian erabiltzen bada, zergatik ez dut gutun bat ere jaso?” zioen Lamarrek. Metro Goldwin Mayerren aritu zen bitartean, ezkutuan gorde zuten asmazaile-alderdi hura, bere diva-irudiari kalte egin diezaiokeela-koan. Inork ez zuen haren izena inolako asmakizunekin lotzen.

Guztira 30 pelikuletan parte hartu zuen Lamarrek. Sei aldiz ezkondu zen, eta sei aldiz banatu. “Ni baino guxtiago sentitzen diren gizonekin ezkontzeari utzi behar diot” esan zuen behin.

Azken urteak ez ziren gozoak izan. Pilula gehiegi hartzen zituen, eta kirurgia estetikorekin itsututa, aurpegia desitxuratu zuen. Kleptomania-arazoak ere izan zituen; lapurreta txikiak egiten harrapatzen zuten. Azkenean, Miamiko etxean giltzapetu zuen bere burua.

Hil baino hiru urte lehenago, 1997an, Pioneer Award saria eman zioten. Jakinarazi ziotenean, garratz erantzun zuen: “bazen garaia”.



ARG.: ITZIAR ALKORTA

ITZIAR ALKORTA CALVO

Biokimikaria

Itziar Alkorta Calvo (Valladolid, 1964) EHU'n lizentziatu zen, Kimikan, eta bertan egin zuen doktoretza ere, Biokimikan. Doktoretza ondorengo, berriz, Berkeleyn egin zuen. Gaur egun, Biofisika Unitateko zuzendari da (CSIC-EHU ikastegi mistoa).

“Nahiko nuke gure artean sareak eratzea, lerroak eratu beharrean”

ANA GALARRAGA Aiestaran
Elhuyar Zientzia

Biofisika Unitateko zuzendari izateak ez dio tarte handirik uzten beste ezertarako, eta, hala ere, topatu du une bat *Elhuyar* aldizkariaren galderei erantzuteko. Eskuzabala izan da, gainera, bina erantzun eman baitzikio galdera bakoitzari. Besteak beste, dei egin die zientzialariei, haiek ere eskuzabaltasunez jokatu dezaten, bai beren lana elkarren artean partekatzeke, bai gizartearekiko arduratsu izateko.

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

Karrera ikasi nuenean, testu-liburuetan zegoen informazio osoa aldaezina zela uste nuen. Baina gero, ikertzen hasi nintzenean ikertzen, konturatu nintzen hori ez dela horrela. Konturatu nintzen zientzia aldatzen dela, mugikorra dela. Horrek, garai hartan, harritu egin ninduen. Orain, berriz, sentitzen dut guk, zientzialariok, mugimendu horretan parte hartzen dugula, eta horrek asko asebetetzen nau.

Horrez gain, bada beste gauza bat eragin handia izan duena nigan, eta dago lotuta Berkeleyn egindako egonaldiarekin. Hain zuzen, doktoretza ondorengo egin nuen han, Calvin Institutuan, Calvinek bere izena daraman zikloa argitu zuen lekuan. Eta ezagutu nuen berekin tesia egin zuen irakasle bat, ordurako oso zaharra zena. Hark kontaktzen zidan zer baliabide gutxirekin egiten zituzten esperimenduak. Eta orain, ikusten ditudanean laborategiak, denak tresnaz beteta, eta ditugun metodologia berri guztiak, harrigarria egiten zait zenbat egiten zuten, ia ezerezekin. Pentsa zer-nolako iker-tzaileak izan behar zuten, hain baliabide gutxi izan eta horrelako gauzak lortzeko.

Zer iraultzaren edo aurkikuntzaren lekuko izan nahiko zenuke zure ibilbidean?

Bakterioek antibiotikoekiko erresistentzia nola garatzen duten ikertzen dut nik. Antibiotikoak erabiltzen hasi ginenean, medikuntza aldatu zen guztiz, eta gaur egun ezin dugu bizi antibiotikorik gabe. Baina arriskuan gaude, bakterioak gero eta erresistenteagoak direlako. Hortaz, gustatuko litzaidake asmatzea nola kontrolatu hori. Hori gustatuko litzaidake, nire aldetik.

Zientzia ikuspegi zabalago batekin begiratuta, berriz, nahiko nuke zientzialariok ulertzea egiten duguna denontzat dela, gizartearena dela. Egia da zientzia-munduan gero eta gehiago dagoela ardura hori, baina uste dut denok eman behar dugula pauso bat. Horrez gain, gustatuko litzaidake gure arteko mugak zabaltzea eta besteekin konpartitzea gure lana, altruistagoak izatea. Izan ere, zientzian benetako aurrerapenak egiteko, uste dut beharrezkoa dela konpartitzea eta denon artean saiatzea gizartean dauden arazoak konpontzen. Nahiko nuke gure artean sareak eratzea, lerroak eratu beharrean. ●



“Eskoletako Hezkuntza Proiektuak” jardunaldiak

REGGIO EMILIAko Lehen Hezkuntza ezagutzen

Italiako Reggio Emiliako Udal Haur Eskolek, 0-6 urte artekoek, ospe handia dute mundu osoan. 50 urteko ibilbidea egin eta gero, duela 6 urte, Lehen Hezkuntzako proiektua garatzen hasi ziren. Prozesua amaiturik, garai egokia da **Lehen Hezkuntzako** proiektu horren ezaugarriak eta garapena nolakoa izan den ezagutzeko.

Horretarako, jardunaldia antolatu dugu **APIRILAREN 16an**, larunbata, 9:00etatik 18:00etara, **DONOSTIAN**

Aurkezpen orokorra:

- Eskolaren ezaugarriak.
- Haur Hezkuntzako filosofia Lehen Hezkuntzara nola eraman den.
- Lehen Hezkuntzako berezitasunak.

Loris Malaguzzi eskola ezagutuko dugu, 3-11 urte bitarteko haurrekin garatutakoa da. Hau da, **Haur Hezkuntzako** bigarren zikloa (3-6) eta **Lehen Hezkuntza** osoa (6-11).

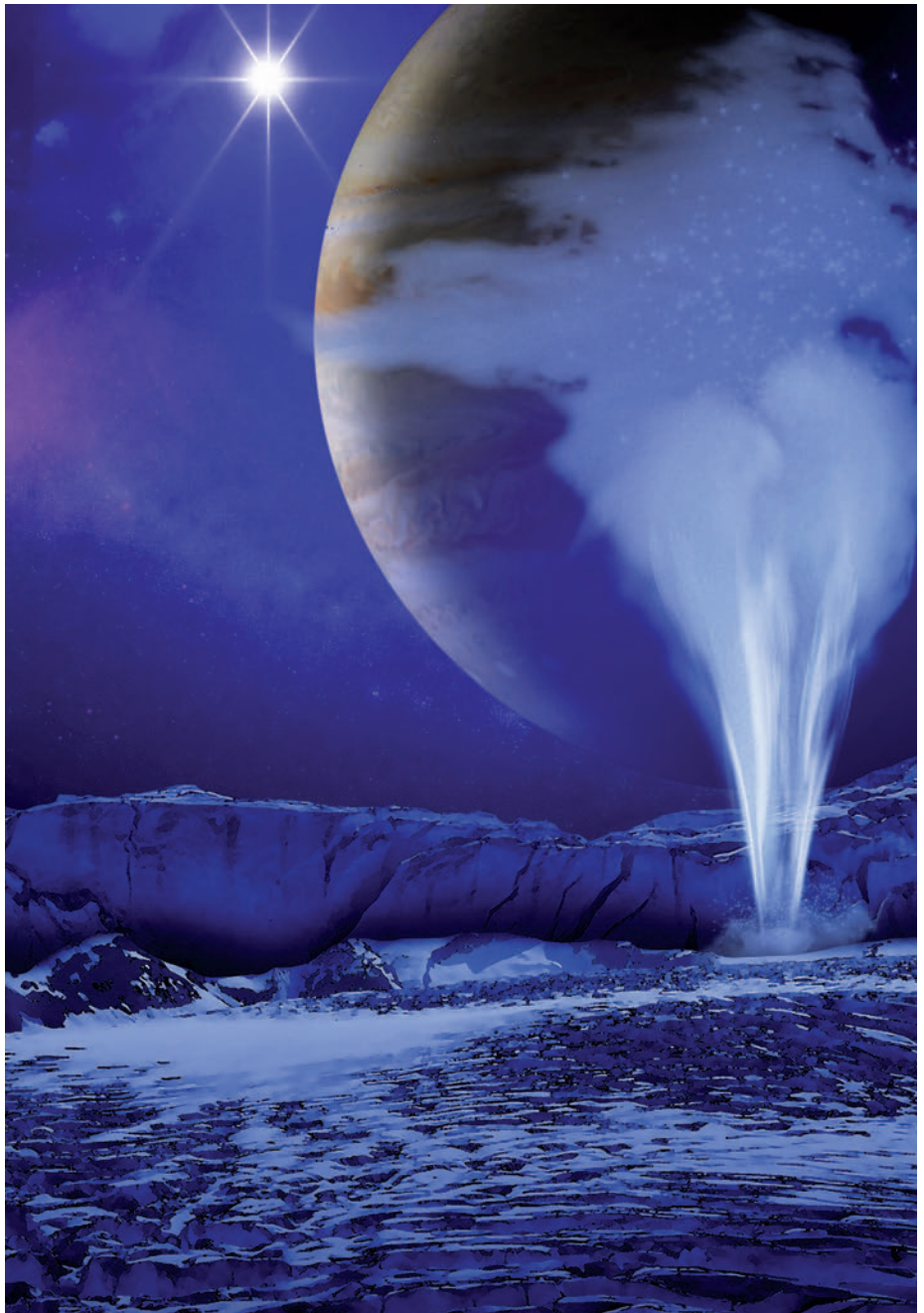


Informazioa eta izena ematea: www.hikhasi.eus

BAKARRIK AL GAUDE?

XABIER ARTAETXEBARRIA ARTIEDA
Telekomunikazio Ingeniaritzan doktorea

Izotzezko basamortu baten erdian, hotz izugarria; Eguzkiaren argia nekez iristen da hona. Bizi-zantzurik ez da inon. Amaigabeko ur izotzuzko geruza bitan zatituz, arrakala bat. Pitzadura horretan behera, azaletik ehunka metrora, tenperatura ez da hain hotza, eta izotza ur bihurtzen da. Goian argia eskasa bazen, zer esanik ez hemen. Bizi-zantzurik ez... itxaron! Hori ez al da bakterio bat? Eta horko beste hori? Arkeobakterio bat? Deskribatu berri dugun lekua Antartika izan liteke. Izan ere, 2014an, Hego poloko izotz azpiko aintzira batean, azaletik 800 metrora, 4.000 bakterio- eta arkeobakterio-espezie aurkitu zituzten ikertzaile batzuek. Pentsatzen da izaki bizidun horiek milioi bat urtez egon izan daitezkeela Eguzkiaren argirik gabe. Horrek erakusten du biziaren gaitasuna itzela dela, baldintzarik gogorrenetan ere aurrera egiteko. Eta, bestalde, pentsarazten digu: zergatik ez da bizirik egongo gure planetatik kanpo? Marten bertan, akaso? Edota Jupiterren Europa izeneko satellite izoztuan?



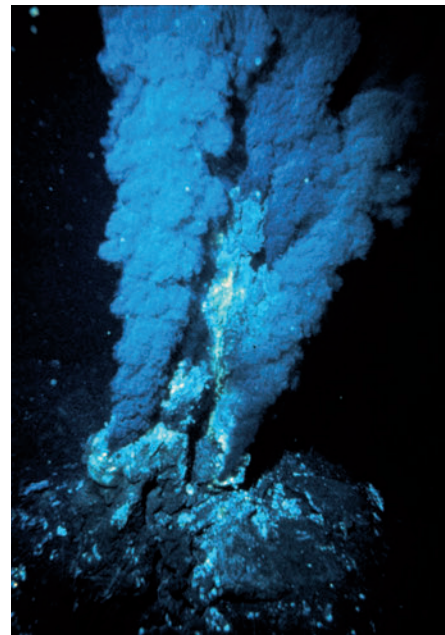
Europa satellitea; atzean, Jupiter eta Eguzkia (irudi artistikoa). IRUDIA: NASA/ESA/K. RETHERFORD/SWRI.



Lurreko izaki zailduenak dira estremofiloak, gainerako bizidunentzat hilgarriak izango liratekeen baldintzetan bizitzeko gaitasuna baitute. Mota askotakoak daude, hala nola termofiloak, 120 °C-ra arteko aintzira termaletan bizi daitezkeenak, edota azidofiloak, pH = 2.0ko ingurune azidoan aurrera egiteko arazorik ez dutenak. Aspalditik ezagunak izan arren, azken urteotan aurkikuntza ugari egin dira alor honetan. Halako organismo sinestezinak aurkitzeko grinak oihartzun handiko akatsen bat ere eragin izan du: 2010aren amaieran, NASAk iragarri zuen artsenikoan oinarritutako bizia aurkitu zutela. Horrek aditzera emango luke badagoela bestelako biokimika bat, ezagutzen diren bizidunetan artsenikoa pozoiz hutsa baita: zelulek fosforoa delakoan bereganatzen dute, oso antzekoa delako, baina erabiltzeko unean kale egiten die, artsenikoa oso eze-gonkorra baita. Azkenean, NASAk onartu zuen aurkikuntza hura ez zela zuzena izan, organismo berezi hark artseniko-kontzentrazio altuak jasateak ez baitzuen esan nahi hura erabiltzen zuenik funtzio zelularrak aurrera eramateko.

Baina halako salbuespenetatik kanpo, asko izan dira benetako aurkikuntza harri-garriak. Esate baterako, Marianetako itsas hobian, itsas-azpiko punturik sakonenean, 6.000 metroko sakoneran baino bizi gehiago aurkitu zen ur-azaletik 11.000 metrora, 2013an. Edo, nola ez, sarreran aipatutako Antartikako izotz-azpiko aintziraren. Baina, zer ikusi du horrek espazioan bizia aurkitzearekin? Zientzialariek ikusten dutena da biziak aurrera egiteko baldintzak ez direla duela urte batzuk uste bezain zorrotzak: tenperaturak, presioak, argiak, azidotasunak eta halako faktoreek ez dute nahitaez gurtzat "normalak" diren neurrien barnean egon behar.

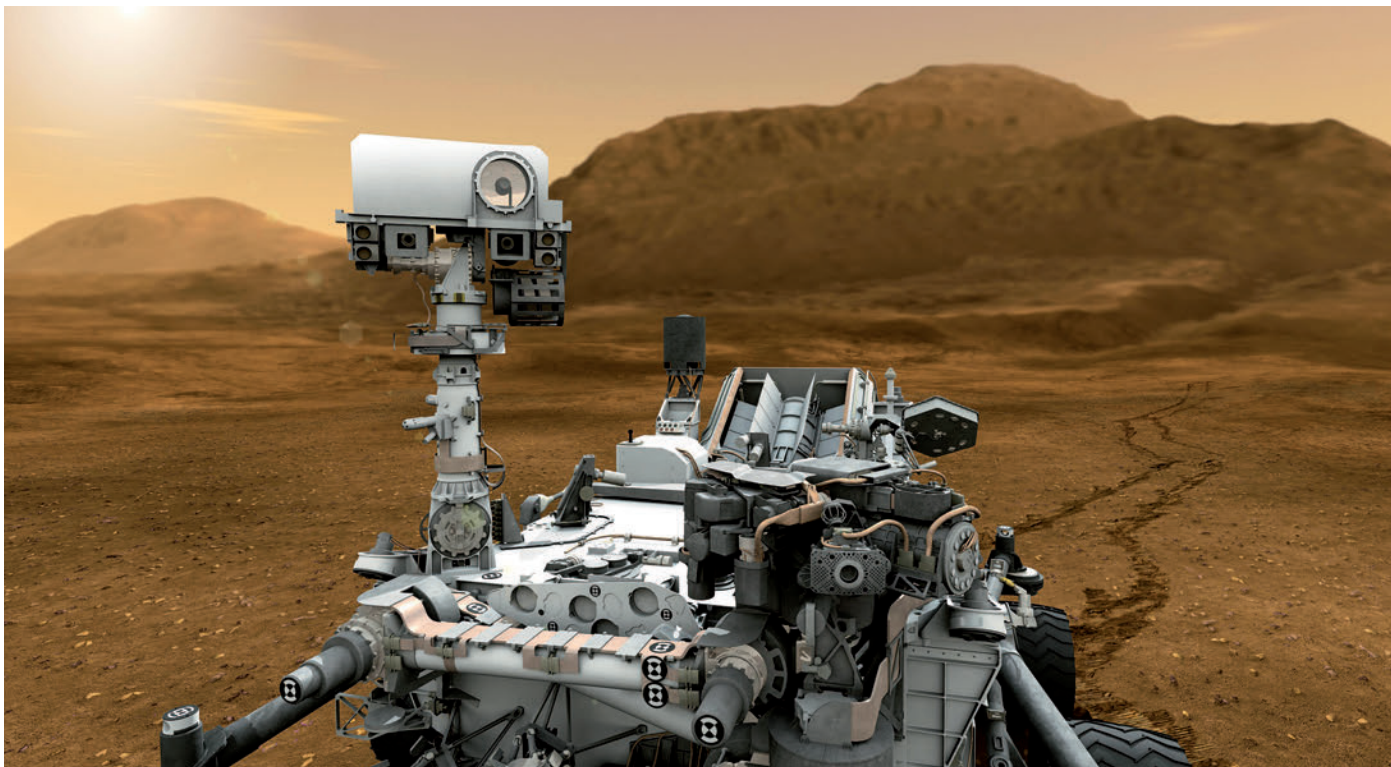
Hori ikusita, hainbat frogak egin dira jakiteko ea organismoren bat gure planetatik kanpo bizi daitekeen. Adibidez, Japonian frogatu zuten grabitate altuak zer eragin zuen bakterioengan. Gainera, probak ez zituzten egin Lurraren grabitatea halako bi edo halako lau izango litzatekeen azelerazioarekin, Lurraren grabitatea halako 400.000ekin baizik! Eta baldintza bortitz horietan ere, bakterio batzuk gai izan ziren populazioa hazteko. Bes-



Ozeano azpiko iturri hidrotermalak biziarentzako energia-iturri dira. ARG.: P. RONA/TRUDI PUBLIKOA.



Argazkikoa bezalako aintzira termalak bakterioz beteta egon ohi dira, oso azido eta bero egonagatik. ARG.: STEVE JURVETSON, FLICKR, [HTTPS://CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY/2.0/](https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/)



NASAREN *Curiosity* ibilgailua Marten dago 2012ko abuztutik, zenbait neurketa egiten. Orain arte jasotako datuen arabera, ezin da esan Marten bizidunik dagoenik edo egon denik. ARG.: NASA/JPL-CALTECH.

talde, bidaia espazialean ere egin dira ikerketak, eta ikusi da bakterio batzuentzat grabitaterik eza onuragarria ere izan daitekeela, Lurrean baino gehiago ugaltzen baitira.

Hori guztia kontuan hartuta, ez dirudi sinetsgaitza denik gure planetatik kanpo bizia aurkitzea. Baina non eta nola bilatu? Edozer gauza bilatzen dugunean, galdutako beturrekoak adibidez, bi estrategia aukeratu daitezke. Lehen aukera da leku errazetan begiratzea, lan handirik eskatzen ez diguten lekuetan: sukaldeko mahai gainean, egongelakoan, gau-mahaian. Bigarren aukera da pentsatzea non egon daitezkeen. Noiz erabili genituen azken aldiz? Autoan? Han egongo al dira? Lurretik kanpoko biziaren kasuan, berdin. Has gaitezen gertutik: Ilargia lehenengo, Marte gero. Ilargian begiratu dugu jadanik, eta badirudi bertan ez dagoela ezer.

Marten ere hasi gara begiratzen, azaletik bada ere. Planeta gorrian bizia aurkitzeko esperantza handirik ez dago, ez baititu betetzen ustez bizitzeko garrantzitsuak diren bi baldintza: ura likido egoeran eta atmosfera edukitzea. Ezagutzen ditugun bizidun guztiek behar dute ura bizitzeko, nahiz eta batzuk urik gabe biziraun dezaketen denbora luzean. Atmosferak, bestalde, hainbat funtzio betetzen ditu: espazioko erradiazio-

tik babestea, molekulak planetari "lotzea" eta ur likidoari eusteko gutxieneko presio bat eragitea.

Marten orain arte egin den aurkikuntzarik interesgarriena metanoa izan da, eta hori ez da ahuntzaren gauerdiko eztula, nahiz eta kantitate txikia izan den. Lurrean ezagutzen dugunagatik, izaki bizidunek

edota sumendiek sortzen dute metanoa. Marten ere, hala balitz, esan nahiko luke Planeta gorria bizirik dagoela, biologikoki ez bada, geologikoki behintzat. Nolanahi ere, metanoaren aurkikuntza oso interesgarria da, eta hurrengo esplorazio-proiektuetan hobeto aztertu beharrekoa, haren jatorria ezagutzeko.



Bridget izeneko ESAren ibilgailu robotikoa 2018an helduko da Martera, planen arabera. Ordura arte, zenbait frogak egiten ari dira. Argazkian, Atacamako basamortuan, Txilen. ARG.: EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY/G. HUDEPOHL.



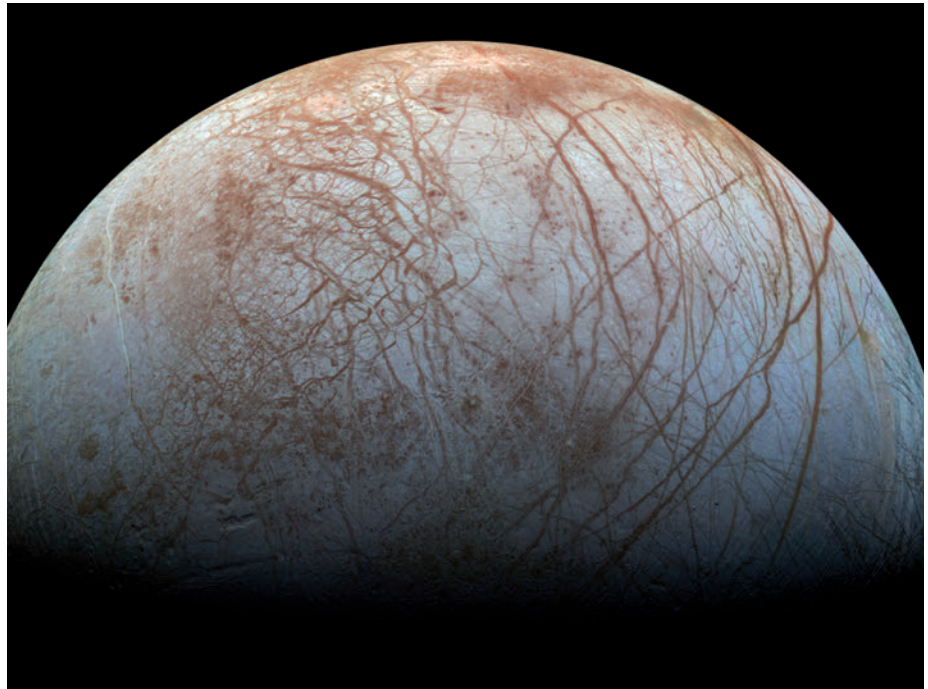
Europako Espazio Agentziaren (ingelesez ESA) *Mars Express* izeneko sateliteak, Marten inguruan biraka dabilenak, aurkitu zuen metanoa. Planetaren azalean, berriz, NASAren *Curiosity* izeneko ibilgailu robotikoa ari da begiratzen ea Marten bizirik badagoen edo inoiz izan den, beste hainbat esperimenturen artean. 2016an, hasita eta ESAREN *ExoMars* programaren barruan, beste satelite bat bidaliko da metano-neurketa zehatzagoak egin ahal izateko. Bi urte geroago, 2018an, ESAk ibilgailu bat bidaliko du Martera bizi-arrastoen bila.

Gure Eguzki Sisteman, hala ere, bada bizi-erako Martek baino baldintza hobekien dituen astorik.

Planeta gorriaren ondoren Jupiter dugu; hasiera batean, hautagai oso desegokia, ez baita planeta lurterra, ia urik ez duen gasezko erraldoia baizik. Haren inguruan biraka, ordea, Europa izeneko satelitea dago. Lurra baino dezente txikiagoa da (gure Ilargiaren antzekoa), eta atmosfera oso fina du (azalean eragiten duen presioa lurrekoa halako 10^{-12} da). Dena dela, badu ezaugarri bat oso erakargarri egiten duena: ura, likido egoeran. Arazoa da ur hori ez dagoela azalean, Eguzkitik hain urruti dagoenez izotzuta dagoelako. Hala ere, Jupiterren erakarpen-indarrek izotz-geruza hori mugiarazten dute, eta uste da higidura horrek eragindako beroak ahalbidetzen duela azaletik hainbat kilometrorara urrezko itsaso bat egotea. Gainera, 2013an, NASAk adierazi zuen 200 km-ra arteko ur-zorrotadak ikus daitezkeela Europako gainazal izotzutik ateratzen, barneko itsasoarentzat beharrezko den bero horrek berak eraginda segur aski.

Datu esanguratsu horien guztien harira, 2015eko urtarrilean, AEBko gobernutik datoren aurrekontu bat lortu du NASAk, Europarako lehen misio espezifikoki ekiteko. *Europa Clipper* izeneko proiektu horren helburua izango da astro izotzu horri buruzko mota askotako datuak jasotzea: zer konposatu kimiko dauden hautematea, bero-iturriak aurkitzea, mapa topografiko bat osatzea, eta abar. Nahiz eta kasu honetan aztergaia Jupiter ez izan, teknikoki errazagoa da zundak planeta erraldoi horren inguruan orbitatzea, eta, ahal den neurrian, noizean behin, Europara gerturatzea. Hala, NASAk kalkulatu du 45 aldiz igaro ahal izan-go dela Europatik gertu, 25 km-ko altueran.

Marten eta Europen bizitza bilatzea betaurrekoak etxeko lekuri azalekoenetan bilatzea bezala da. Hor begiratzen dugu gertuen ditugun hautagaiak direlako. Beste



Europa, Jupiterren satelite izotzua, da gaur egun Eguzki Sisteman bizidun izateko hautagai nagusia. ARG.: NASA/JPL-CALTECH/SETI INSTITUTE.

aukera da unibertso osoan bizia izateko egokiak izan litezkeen planetak bilatzea. Azken urteetan, *Kepler* teleskopioa martxan jarri zenetik bereziki, ehunka planeta aurkitu dira Eguzki Sistematik kanpo. Zehazki esanda, 2.073 planeta, otsailaren 10ean *exoplanet.eu* web-orrian azaltzen denaren arabera. Bestalde, 2017an jaurtikiko den *Transiting Exoplanet Survey Satellite* (TESS) teleskopioarekin espero da zenbaki horrek nabarmen egitea gora. Bai *Kepler*rek eta bai *TESS*ek exoplanetei buruzko hainbat datu aurkitzen laguntzen duten arren, bizigarritasunari buruzko informazio gutxi ematen dute. Horretarako, 2018rako, *Webb* teleskopioaren jaurtiketa dago planifikatuta. Zunda horrek exoplaneten atmosferaren egitura aztertzen lagunduko du, eta biziarekin erlaziozko gasak aurkitzeko erabili ahal izango da, metanoa adibidez. Hortaz, *TESS* eta *Webb* batera erabiliz, espero da bizia izateko egokiak diren exoplaneta ugari aurkitzea.

Baina, zeintzuk dira bizia izateko baldintza egokiak? Ezagutzen dugun biokimika oinarri hartuta, aipatu dugu ura nahitaezkoa dela. Nahitaezkoak dira, halaber, karbonoa, hidrogenoa, oxigenoa eta nitrogenoa. Izan al daiteke bizirik elementu horiek gabe? Badi-ra baietz proposatzen duten zientzialariak, ura amoniakoarekin ordezkatzuz, edota karbonoa silizioarekin. Gure planetan horrela-

ko biokimiketan oinarritutako izakirik ez egoteak ez du esan nahi beste nonbait egon ez daitekeenik. Nola bilatu, ordea, nolakoa den ere ez dakigun hori? Zientzialari horiek diote teorikoki aztertu beharko liratekeela balizko ziklo biologiko horiek, haien arrastoak espazioan bilatu ahal izateko. Inoiz ikusi ez ditugun betaurrekoak bilatzea litzateke. Edo, agian zuzenago, betaurrekoak zer diren ere jakin gabe horiek bilatzea.

Ikusi dugu Lurrean zaila dela bizidun gabeko lekuren bat topatzea, txororik latzena ere etxe baitu bakterioaren batek. Eta Lurretik kanpo ez da hautagairik falta bizidunen bati ostatu emateko. Bilaketa hasi da. Non ote daude betaurrekoak? ●

BIBLIOGRAFIA

Fox, D.: "Lakes under the ice: the secret garden". *Nature*, 2014ko abuztua.

LEMONICK, M.: "The hunt for life beyond Earth". *National Geographic*, 2014ko uztaila.

NASAren web orria: www.nasa.gov.

ESAren web orria: www.esa.int

Daniel Marinen bloga Naukasen: danielmarin.naukas.com.

ZERTARAKO BALIO DU HORREK?

GORKA AZKUNE GALPARSORO
Adimen artifizialean ikertzailea. DeustoTech

Zientziaren aurkikuntza handi bat iragartzen den bakoitzean, galdera bera entzun behar izaten dugu: zertarako balio du horrek? Behar baino gehiagotan, gainera, galdera horrek bestelako aldaera negatiboagoak ere hartu ohi ditu: nola gasta liteke hainbeste diru horretarako? Joera horien atzean, zientziaren eta teknologiaren ezagutza urria dago, baina, tamalez, gure gizartean zabaltzen ari da iritzi hori. Historiak erakutsi digu, ordea, oinarritzko zientzia izan dela gure gaur egungo ongizatearen benetako motorra. Baina motor horrek ezin du erregairik gabe martxan jarraitu.



ARG.: US GOVERNMENT

Bada Michael Faraday fisikari handiaren inguruko pasadizo polit bat. Gizon hark, bere jatorri xumeak gaindituta, ekarpen izugarriak egin zizkion fisikari eta gaur egungo gizarte modernoari. Besteak beste, motor elektrikoa asmatu zuen eta uhin elektromagnetikoen erabileran aitzindaria izan zen. Baina, bere garaian, jende askok mesfidati begiratzen zion hari ere.

Britainia Handiko lehen ministro izango zenak egun batean bisita egin omen zion laborategian Faradayri. Gailu bitxi haiek ikusi

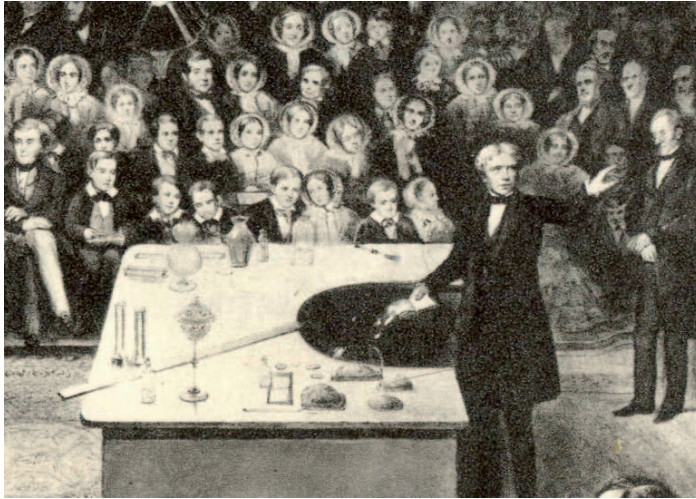
ondoren, betiko galdera egin zion: “Zertarako balio du horrek guztiak?”. Faradayk harritzeko moduko erantzuna eman omen zion: “Ez dakit jauna, baina ziur naiz etorkizunean zergak kobratuko dituzuela gauza hauengatik”. Esan, eta baita asmatu ere. Gaur egun, argiaren fakturaren ia erdia zergatan ordaintzen dugu. Erabiltzen dugun elektrizitatearen sorkuntzan eta banaketan berebiziko garrantzia izan zuen Faradayk egindako lanak.

Baina Faradayk ezin zezakeen orduan bere lanak izango zuen eragin itzela auresan.

Ez zuen lan egiten auto elektrikoak, irratia eta bestelako gailuak sortzeko. Haren helburua, zientzialari guztiena bezala, ezagutza berria sortzea zen. Naturako fenomeno batzuk azaldu nahi zituen. Elektrizitatea, magnetismoa eta argia elkarrekin nola lotu asmatu nahi zuen. Bere garaiko zientziaren arazo handiak konpontzea zuen helburu, puzzle bat osatu nahi duen ume baten gisara. Puzzle hura bukatu zuenean Maxwell eta beste zientzialari handien laguntzaz, ezagutza berria eta emankorra utzi zigun oinordekotzan.



Michael Faraday
hitzaldi publiko
batean parte hartzen.
ARG.: ALEXANDER BLAICKLEY.



Gizarteak jakin behar du ezagutzak beti duela balio ikaragarria. Eta ezagutza sortzen lan egiten dutenek ez dutela gehienetan beren ezagutzaren aplikaziorik ikusten. Historiak milaka adibide erakutsi dizkigu, eta, hemen, horietariko gutxi batzuk azaltzen saiatuko gara.

EINSTEIN ETA GPS-AK

Erlatibitate bereziarekin XX. mende hasierako fisika irauli ostean, Albert Einsteinek bazuen oraindik buruhauste bat: nola orokortu bere erlatibitate berezia behatzaile ez-inertzialentzat. Behatzaile inertzialak abiadura konstantez mugitzen direnak dira; ez-inertzialek, oster, mugimendu azeleratua dute. Erlatibitate bereziaren ekuazioek ongi deskribatzen zuten fisika behatzaile inertzialentzat, baina ez zuten erantzunik besteentzat. Beraz, teoria ez zen osoa. Puzzle hura, Faradayrena bezalatsu, ez zegoen amaituta.

1915. urtean Einsteinek bere erlatibitate orokorraren teoria kaleratu zuen. Izugarritzko iraultza izan zen. Behatzaile ez-inertzialen fisika azaldu asmoz, Einsteinek grabitatearen teoria berri bat aurkitu zuen, Newtonena orokortu eta hobetzen zuena. Grabitatea espazioaren eta denboraren ondorio zela postulatu zuen. Teoria hark zehaztasun handiz azaltzen zuen garai hartan jada ezaguna zen Merkuri planetaren orbita berezia.

Erlatibitate orokorraren ondorioetako bat denboraren makaltzea da. Teoriaren arabera, denbora makalago igarotzen da grabitatearen intentsitatea handiagoa den lekuan. Horrek esan nahi du denbora makalago doala lurrazalean Lurraren inguruan biraka dabilzan sateliteen lekuan baino. Han goian gra-

bitatea ahulagoa denez, denbora hemen baino azkarrago pasatzen da.

Erlatibitate orokorra argitaratu eta handik ia 60 urtera, GPS proiektua garatu zen. Gaur egun, GPSa gure mugikorretan integratuta daukagu eta ongi dakigu zertarako balio duen. Baina nola funtzionatzen du? Asko laburbilduz, Lurraren inguruan 24 satelite dabilta biraka, eta satelite horiek argi-izpi batzuk bidaltzen dizkiete gure GPS gailuei, beren posizioa eta denbora adierazten dutenak. Gure gailuek, seinale horiek jasotakoan, gure posizioa lortzen dute triangulazio bidez.

Triangulazioa egiteko, zehaztasunez jakin behar da seinalea noiz igorri den satelite bakoitzetik. Sateliteen erlojuak eta gure gailuenak ez dute berdin neurtzen denbora. Beraz, ezinbestekoa da denbora-alde hori kontuan hartzea posizioa ongi kalkulatzeko.



Autoetan erabili ohi ditugun GPS gailuak.
ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/IGOR MOJZES.

Ez bagenu kontuan hartuko erlatibitate orokorrak auresandako denboraren moteltzea, GPS gailuek ez zuten ezertarako balioa, posizioan izango genukeen errorea ikaragarria bailitzateke, nahiz eta Lurra eta sateliteen arteko denbora-aldea txikia izan.

ERRESONANTZIA MAGNETIKOAK KUANTIKARI ESKER

Erresonantzia magnetikoak iraultza handia eragin du medikuntzan. Teknologia horri esker, gure gorputz barnean zer gertatzen ari den jakin dezakegu, gorputza moztu eta ireki gabe. Lesio muskularrak edo tumoreak ikus daitezke, adibidez, erresonantzia magnetikoari esker.

Ziur kuantika hitza behin baino gehiagotan entzun duzuela. Gehienetan, gauza arraroa lotuta seguraski. Kuantikak molekula eta atomoen fisika deskribatzen du. XX. mendearen hasieran, hainbat esperimendu azaldu zituzten garai hartako fisikak azaldu ezin zituen fenomenoak, ia beti objektu oso-oso txikiei lotuta. Planck, Einstein, Bohr, Schrödinger, Dirac, Heisenberg eta beste zenbait fisikariri esker, besteak beste, txiki-n munduak nola funtzionatzen zuten ikusi genuen. Eta ezuste pilo bat agertu ziren.

Kuantikak erakutsi zigun atomoek badutela *spin* deituriko propietate bat. Horren ondorioz, atomoak iman txikiak balira bezala irudika daitezke. Atomo ezberdinak konbinatzen direnean, molekulak eratzen dira. Gure muskuluetako molekulak edo organoetako molekulak ezberdinak dira. Kuantikak dioenez, molekula bakoitzak portaera ezberdina erakusten du eremu magnetiko batean jarriz gero. Molekula osatzen duten atomo ezberdinen *spin*-en ondorioa da portaera hori. Beraz, esan daiteke molekula bakoitzak baduela bere sinadura magnetikoa.

Erresonantzia magnetikoen oinarrian dago ikusi berri dugun hori. Makinan sartzen gaituztenean, eremu magnetiko batzuk sortzen dituzte gure inguruan, iman handi batzuk erabiltzaile. Gure gorputzeko molekulak era ezberdinean erreazionatzen dute eremu magnetiko horien aurrean, nolabait biraka hasiz maiztasun ezberdinekin. Molekula bakoitzak bere maiztasuna du biratzeko garaian, eta makinek hori harrapatzen dute, argi-izpiak erabiliz. Hala, gai dira gure gorputza osatzen duten molekulen mapa bat egiteko, eta, ondorioz, ehunak bereiz daitezke.

Kuantikaren oinarriak ez bagenu ezagutuko, ezingo genuke erresonantzia magnetikorik egin. Kontu izan antimateria eta hala-ko gauza arraroak aztertu eta deskribatzen



dituen teoriak berak ahalbidetu duela gure osasunarentzat hain garrantzitsua bihurtu den gailu hori.

TURING-EK EZ ZUEN INTERNET EZAGUTZEN

Alan Turing, XX. mendeko matematikari britainiarra, ezagun bilakatu da jendartearen Mundu Gerran izan zuen paper garrantzitsuarengatik. Naziek beren mezuak zifratzeko zerabilten *Enigma* makinaren kodeak askatzeko gai izan zen lantaldean egon zen bera. Eta gure mundua goitik behera aldatu duten ordenagailuen garapenean ere izan zuen berebiziko garrantzia Turingek.

Garai hartan, kalkulu astunak egiteko orduan, engranaje eta biraderaz jositako gailu mekaniko batzuk erabili ohi ziren. Makina mekaniko haiek ataza konkretu bat egiteko balio zuten, baina ez beste ezertarako.

Alan Turingek buruan zerabilen nola lor zitekeen makina bat egitea, konputazio-ataza guztiak gauzatzeko gai izango zena. Adibidez, makinak berak kalkula ditzala bi zenbakiren baturak; baina kalkula ditzala, halaber, bi zenbakiren baturak, horiek bikotitak badira bakarrik. Hots, Turingek edozein algoritmo exekutatzeko makina bat nahi zuen lortu. Harentzat, arazo matematiko bat zen halako makina bat lortzea.

Azkenik, 1936. urtean, erantzuna aurkitu zuen Turingek. Makina automatiko deitu zuen diseinu kontzeptual hura, gaur egun, *Turingen makina* gisa ezagutzen dugu. Kontu egin Turingek ez zuela inoiz pentsatu makina hura benetakoa izan zitekeenik. Konputazio-eredu gisa aurkeztu zuen, arazo konputazionalak aztertu ahal izateko tresna kontzeptual gisa.

Turingen makinaren errealizazio fisiko gisa ikus daitezke gaur egungo ordenagailuak. Hark asmatu zuen eredu matematiko hura benetakoa bilakatu



Turingen makinaren irudikapen artistiko bat. ARG.: JABETZA PUBLIKOA.



Erresonantzia magnetikoak egiteko makina. ARG.: JAN AINALI/CC-BY.

zen, elektronikaren laguntzaz. Gaur egun, ordenagailuek testuak idazteko balio dute, irakurtzeko, ekuazioak askatzeko, bideoak ikusteko, Interneten nabigatzeko, etxeak diseinatzeko eta beste milaka ataza egiteko. Baina haien oinarrian Turingen makinaren konputazio-eredua dago. Hark ez zuen inoiz amestu ahal izan horrelako gailurik egongo zenik ere. Arazo matematiko bat konpondu besterik ez zuen nahi. Eta begira nola aldatu zuen mundua...

ONDORIOAK

Xabier Letek ongi zioenez *Izarren hautsa* abesti zoragarrian, "gizonen lana jakintza dugu, ezagutuz aldatzea". Gizakiak ez du zientzia baino sistema hoberik topatu ezagutza sortzeko. Ezagutza da zientziaren helburua, baina ez aldaketa. Aldaketa, abestiak esan bezala, ezagutzaren ondoren dator.

Hala ere, zientzialari-talde batek proiektu berri bat aurrera ateratzeko dirua eskatzen duenean, deialdi

publikoek eskatzen diete beren ikerkuntzek gizartean, ekonomian edo osasunean zer eragin izango duten azaltzeko. Baina hori ez daki zientzialari batek, ezin baita etorkizuna auresan. Europan zein Euskadin, balio handia ematen zaio eraginaren kontzeptuari ikerkuntzaren finantziazioan. Negozio-planak ere eskatzen dituzte zientzia-proiektuen memoriatan. Oinarrizko zientzia gisa ezagutzen den hori, arazo handiak askatu nahi dituen zientzia hori, lekuz kanpo geratzen ari da gure gizartean, eta horren ondorioak denok pairatuko ditugu, ez baitago aldagetak edo eraginik ezagutza berririk gabe.

Beraz, zertarako balio du Rosetta misioak? Zertarako Higgs-en bosoiaren aurkikuntzak? Orain badakit: gure ezagutza hedatzeko. ●

BIBLIOGRAFIA

- SCHUTZ, B.: "Gravity from the ground up: An introductory guide to gravity and general relativity". Cambridge University Press, (2003).
- ARTÚS, P.; CREHUET, R.: *Mecánica cuántica: un viaje al universo subatómico*. Océano Grupo Editorial.
- TAYLOR L. BOOTH: *Sequential Machines and Automata Theory*. John Wiley and Sons, Inc., New York, (1967).
- RUSSELL, C. A.: "Michael Faraday: physics and faith". Oxford University Press, (2000).
- THORNE, K.: *The Science of Interstellar*. WW Norton & Company, (2014).

SUPERKONDENTSADOREAK

Etorkizuneko energia-metagailuak

JOSE MIGUEL CAMPILLO

LAURA OCA

JON ANDONI BARRENA

Energia Metatzeko Sistemen ikerketa-taldea,
Mondragon Goi Eskola Politeknikoa,
Mondragon Unibertsitatea



ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/ZHU DIFENG

Parisko klimaren goi-bileran ikusi zen moduan, jadanik ia inork ez du ukatzen beroketa globala gertatzen ari denik. Horrek argi adierazten du ingurumenarekiko kezka etengabe handitzen ari dela gure gizartean. Zoritxarrez, munduko baliabide natural mugatuen ustiaketa basatiak aurrera darrai. Adituek diotenez, hamarkada honetan gaindituko dugu petrolioaren gailurra, jadanik gainditu ez badugu. Hau da, une honetan, petrolioaren mundu mailako erauzketa bere maximoaren inguruan dago [1]; hemendik aurrera, petrolioaren erauzketa txikituz joango da. Hortaz, hurrengo belau-naldietarako etorkizun ilunik ez badugu nahi, ezinbestez aldatu behar dugu energia-eredua. Energia-iturri garbiek ordezkatu behar dituzte erregai fosilak.

Gauzak horrela, etorkizunean, erregai fosilak baztertuta, handitu egingo da elektrizitatearen erabilera. Aldaketa horrek abantai-

lak izango ditu, eta ez soilik ingurumenaren ikuspegitik, baita kostu, segurtasun eta eraginkortasunaren aldetik ere. Hortaz, aldaketa garrantzitsuak datoz energia-ereduan (ekoizpena-banaketa-erabilera). Tamalez, arazo bat dago. Elektrizitatea sortzea nahiko erraza bada ere, ez da hain erraza eraginkor-ki gordetzea. Egia esateko, azken urteetan, baterietan eta bestelako energia-metagai-letan aurrerapenak egin badira ere, ez dira nahikoak izan datozkigun beharrak asetzeko. Izan ere, metagailu berriak behar ditugu, garbiagoak eta potentzia handiagokoak.

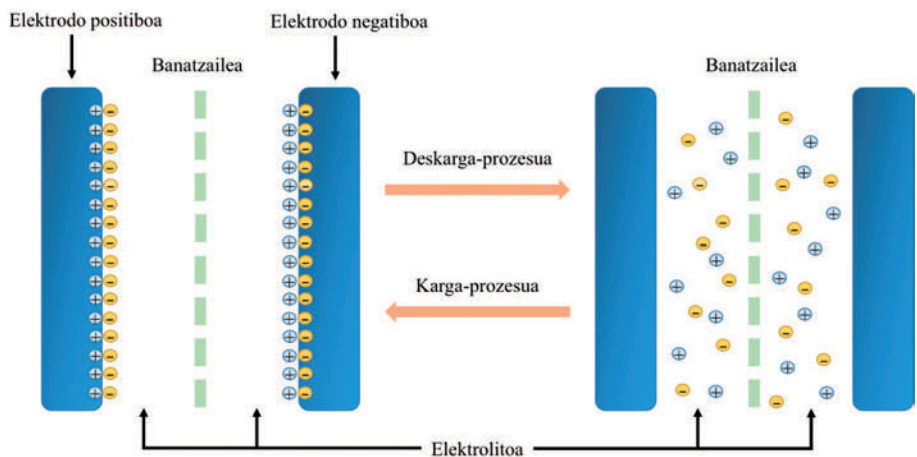
SUPERKONDENTSADOREAK

Testuinguru honetan, azpimarratzekoa da aspalditik erabiltzen diren superkondentsadoreetan* azken urteotan izan den garapena. Izan ere, superkondentsadoreak, orain arte, potentzia handiko aplikazioetan erabili izan dira, gehienbat. Baina beste aplikazio ba-

tzuetarako ere oso interesgarriak izan daitezke, abantaila tekniko asko dituztelako [2]: potentzia-dentsitate handia, karga- eta deskarga-prozesu azkarrak, tenperatura-tarte zabalean erabiltzeko gaitasuna, lan-bizitza oso luzea eta mantentze-lanik gabekoa.

Superkondentsadoreek, bateriek bezala, karga pilatu eta transferitzen dute energia metatzeko eta askatzeko prozesuetan. Baterien kasuan, karga- eta deskarga-prozesuetan erreakzio kimikoak gertatzen dira. Zoritxarrez, prozesu kimikoak ez dira guztiz itzulgarriak, eta denborarekin bateriak degradatuz joaten dira, eta haien bizitza laburtzen da. Superkondentsadoreen karga- eta deskarga-prozesuak, aldiz, efektu fisiko bati esker gertatzen dira. Elektrodo-elektrolito faseartekoan, aurkako zeinuko karga-banaketa bi ageri dira (ikus 1. irudia), geruza bikoitza deiturikoa (ingelesez, *double layer*). Hermann von Helmholtz zientzialari alema-

* Hizkera teknikoan superkondentsadoreei ingelesez *Electrochemical Double Layer Capacitor* deritze, EDLC. Hala ere, terminologian nahasmen handia dago, modu desberdinetan izendatzen direlako: *ultracapacitors*, *electrochemical capacitors*, *boostcaps*, *goldcaps* eta abar.



1. irudia. Geruza bikoitzeko superkondentsadore baten funtzionamendua.

	Litio-iei bateria	Superkondentsadorea	Superkondentsadore hibridoa
Bizitza (lan-zikloak)	Laburra 100 – 1.000	Oso luzea 100.000 – milioiak	Erdizakoa 10.000 – 100.000
Energia-dentsitatea (Wh/L)	300 – 600	1 – 5 (Ohiko kondentsadoreak baino 1.000 aldiz gehiago)	20 – 40 (berun-azido bateriaren neurrikoa)
Lan-tentsioa (V)	3,2 – 4,5	0 – 2,7	2,5 – 4,0
Potentzia maximoa deskargan (kW/L)	Txikia << 0,1 Neurrigabe berotzeko arriskua Suharbera	Oso handia Neurrigabe berotzeko arriskurik ez	Erdizkakotik handira ~ 1 Neurrigabe berotzeko arriskurik ez
Autodeskarga-korrontea (mA)	< 5	< 5.000	< 10

1. taula. Hiru metagailuren arteko alderaketa.

niarrak geruza bikoitzeko kapazitatea deskribatu zuen, lehenengo aldiz, 1853an. Efektu hori itzulgarria da, eta erreakzio kimikoak baino askoz azkarrago gertatzen da. Hori dela eta, superkondentsadoreak oso azkar kargatu eta deskargatu daitezke. Gainera, ez dira degradatzen, eta, horregatik, oso lan-bizitza luzea dute.

Zoritxarrez, bateriekin alderatuz gero, superkondentsadoreen energia-dentsitatea txikia da. Hau da, metagailuaren pisu bererako karga gutxiago pilatzen dute (ikus 1. taula). Berez, superkondentsadoreetako energia-metaketa beren kapazitatearekiko proportzionala da; eta hori elektrodoen gainazalaren azalerarekiko proportzionala da [3]. Hain zuzen ere, kargak gainazalean eransten dira. Horregatik, zenbat eta azalera handiagoa izan, orduan eta karga gehiago pilatzeko gaitasuna izango du. Beraz, superkondentsadoreen energia-dentsitatea handitzeko, elektrodoen gainazalaren azalera handitu behar da. Gainera, elektrodoen gainazalaren azale-

rak korrante elektrikoa garraiatzeko gaitasuna ere mugatzen du, eta, hala, superkondentsadoreak eman dezakeen potentzia maximoa ere mugatzen du. Hortaz, azalera handitzeak beste abantaila bat dauka, potentzia handitzea.

NANOMATERIALAK

Azken urteotan, nanomaterialak erabiltzen ari dira superkondentsadoreen energia-dentsitatea handitzeko. Nanomaterialen egitura mikroskopikoak elektrodoen gainazalaren azalera handitzen du, eta, horri esker, superkondentsadoreek karga gehiago pilatu dezakete. Orain arteko superkondentsadoreen bi elektrodoetan ikatz aktibatua erabili izan da. Ikatx aktibatua material amorfoa da, oso porotsua. Horren ordez, nanomaterialak erabiltzen hasi dira [4], adibidez: karbono-nanohodiak, grafenoan oinarritutako elektrodoak, karburoetatik eratorritako ikatza (ingelesez, *Carbide-Derived Carbon*, CDC), eta abar.

Karbono-nanohodiak karbono-atomoz osaturik daude. Karbono-atomoek hexagonoak eratzen dituzte, beren arteko loturen eraginez. Horrela, horma bakarreko karbono-nanohodietan, karbono-atomoen hexagonoek hodiaren gainazala eratzen dute, eta nanometro bateko diametroko hodiak lortzen dira. Holako nanohodiak bertikalki lerrokatuta jartzen baditugu, elektrodoaren ezaugarri fisikoak dezente hobetzen dira, ikatz aktibatuarekin alderatuz gero. Adibidez, elektrodoen gainazalaren azalera handitzea lortzen da.

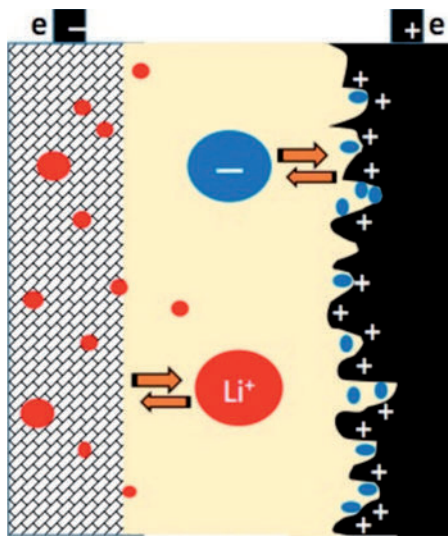
Grafenoak karbono-nanohodien antzeko egitura dauka, baina karbono-atomoen geruza lau bat da. Grafenoan, karbono-atomoak abaraska-sare baten moduan lotuta daude, plano batean. Karbono-nanohodien eta grafenoaren erabilpenaren arazo nagusia da garestiak direla, haiek ekoiztea konplexua baita.

SUPERKONDENTSADORE HIBRIDOAK

Gizartearen beharrak bultzatuta, elektrodoetarako material berrien bila dabilta ikertzaileak. Ikusi dugunez, nanomaterialak erabiltzea da aukeretako bat, baina, ez da aukera bakarra. Ohiko ikatz aktibatuzko elektrodo bat ordezkatu daiteke baterietako elektrodo bat jarritz. Hau da, superkondentsadoreetan erabiltzen den ohiko elektrodo bat eta baterietan erabiltzen den beste elektrodo bat erabiltzen hasi dira, metagailu berri bat sortzeko. Horrelako metagailuei superkondentsadore hibrido edo superkondentsadore asimetriko esaten zaie [5].

Zientzialariak hainbat kimika erabiltzen ari dira, superkondentsadore hibridoetan baterietako elektrodoak sortzeko [6]. Horien bidez lortu dute superkondentsadore hibridoetan energia-dentsitatea handiagoa izatea, eta, horren ondorioz, metagailu txikiagoak eraiki daitezke. Orain arte lorturiko konposizio kimikoen artean hauek dira aipagarrienak: nikel hidroxido nanoporotsua eta ikatz aktibatua; grafito gurutetatik lortzen den laser-marrazketa bidezko grafenoa (ingelesez, *Laser-Scribing Graphene*, LSG) eta manganeso dioxidoa; kristal likidozko moldearen teknologiaren bitartez sorturiko metal oxido nanoporotsua; rutenio oxido dopatua; eta, azkenik, litioz dopatuta dagoen ikatzean oinarritutako materiala. Azken kimika hori da merkatuan gehien zabaltzen dena, eta adituek litio-iei kondentsadore gisa ezagutzen dituzte (ingelesez, *Lithium-Ion Capacitors*, LIC).

LIC delako superkondentsadore hibridoetan, elektrodoetako bat ohiko superkondentsadore baten modukoa da, ikatz aktibatuzkoa. Elektrodo hori katodoa da (elektrodo



Ikatz gogorra Elektrolitoa/banatzaila Ikatz aktibatua

2. irudia. Superkondentsadore hibridoaren egitura eta funtzionamendua.

positibo), eta elektrolitoaren ioiak harrapatzen eta askatzen ditu karga- eta deskarga-prozesuetan (ikus 2. irudia). Beste elektrodoak, berri, anodoa da (elektrodo negatiboa), eta litio-ioi bateria baten moduko elektrodoak da, litioz aurreopaturako ikatz gogorrez eratua. Elektrodo horretan, elektrolitoko litiozko ioiak xurgatzen eta askatzen dira karga- eta deskarga-prozesuetan. Anodo litiatuaren erabilerak energia-dentsitatea handitzen du, metagailuaren lan-tentsioa handituz. Hala ere, metagailuaren karga- eta deskarga-ezaugarriak ohiko superkondentsadore baten antzekoak dira. Baina LIC superkondentsadore hibridoaren energia-dentsitatea ohiko superkondentsadore batena baino 5-7 aldiz handiagoa da. Abantaila handia da hori, edozein erabilerarako tamaina txikiagoko metagailuak erabiltzeko aukera ematen baitu.

Bestalde, LIC superkondentsadoreek ez daukate litio-ioi baterietan ageri diren arazoak. Adibidez, LICetako karga- eta deskarga-prozesuetan ez denez litio metalaren de-

posizioz gertatzen, ez dira dendritak sortzen, eta, ondorioz, ez dago zirkuitu laburrrak sortzeko arriskurik. Superkondentsadore hibridoak ohiko kondentsadore baten moduan jokatzen du karga- eta deskarga-prozesuetan. Izan ere, elektrolitoaren ioiak elektrodoek sorturiko eremu elektrikoan mugitzen dira, bertan sartuz eta ateraz, baina baterietan gertatzen diren erredox erreazioak gertatu gabe. Superkondentsadorearen tentsioaren jokaeran geratzen da hori agerian. Bateria baten karga- eta deskarga-prozesuetan tentsioa oso gutxi aldatzen da; superkondentsadore baten tentsioa, berri, karga-prozesuan handitzen da, eta deskargan txikitzen. Horrez guztiaz gainera, LICetan ampere-kopuru eta tentsio handiak jaso daitezke arriskurik gabe. Horri esker, litio metal ez da elektrodoetan ezarriko. Litio-ioi baterien karga- eta deskarga-prozesu azkarretan, barnealdean ezartzen da litio metal, erredox erreazioen ondorioz. Horrek eragin dezake neurrigabe berotzea eta gelaxkaren barruko tentsioa handitzea, eta muturreko kasuetan, suak eta leherketak gertatu daitezke. Beraz, litio-ioi bateriek dituzten arriskuak saihesten dituzte superkondentsadoreek.

FORMA-FAKTOREA ETA ETORKIZUNA

Merkatuan dauden superkondentsadoreen ohiko forma zilindrikoa da (ikus 3. irudia), edo bestela, txanpon baten modukoa (ingelesez, coin cell). Hori arazo izan liteke, azken finean forma horretako superkondentsadoreak ezin direlako aplikazio askotan erabili. Hori dela eta, ekoizleak superkondentsadore lauak merkaturatzen hasi dira bateriak erabiltzen dituzten aplikazioetan poliki-poliki sartzeko. Horrelakoak dira pouch motakoak edo prismatikoak. Txikikeria ematen badu ere, energia-metagailuen forma eta dimentsioak oso garrantzitsuak dira aplikazioetan hedatzeko. Forma lau txiki batekin, superkondentsadore berriak erabili ahal izango dira, gaur egungo superkondentsa-

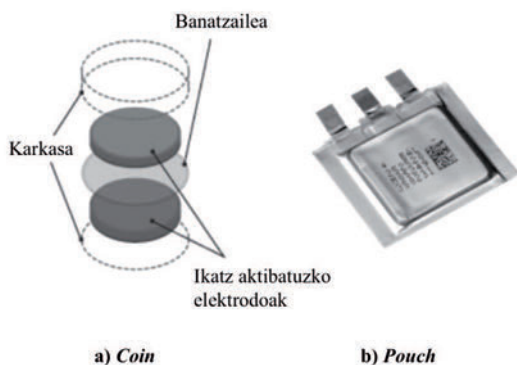
doreak erabili ezin diren eremuetan. Gainera, horrek badu beste abantaila bat: bateriak ekoizteko lerroetan fabrikatu daitezke gelaxka lauak, eta, hala, ekoizpen-kostuak txikitzen dira. Azkenik, gelaxka lauak hobeto paketatuta daitezke, eta horrek energia-dentsitatea handitzen du eta kostuak txikitu. Superkondentsadoreak ez direnez behar baino gehiago berotzen, litio-ioi bateriak baino askoz modu eraginkorragoan paketatuta daitezke. Azken finean, ez dute hozte-sistemarik behar, ezta bateriak kudeatzeko elektronikarik ere (ingelesez, Battery Management System, BMS).

Bestalde, superkondentsadore batean, osagaiei dagokie prezioaren zatirik handiena, eta elektrodoak dira horien artean garestienak. Baina, gertatzen ari diren berrikuntza guztien ondorioz, superkondentsadoreak gero eta gehiago ari dira erabiltzen. Eta, noski, ekoizpena handitzen den neurrian, metagailuen prezioak jaisten ari dira. Prezioak jaistearekin batera, asko zabalduko da haien erabilera-eremua, orain arte pentsaezinak ziren esparruetan hedatu arte.

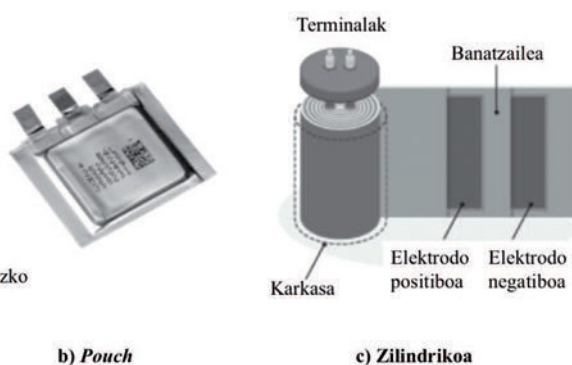
Amaitzeko, energia-dentsitatea eta tamaina/kostua erlazioa hobetzen badira, superkondentsadore berritzaile horien aplikazio-aukera inoiz baino zabalagoa izango da, eta energia garbiago baterako jautzia erraza egin ahal izango da. Superkondentsadore txikiagoek tresna elektroniko txikiak elika ditzakete, eta baita soinean eramateko gailuak ere. Baina artikuluko honen helburua ez da superkondentsadoreen aplikazio-eremuez hitz egitea. Hori beste baterako utziko dugu. ●

ERREFERENTZIAK

- [1] GATES, J. E.; TRAUGER, D. L.; CZECH, B.: *Peak oil, economic growth and wildlife conservation*, Springer (2014).
- [2] Miller, John M.: *Ultracapacitor Applications, Power and Energy Series 59*, The Institution of Engineering and Technology, London (2011).
- [3] GONZÁLEZ, A.; GOIKOLEA, E.; BARRENA, J. A.; MYSYK, R.: "Review on supercapacitors: Technologies and materials". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **58** (2016) 1189–1206.
- [4] LI, J.; CHENG, X.; SHASHURIN, A.; KEIDAR, M.: "Review of Electrochemical Capacitors Based on Carbon Nanotubes and Graphene". *Graphene* **1** (2012) 1–13.
- [5] DUBAL, D. P.; AYYAD, O.; RUIZ, V.; GÓMEZ-ROMERO, P.: "Hybrid energy storage: the merging of battery and supercapacitor chemistries". *Chem. Soc. Rev.* **44** (2015) 1777–1790.
- [6] VLAD, A.; SINGH, N.; ROLLAND, J.; MELINTE, S.; AJAYAN, P. M.; GOHY, J.-F.: "Hybrid supercapacitor-battery materials for fast electrochemical charge storage". *Scientific Reports* **4**:4315 (2014) 1–7.



a) Coin



b) Pouch

c) Zilindrikoa

3. irudia. Merkatuan dauden superkondentsadoreen geometriak.

EKINEAN



MADDI ARZAK ERZIBENGOA Biologoa

“Norbera bakarrik ez da inora ailegatzen”

Maddi Arzaki etxetik datorkio zaletasuna. Aitortzen duenez, ama oso naturazalea du, eta mendira joaten zirenean, gustuko zuen naturari buruzko azalpenak ematea. Hori aintzat hartuta, ez da harritzekoa Biologia aukeratu izana unibertsitate-ikasketak egiteko garaian. “Ikasgaien artean, botanika genuen, eta ikaragarri gustatu zitzaidan. Hortik abiatuta, (...)”

ALBISTEAK



Homeopatia ez da plazeboa baino eraginkorragoa

Australiako Osasun Sailak agindutako ikerketa batean homeopatiaren eraginkortasuna aztertu dute 68 gaixotasunetan. Eta ondorioztatu dute bakar batean ere ez dela plazeboa baino eraginkorragoa. Osasun Sailak medikuntza alternatibotzat du homeopatia. Haren arabera, homeopatek sinesten dute zenbat eta diluituagoa egon substantzia bat uretan, orduan eta handiagoa dela sintomak sendatzeko ahalmena. Sendagai homeopatikoen gehienak hainbat (...)”

ALBISTEAK



Ebolari aurre egiteko antigorputz eraginkorrak aurkitu dituzte

Ebolari aurre egiteko antigorputz oso eraginkorrak isolatu ditu nazioarteko ikertzaile talde batek, 1995eko Kikwiteko (Zaire) izurritik bizirik ateratako pertsona batetik. Lagin horretatik ateratako hiru antigorputz gaur egun gizakietan probatzen ari diren beste antigorputzak baino % 25 eraginkorragoak dira birusari lotzeko garaian. Eta tximinoekin egin dituzten probetan oso emaitza onak eman dituzte, baita tratamendua (...)”

Ekainera arte



aldizkaria.elhuyar.eus



www.facebook.com/elhuyar.albizkaria



@elhuyaraldizk

Argitaratzailea:

elhuyar
Zientzia

Zelai Haundi, 3.
Osinalde industrialdea
20170 USURBIL (Gipuzkoa)
tel. 943 36 30 40
Faxa: 943 36 31 44
aldizkaria.elhuyar.eus

Zuzendaria: Aitziber Agirre, a.agirre@elhuyar.com

Publizitate-arduraduna: Izaro Aizpurua, i.aizpurua@elhuyar.com

Hizkuntza-arduradunak: Alaitz Imaz, Saroi Jauregi.

Erredakzio-taldea: Aitziber Agirre, Egoitz Etxebeste, Ana Galarraga.

Zenbaki honetako kolaboratzaileak:

Xabier Artaetxebarria, Gorka Azkune, Andoni Barrena, Jose Miguel Campillo, Eider Carton, Mikel Iriondo, Igor Leturia, Carmen Manzano, Laura Oca, Manu Ortega.

Jatorrizko diseinua: BLANCO soluzio grafikoak

Azalaren diseinua: BLANCO soluzio grafikoak

Azaleko argazkia: Eutah Mizushima/CCO

Diseinua eta maketa: BLANCO soluzio grafikoak, Virginia Larrarte

Inprimatzailea: Leitzaran Grafikak

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

Harpidetza: Izaro Lanberri, harpidetza@elhuyar.com.

Paperean eta edizio digitala:

Urtean 4 zenbaki (martxoa, ekaina, iraila eta abendua)

Euskal Herria eta Espainia: 16 €.

Beste herrialdeak: 28 €.

Edizio digitalaren harpidetza: 7 €.

Ale digitala: 3,50 €.

CC BY-SA-3.0 Elhuyar Fundazioa

Lege-gordailua: SS-769/85

ISSN: 2255-4998

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

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

Aldizkariari diruz lagundu dioten erakundeak eta enpresak:



**EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO**

“Hezkuntza, Hizkuntza Politika eta Kultura Sailak (Hizkuntza Politikarako Sailburuordetza) diruz lagundua”



Gipuzkoako Foru Aldundia

ORONA Koop. Elk.; LAGUN ARO Koop. Elk.; ULMA Koop. Elk.; EIKA Koop. Elk.; DOILAN TEGIA Koop. Elk.; KIDE Koop. Elk.; DANOBAT GROUP Koop. Elk.; IRIZAR Koop. Elk.



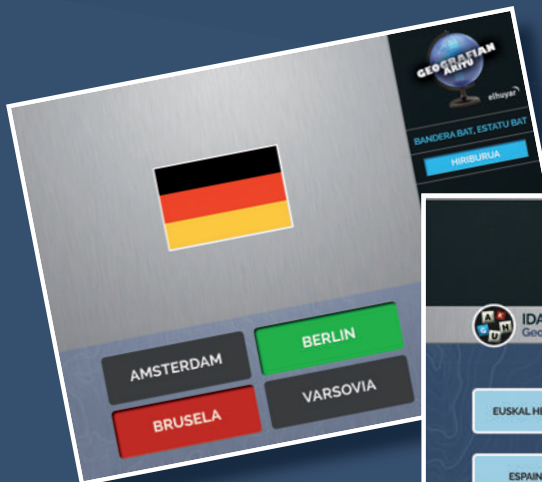
elhuyar

Munduko eta Euskal Herriko geografia fisikoan
zein politikoan aditu bihurtzeko tabletako joko

12
urtetik
aurrera



- **Idatzi lekuaren izena:** mapan lurralde edo hiri bat agertuko da nabarmenduta, eta zein den asmatu behar da.
- **Bandera bat, estatu bat:** pantailan agertzen den bandera zein lurralderi dagokion asmatu behar da.
- **Eman erantzun egokia:** mapan nabarmenduta agertzen den elementu geografikoa zein den identifikatu behar da.



Android eta iOSerako aplikazioa

1,5 €



zientziaazoka
elhuyar da

elhuyar da

APIRILAREN
23an
larunbata

bi
bizi
ikerketa!

**Egun osoz,
12:00etatik aurrera!**

<http://zientzia-azoka.elhuyar.eus/>

Bilboko Plaza Barria

Antolatzailea
elhuyar
Zientzia