

elhuyar

344 zk. | 2021eko abendua

5'90 euro

Elkarrizketa

Isabelle Guyon

Big datako aditua

Giza eboluzioa
berridazten

Musikaz gozatzeko ezgaitasuna:
anhedonia musikala



Zientzia eta irudimena, etorkizuneko giltzak

CAF
ELHUYAR
SARIAK
2022

Oinarriak:

cafelhuyarsariak.elhuyar.eus

Lanak bidaltzeko azken eguna:

2022ko otsailaren 12a



Antolatzaileak:

CAF

elhuyar
ezagutuz aldatzea

Babeslea:

NEIKER
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute
Elhuyar aldizkariaren zuzendaria



Musikak hunkitzen ez duenean

Gauza gutxik hunkitzen dute musikak bezainbeste. Neurozientziak asko ikertu du nola aktibatzen den garuna une horietan, eta zer-nolako erantzun fisiologikoak gertatzen diren. Baina denentzat ez da plazer-iturri musika; gutxi batzuek ez dute batere emoziorik sentitzen, eta ez dute erantzun neurologiko ez fisiologikorik. Anhedonia musikala dute. Musikak pertsona horiengan sortzen dituen erantzun neurologikoak ikertu dituzte, eta anhedoniaren oinarria identifikatu. Garunaren zirrikituak ulertzen lagunduko duelakoan ekarri dugu gaia.

Isabelle Guyon elkarrizketatzeko abagunea ere izan dugu Elhuyarren, adimen artifizialaren aitzindarietako bat. Adimen artifizialak gizartean sortzen dituen beldurren jakitun, arriskutzat hartu beharrean, aukera gisa ulertzera gonbidatzen gaitu. "Adimen artifiziala ahalik eta jende gehienaren esku jarri behar dugu", dio Guyonek. Izan ere, arrisku guztietan handiena ez al da, hain zuzen, elite teknologikoaren eta maila sozioekonomiko baxuagoko gizarte-sektoreen artean sor daitekeen arrakala? Merezi du adimen artifizialean erreferentea den emakume honen ahotsa entzutea.

Bestetik, zientzian begirada feminista barneratzearen garrantzia erakusten duen adibide bat ekarri dugu. Beste bat. Oraingoan, mahai-gainean jarri dugu zer-nolako aurreiritzien gainean eraiki den giza eboluzioaren kontakizun ofiziala. Izan ere, kontakizun horrek naturalizat jo ditu gizon eta emakumeen jokaera batzuek, ustez geroko kulturaren eraginetik libre daudenak. Baina gero eta ikertzaile gehiago ari dira begirada aldatzen, eta aldarrikatzen erregistro fosilak ez duela bat egiten kontakizun horrek transmititu digunarekin.

Ezinbestekotzat jotzen dugu *Elhuyar* aldizkarian giza eboluzioaren kontakizun horretan azaltzen diren aurreiritziak seinalatzea, ez dadin ikuspegi oker hori kontzientzia kolektiboan iltzatu eta iraunarazi. Kontakizun hori berridaztea izan da Carmen Manzano Basabe EHUKo irakaslearen ibilbide profesionaleko azken ekarpena. Erretiroa hartu aurreko azken agerraldi publikoa. Eskerrik asko, Carmen. ●

36

ELKARRIZKETA

Isabelle Guyon

Big datako aditua



Adimen artifizialaren aitzindarietako bat da Isabelle Guyon. Irakatsi ordenagailuari gauza bat egiten, eta, seguru asko, bere lana erabiltzen ariko zara. Makinek edozein datutaldetan patroiak identifikatzeko ikas dezaten ikertzen du, ikasketa automatikoaren gakoetako bat.

42



Giza eboluzioa berridazten

48

Giza eboluzioaren kontakizuna zirraragarria da: mamut handien ehiza, Afrikatik mundu osora zabaltzea, garunaren garapena... Baina non daude emakumeak kontakizun horretan? Giza eboluzioa berridazteko garaia da.

Musikaz gozatzeko ezgaitasuna: anhedonia musikala

Musika entzutea, piezaren, unearen eta entzulearen arabera, izan daiteke hunkigarria, dantzagarria, gozagarria, mingarria, iradokitzailea... Gutxi batzuentzat, ordea, ez da ezer; ez die ezer eragiten. Anhedonia musikala dute. Berezitasun horren oinarriak eta ondorioak ikertzen ari dira.

04 IKUSMIRAN
*Mikroskopia
artearen sorleku*

16 ALBISTEAK

24 2021EKO NOBEL SARIAK

28 IRAULTZA TXIKIEN LEKUKOAK
Jon Irazusta Astiazaran

30 ANALISIAK
Espazioaren ustiaketa

36 ELKARRIZKETA
Isabelle Guyon

42 ERREPORTAJEA
*Musikaz goatzeko
ezgaitasuna:
anhedonia musikala*

48 ERREPORTAJEA
*Giza eboluzioa
berridazten*

54 ERREPORTAJEA
*Anfibioen gainbehera
isila, gaixotasun berriek
hauspotuta*

62 ZIENTZIA ITSU
Zientzietan itsu

64 MUNDU DIGITALA
*Clive Sinclair,
ordenagailuak etxeetara
iritsarazi zituen
aitzindaria*

68 ISTORIOAK
*Rudolf Virchow:
medikuntza
gizartearentzat*

72 BRTA-REN ESKUTIK
*Oinarrizko zientzia,
garapen teknologikoaren
eragile*

74 EKINEAN
Itziar Irakulis Loitxate

76 GAI LIBREAN
*Neutrinoak:
antimateriaren
sekretoak argitzen*

81 GAI LIBREAN
*Enobieta erreka
leheneratzeko bidea
irekiz*



Eduki gehiago, webgunean
aldizkaria.elhuyar.eus

Mikroskopioa artearen sorleku

Nikon Small World 2021

Haritz baten hostoetako egitura mikroskopikoek irabazi dute aurtengo Nikon Small World argazki-lehiaketa. Hain zuzen, zuhaitzaren bizitza posible egiten duten hiru oinarriko egitura ikusten dira: zuriz, trikomak, hostoari muturreko hotzetik eta intsektuetatik babesten laguntzen dioten egitura iletsuak; morez, estomak, gasak trukatzeko ireki eta ixten diren poroak; eta, urdinez, sustraietatik datorren ura hostoan zehar garraiatzen duten hodiak.

Jason Kirk ikertzailearena da argazkia. 20 urtetik gora daramatza mikroskopian lan egiten, eta, gaur egun, Bizi Mikroskopioa eta Irudi Optikoa ataleko zuzendaria da AEBko Baylor College of Medicine-n. Haritz-hostoen beheko aurpegia mikroskopiopon jarrita eman zituen pandemia-garaiko tarte libreak, eta argiztapen-zailtasun ugari gaingitu eta 200 irudi mikroskopiko uztartu ondoren lortu zuen, azkenean, argazki ikusgarri hau. Irudien teknologia eta sormen artistikoa bikain uztartu dituela adierazi du epaimahaiak.

Baina Kirk ez da mikroskopioa artearen sorleku duen zientzialari bakarra. Lehiaketan nabarmendu diren beste batzuk ere ekarri ditugu hurrengo orrietara. Gainerakoak Nikon Small World lehiaketaren webgunean ikus daitezke:

<https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2021-photomicrography-competition>.

Haritz baten hostoetako trikomak eta estomak (x60).

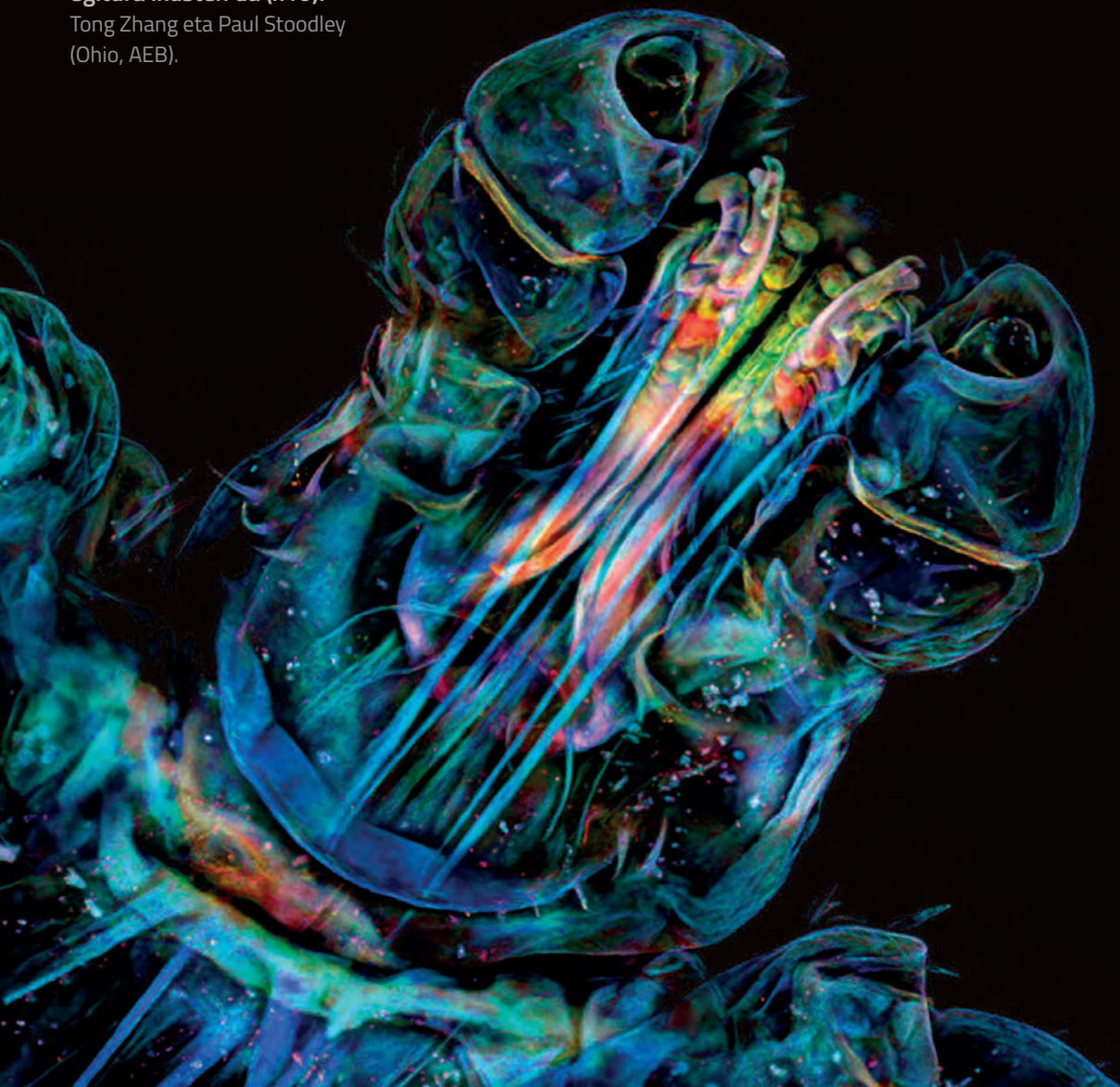
Jason Kirk (Texas, AEB).

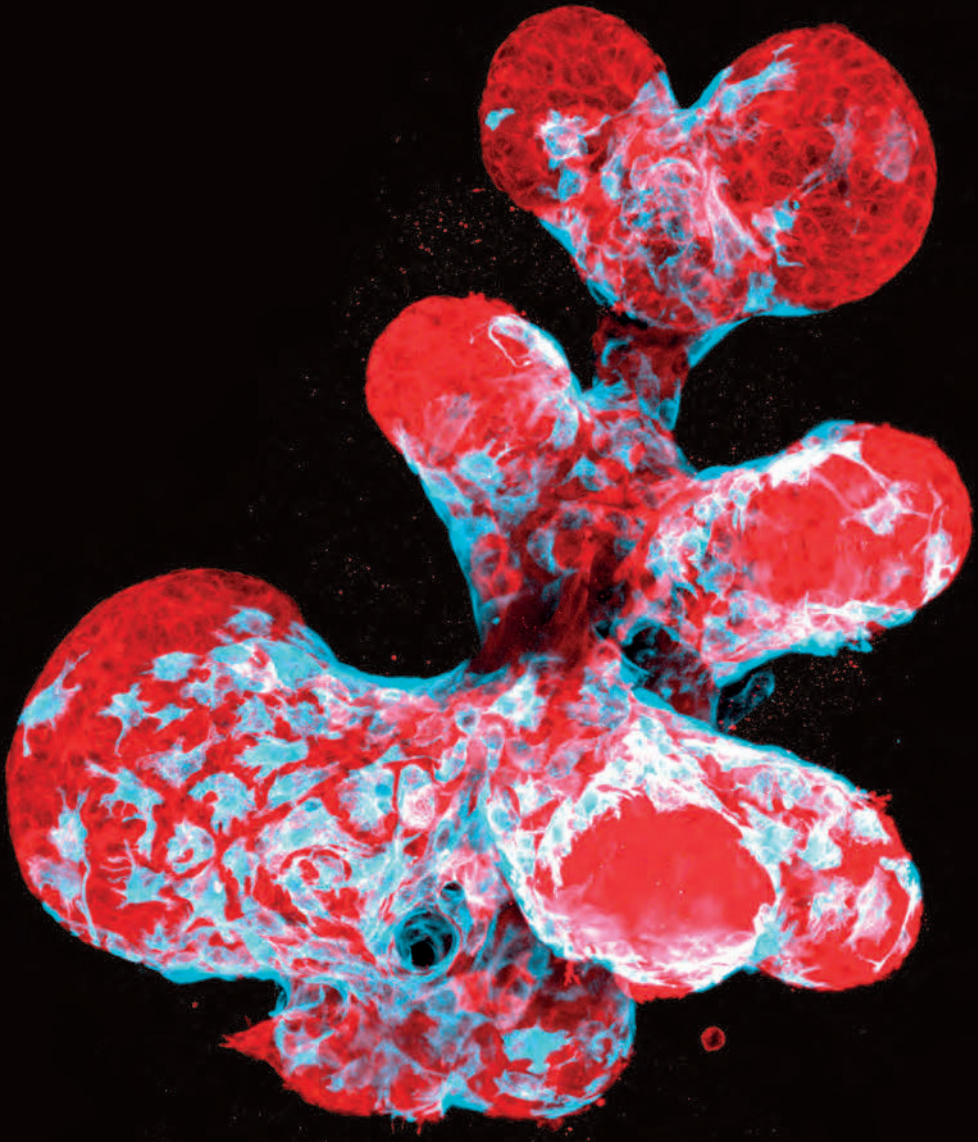




**Akain baten burua. Odola
zurrupatzeko erabiltzen duen
egitura ikusten da (x10).**

Tong Zhang eta Paul Stoodley
(Ohio, AEB).





Esnea jariatzen duen bularreko organoidea, laborategian sortua. Gorriz, esnea sortzen duten zelulak; urdinez, esne hori jariatzen laguntzen duten zelula mioepitelial uzkurrorak (x40).

Jakub Sumbal (Txekiar Errepublika).



Karlsbad Sprudelstein izeneko arroka sedimentarioa, aragonitozko zirkulu konzentrikoak tipula baten gisan haztean sortzen dena (x20).
Bernardo Cesare eta Markus Neumann (Italia).





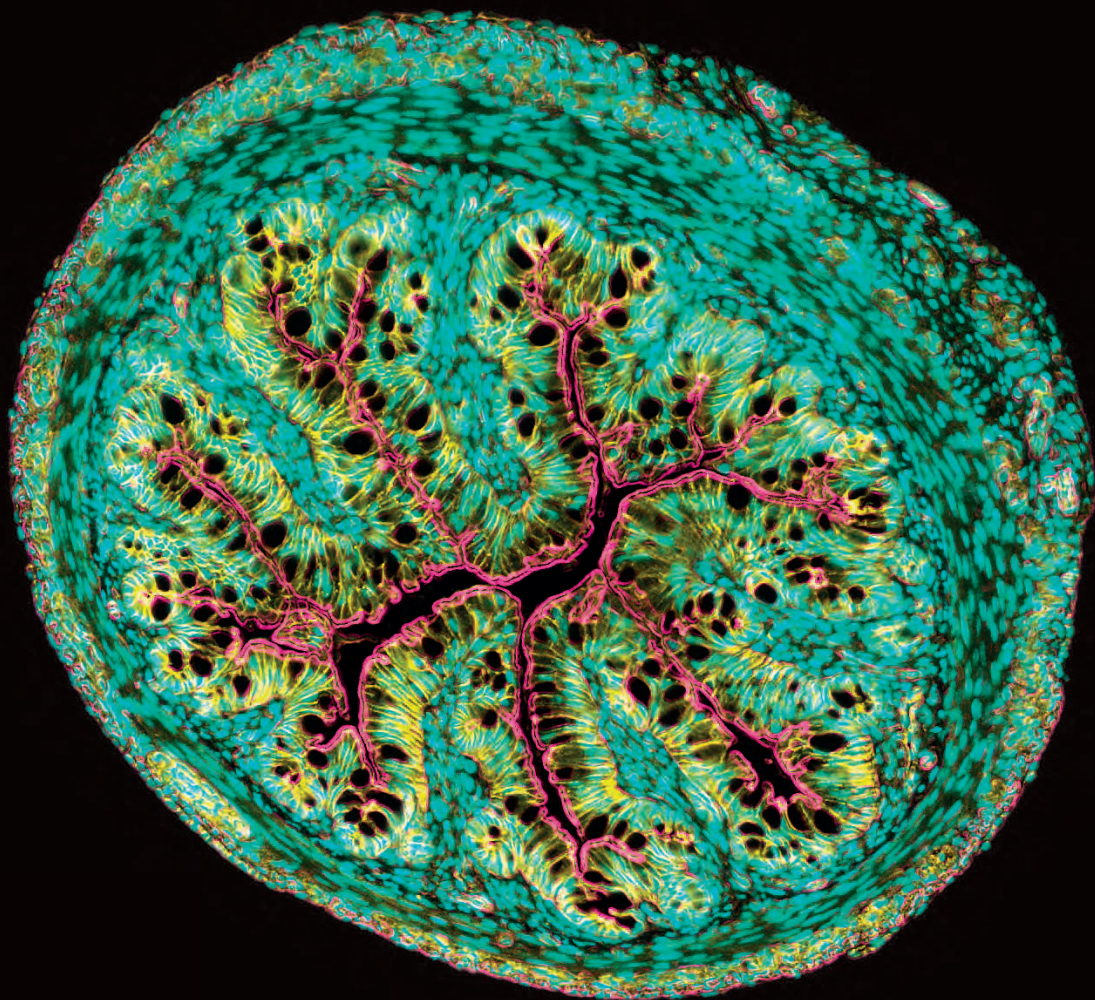
Zizare oligoketo bat (*Chaetogaster sp.*),
ur-arkakusoez elikatzen ari dena
(*Chydorus sp.*) (x4).
Yen Fook Chew (Zeelanda Berria).

Ur-arkakuso bat (*Daphnia*), bere enbrioioak eta
parasito peritrikoak garraiatzen ari dena (x10).
Jan van Ijken (Herbehereak).





Liztorra lo (*Crysis* sp.) (x5).
Thorben Danke (Alemania).



Sagu baten hestea,
zeharkako ebakiaz ikusia (x10).
Amy Engevik (Hegoaldeko Karolina, AEB).



Dinosaurio-hezur agatizaturua (x5).
Norm Barker (Baltimore, AEB).



Nanopartikulak garunaren funtzionamendua aztertzeko

DIPC Donostia International Physics Center eta Columbia Unibertsitatearen arteko lankidetzaren bidez, neuronak estimulatu eta haien jarduera erregistratzeko hain inbasiboak ez diren tresnak eraikitzen hasi dira, nanomaterialetan oinarrituta.

Lehendik ere erabiltzen dira nanopartikulak medikuntzan —adibidez, minbiziaren tratamenduan—, baina lehen aldiz erabiliko dituzte neurozientzian.



NanoNeuro deitu diote ildo berriari, eta [lehenengo emaitzen berrikuspen bat aurkeztu dute *Nature Methods* aldizkarian](#). Artikuluan, egileek azaldu dute nola erabil daitezkeen nanomaterialak, urre-nanopartikulak edo puntu kuantikoak, esaterako, neuronen jarduerak grabatzeko eta manipulatzeko metodo berriak sortzeko.

DIPCko zuzendari Ricardo Diéz-Muiñoren esanean, Columbia Unibertsitatearekin batera sortutako ikerketa-lerro berri hori epe luzeko ikuspegi baten emaitza da, eta [dagoeneko hasia da fruituak ematen](#). ●

Bikingoak duela 1.000 urte izan ziren Ternuan



Berreraikitako etxea, bikingoen garaikoa. ARG.: Glenn Nagel Photography.

1021. urtean bikingoak Amerikan izan zirela frogatzen duten arrastoak azaldu dira, *Nature* aldizkariaren arabera. Ternuako gune arkeologiko batean aurkitutako zurezko tresnak aztertuta, ikusi dute Europako zura zela, eta dendrokronologiaren bidez zehaztu dute duela mila urte moztutako egurra dela. [Atlantikoa zeharkatuta europarrak Amerikara iritsi zireneko arrastorik zaharrena da](#).

L'Anse aux Meadows-en azaldu dira tresnak. Badi-rudi hura izan zela bikingoen oinarritzko kanpalekua, eta handik aztertu zituztela hegoalderagoko beste eskualdeak. Ez dirudi indigenekin truke genetikoa izan zutenik, baina baliteke patogenoak transmititu eta flora zein fauna arrotzak sartu izana.

Orain arte, Islandiako ahazko kontakizunek eman dute bikingoak Amerikan izan zirelako berri, baina ikertzaileek ez zuten lortzen data zehatzik finkatzeari; ^{14}C -datazioek ziurgabetasun handiegia zuten. Oraingoan, ordea, unibertsoan izandako izpi kosmikoen gertaera bat baliatu dute datazio zehatz egiteko. Gertaera kosmiko hark atmosferan, eta, hortaz, zuhaitzetako eraztunetan ohikoa baino ^{14}C -kantitate handiagoa finkatu zuen, eta marka hori baliatu dute datatzeko. ●

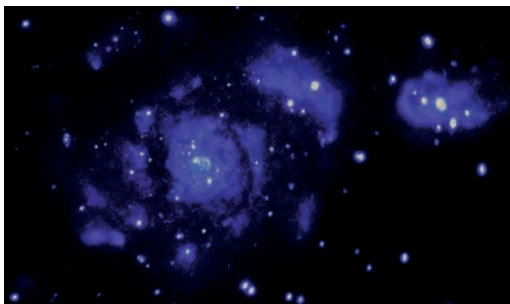
Esne Bidearen kanpoko exoplaneta baten zantzuak

Lehen aldiz, Esne Bidearen kanpoko exoplaneta bat izan daitekeenaren aztarnak aurkitu dituzte. Orain arte, ia 5.000 exoplaneta aurkitu dira; guztiak, gure galaxiaren barruan. Orain, berriz, Chandra X izpiko teleskopioaren bidez, Saturnoren tamainako planeta baten zantzuak ikusi dituzte Messier 51 galaxian, Esne Bidetik 28 milioi argi-urtera.

Astrofisikariak sistema bitarretan X izpiak haute-matean oinarritu dira. Sistema horiek zulo beltz bat edo neutroi-izar bat izaten dute, beste izar bat orbitatzen, eta haien gertuko materiak igortzen duen energia X izpietan ikus daiteke. X izpiak sortzen dituen eremua txikia denez, planeta batek erraz estal dezake aurretik igarotzean, eta, beraz, X izpien jaitiera nabarmena eragiten du. Horrela aurkitu dute exoplaneta hori.

Hiru ordu inguru iraun zuen igarotzeak, eta X izpien emisioa zerora jaitsi zen. Informazio horretan eta beste batzuetan oinarrituta, astronomoek uste dute balizko exoplaneta Saturnoren tamainakoa izango litzatekeela.

Metodo hori exoplaneta gehiago aurkitzeko baliagarria izan daitekeela uste dute. Hala ere, beren aurkikuntza berresteko datu gehiago behar dituztela ohartarazi dute astrofisikariek. ●



Messier 51 galaxia, X izpien bidez. ARG.: NASA/CXC/SAO/R. DiStefano, *et al.*

OMEk malariaren aurkako lehen txertoa gomendatu du haurrentzat

Urtean, 5 urtetik beherako 260.000 haur hiltzen dira malariak jota Saharaz hegoaldeko Afrikan. Heriotza horiek eragotz ditzakeen txerto bat baimendu berri du Osasunaren Mundu Erakundeak. "Une historikotzat" jo du Tedros Adhanom Ghebreyesus OMEren zuzendari nagusiak.



Malariaren aurkako haurren txertaketa pilotuaren une bat, Ghanan. ARG.: WHO/Fanjan Combrink

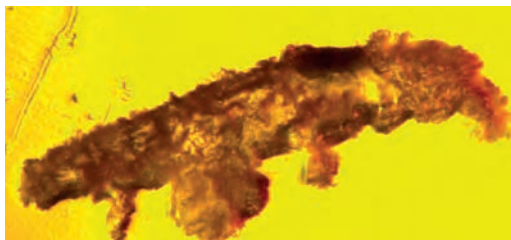
RTS,S txertoa da OMEk baimendutakoa, eta, 2019tik, Ghanako, Kenyako eta Malawiko 800.000 haurrek jaso dute txertaketa pilotu batean. Hartan, frogatu dute txertaketa egingarria dela, segurua, eraginkorra (% 30 gutxitzen du malaria larria izateko arriskua), ez dituela beste esku-hartze sanitarioak oztokatzen, eta onura kostuaren gainetik dagoela.

RTS,S Plasmodium falciparum bizkarroiaren aurkakoa da, eta haren proteina batzuk daramatza, haiekiko erreakzio immunitarioa eragiteko. 1980ko hamarkadaren amaieran sortu zuten, SmithKline Beecham Biologicals konpainiarako lan egiten zuten ikertzaileek, eta EMA Sendagaien Europako Agentziak 2015ean baimendu zuen. Malariaren aurka baimendutako lehen txertoa bilakatu zen. Orain, proba pilotuaren ondoren, OMEk haurrentzat gomendatu du. ●

Duela 16 milioi urteko tardigrado fosila anbarean

Ornogabe mikroskopikoak dira tardigradoak. 500 milioi urteko eboluzioa egin dute Lurrean, eta bost suntsipen masiboetan bizirik atera dira, muturreko baldintzetan bizirik irauteko duten gaitasun bereziari esker: inguruko baldintzak zailtzen direnean, kiribildu eta kriptobiosi-egoeran sartzen dira. Eboluzio luzea egin duten arren, orain arte bi tardigrado fosil besterik ez dituzte aurkitu erregistro fosilean. Orain, [hirugarrena aurkitu dute](#), ezustean, Dominikar Errepublikako anbar-tanta batean.

Erregistro fosilean hain urriak izateko arrazoia da ez daukatela nahikoa mineralik fosilizatzeko, eta tamaina mikroskopioak ere zaildu egiten du haiek ikustea. Aurkitutako tardigradoak 0,56 mm-ko luzera du, eta laser-mikroskopioaren bidez ikusi ahal izan dute jada bizirik ez dagoen espezie bateko kidea dela. Hain zuzen, gaur egun bizirik dauden 1.300 tardigrado-espezieen aldean oso ezaugarri desberdinak ditu. Batez ere, atzaparretan eta hesreetan hauteman dituzte desberdintasunak. *Paradoryphoribius chronocaribbeus* izena jarri diote espezieari. Tardigradoen eboluzioa oso ezezaguna izan da orain arte, eta ikertzaileek uste dute fosil honek hainbat gauza argitzen lagunduko duela. ●



ARG.: NJIT eta Harvardeko Unibertsitatea.

Arropagintza duela 120.000 urte hasi zela argitu dute

Arkeologoek uste dute gizakion eboluzio kultural eta kognitiboan mugarri garrantzitsua izan zela arropagintza. Izan ere, ezinbestekoa izan zen lehen gizakiak Afrikatik ingurune berrietara zabaltzeko. Orain, Max Planck Institutuko arkeologoek Marokon aurkitutako hezur-erreminta batzuei esker jakin da arropagintza uste zen baino askoz ere lehenago garratu zela. Erreminta gisa erabilitako 60 hezur baino gehiago aurkitu dituzte Contrebandiers izeneko kobazuloan, eta duela 120.000-90.000 urtekoak zirela frogatu dute.

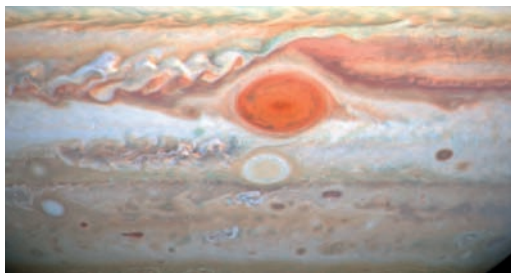


ARG.: Emily Yuko Hallett, 2009.

Arkeologoek ikusi dute hainbat erreminta-mota erabiltzen zituztela animaliak larrutzeko erremintez gain, [larrua lantzeko erremintak ere aurkitu dituzte](#). Hezurrek dituzten markak aztertuta argitu dute erabilera. Animalia haragijaleen barailak eta gorputz-adarrak erabiltzen zituzten larrua lantzeko: animalia larrutzen zuten, larrua aprobe-txatzeko, eta barailak erauzten zizkieten gero larrua lantzeko. Bi erreminta espezializatu batera erabiltzeak iradokitzen du ordurako aspalditik hasitako ohitura bat zela. Erregistro arkeologikoan dauden zaharrenak dira. ●

Uste baino sakonagoa da Jupiterren Orban Gorri Handia

Jupiterren Orban Gorri Handia planetaren egitura deigarriena da. Ekaitz erraldoi bat da, Lurraren diametroa baino zabalagoa (16.000 km), eta uste zuten baino sakonagoa, Juno zundaren azken neurketen arabera. *Science* aldizkarian eman dute horren berri.



Orban Gorri Handia, Jupiterren egiturarik deigarriena.
ARG.: NASA.

Izatez, Jupiterren atmosferan ugariak dira ekaitz handiak eta zurrunbiloak. Ez zekiten, baina, atmosferaren goialdean bakarrik gertatzen ote diren ala sakonago iristen diren. Hori argitzeko, Juno zundaren mikrouhinen eta grabitatearen neurketak erabili dituzte.

[Mikrouhinen datuen bidez](#), argitu dute Orban Gorri Handian eskala txikiko prozesu dinamikoak daukela, hala nola prezipitazioak eta beheranzko korronteak, espero baino maila askoz sakonagoetan. Hortik ondorioztatu dute erlazioa dagoela Jupiterren barnealdearen eta atmosferaren geruza sakonaren artean.

[Grabitateari erreparatuta](#), ikusi dute Orban Gorri Handiak fluktuazioak eragiten dituela planetaren eremu grabitazionalan. Ondorioztatu dute Orban Gorri Handiaren sakonera 500 km ingurukoa dela, eta hori baino askoz ere sakonera handiagoa hedatzen dira orbana elikatzen duten zorrotadak: 3.000 km inguruko sakonerara. ●

Duela 25.000 urteko grabatu ezohikoak Alkerdi 2 haitzuloan

Alkerdi 2 haitzuloan (Urdazubi), duela 25.000 urteko dozena bat grabatu figuratibo aurkitu dituzte. Haien artean, bisonteak, uroak, zaldia eta, bereziki, lau bulba nabarmentzen dira. Horrez gain, margo gorriz egindako bost lerro bikoitzen serieak daude. Iristeko zaila den leku batean zeuden ezkutatuta.



Alkerdi 2ko grabatuuetako bat. ARG.: O. Rivero eta D. Garate.

Kantabriako Unibertsitateko Diego Garate Mайдan labar-artean adituak koordinatu ditu lanak. Azaldu dutenez, multzo bikaina da, labar-arte paleolitikoan oso ohikoak ez diren ezaugarriak baititu. Izan ere, grabatutako ildoen azterketak erakusten du haiek egin zituen pertsona ez zela artista trebea, ez baita gai marra jarraituak eta ziurrak sortzeko. Normalean, ez da hala izaten: sarbide zaila duten lekuetako hormetako irudiak adituek eginak izaten dira; nolabait haientzat gordeko balituzte bezala. Alkerdi 2n ez da hori gertatzen.

Ikasketak oraindik martxan izanik ere, baieztatu dute Alkerdi 2 haitzuloa oso garrantzitsua dela arte-adierazpenaren jatorria hobeto ezagutzeko. Ikertzaile-taldea diziplina askotako adituek osatzen dute, eta Alkerdi-Zelaieta-Ikaburu sistema karstiakoaren ikuspegi osoa lortzen lagundu du horrek. ●

Lurreko bolkanismo bortitzenak ez zuen eragin dinosauroak desagertzea

Zumaian egindako ikerketa batek urte luzeko ez-tabaida itxi du: kretazeo bukaeran Indian jazotako muturreko bolkanismoak, inoiz izan den bortitze-nak, oso eragin txikia izan zuen dinosauroen desagertzean. Duela 66 milioi urte Mexikoko Yucatán penintsulan jotako asteroidearen inpaktuak eragin zuen suntsipena.

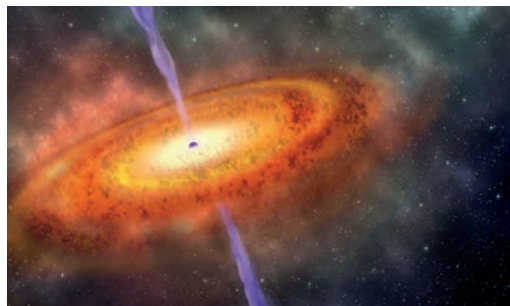
Zumaiaiko labarretan egin da azterketa, UNESCOren Geoparkea izendapena jasotzen duen gunean. [Geology aldizkarian argitaratu dute](#), eta amaitutzat jo da 30 urte baino gehiago iraun duen eztabaida luzea.

Dinosauroen desagertzea planetako bost masa-suntsipen handietako bat izan zen, Kretaziko-Paleogeno (K/Pg) mugan gertatu zena. Garai hartan hiru gertaera hipertermal izan ziren: horietako bi suntsipen masiboaren ondoren, beraz, ez zuten eragin zuzenik izan suntsipenean; baina hirugarren bat suntsipenaren aurretik gertatu zen, planetaren aldaketa orbitalen ondorioz 2 eta 5 °C bitarteko berotze globala eragin zuena. Ikerketak frogatu du klima-aldaketa orbital hori pixkanaka-pixkanaka gertatu zela ehunka mila urteko eskalan (bolkanismoak puntualki areagotu bazituen ere), eta ez duela zerikusirik K/Pg mugako espezieen suntsipen masiboarekin. Alderantziz, iradokitzen du desagertzea Lurreko sistematik guztiz kanpo zegoen zerbaitek eragin zuela: berotze global horretatik 100.000 urtera jotako asteroidearen inpaktuak. ●



ARG.: Geoparkea

Zulo beltz masiboen inguruko hautsa hodeietan banatzen da



Zulo beltz masiboen inguruko hautsaren hedapen probableena argitu dute. ARG.: Robin Dienel/Carnegie Zientzia Erakundea.

Kanarietako Teleskopio Handia erabilia, zulo beltz masiboen inguruko hauts kosmikoak nola banatzen den ikertu dute. [Itziar Aretxaga Mendez](#) da ikerketan parte hartu duen astrofisikarietako bat. Azaldu duenez, galaxien nukleo aktiboek Eguzkiarena baino 10-1000 milioi masa handiagoko zulo beltzak dituzte. Zulo beltz horien inguruan dagoen materialak izugarritzko energia igortzen du, eta gai da galaxiaren nukleotik milaka argi-urtera dagoen materiala kitzikatzeko.

Kitzikatutako material horietako bat hautsaren silikatoak dira. Zulo beltzetik datorren energia jasotzean, erradiazio infragorria igortzen dute, eta, hain zuzen, erradiazio hori aztertu zuten aurreko lan batean, Spitzer teleskopioaren bidez. Hautsaren konposizioa eta banaketa irudikatzen zuten bost eredu alderatu zituzten, eta ikusi zuten ezen, ondoen egokitzen zen ereduaren arabera, hautsa hodeietan antolatzen dela, eta zulo beltzetik datorren haizearen eragina ere aintzat hartzekoa dela.

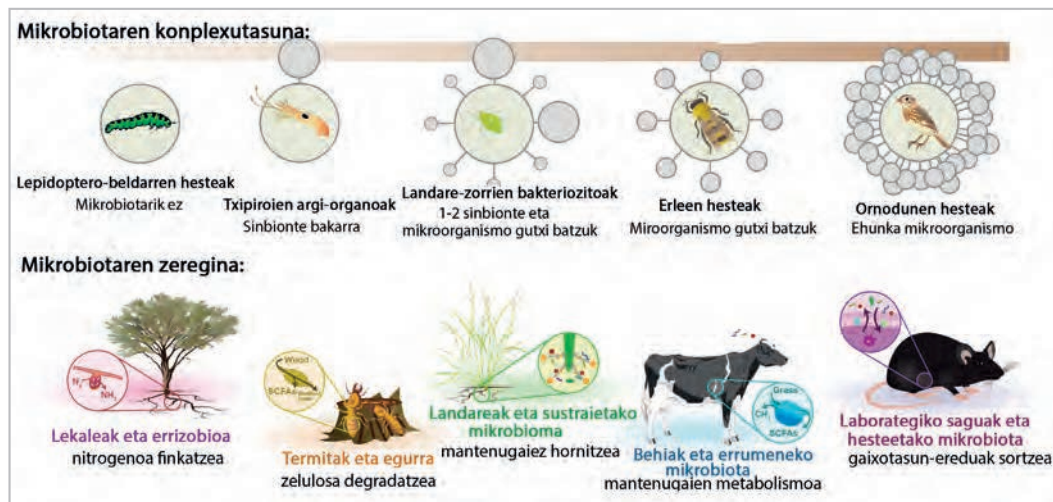
Oraingoan, Kanarietako Teleskopio Handiarekin, aurretik ikertutako zulo beltzetatik hamahiruren irudi infragorriak lortu dituzte, bereizmen handian. Hala, ondorioztatu dute geometria probableena hauxe dela: hautsa zulo beltzetik ehunka argi-urte gutxi batzuetara dauden hodeietan antolatzen da, eta zulo beltzetik datorren haizearen osagaia du. ●

Hologenomika sistemakoki integratzeko deia

Azken urteotan, biologiak aldaketa kualitatibo bat egin du animaliak eta landareak ulertzeko moduan: orain, animalia edo landare bakoitza espezie askoren komunitate baten modura ikusten du, jakinik beren baitan badirela mikrobiota osatzen duten mikrobio ugari. Hain zuzen, komunitateko kideen arteko interakzioek baldintzatzen dituzte organismoen ezaugarri anatomikoak, metabolikoak, immunologikoak eta abar. Interakzio dinamiko horiek ikertzen ditu Antton Alberdi Estibaritz Kopenhageko Unibertsitateko biologoak, eta orain, zientzia urrats handi bat egiteko moduan dagoela uste du: begirada hori biologiako ikerketetan sistematikoki integratzea.

Orain arte, kultibo zelularrak, entsegu funtzionalak edo mikroskopia egin behar izaten ziren ostalaria- ren taxoi mikrobiarrak banan-banan karakterizatzeko; beraz, oso mugatua zen zientziaren gaitasuna. Baina teknologia molekular berriek aukera ematen dute DNA-nahasketa konplexuak dituzten laginetan bertan sekuentziatzeko genoma osoak, eta denak aldi berean.

Hologenomika abeltzaintzan aplikatuko dute Alberdik eta kideek. [Abereen eta haiekin bizi diren mikroorganismoen arteko interakzioa aztertzen ari dira](#), abereen osasunean eta ekoizpenean eragin handia duela uste baitute. Hologenomika lehenta-

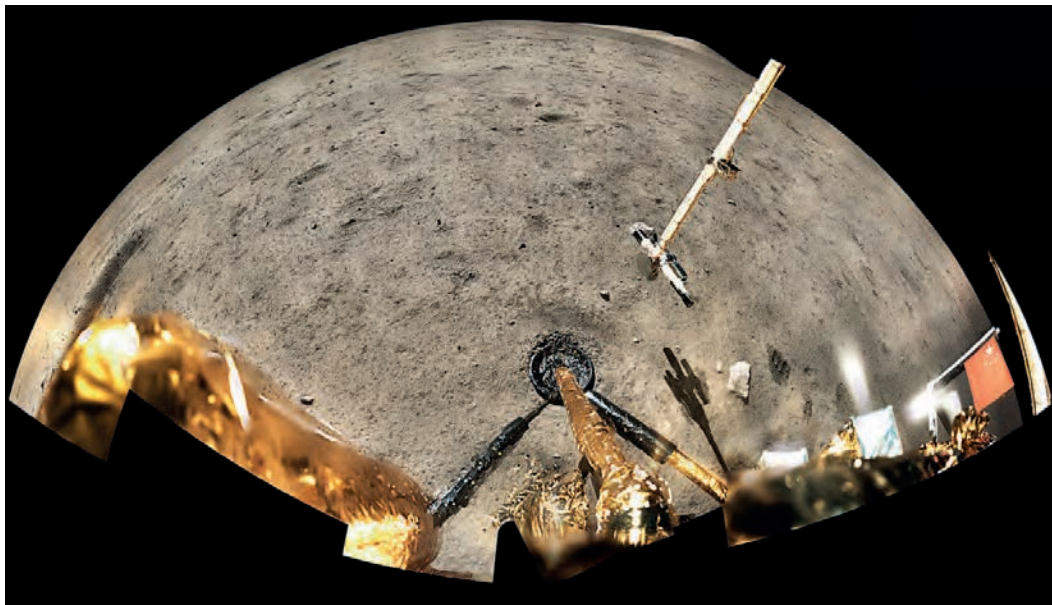


Irudia. Alberdi *et al.*, *Nature Reviews Genetics* aldizkaritik moldatua.

Alberdik eta kideek urrats hori egiteko baliabideei buruzko [artikulu bat argitaratu dute](#) *Nature Reviews Genetics* aldizkarian. Hologenoma animalia edo landare bat osatzen duten organismo guztien genomen multzoa da: ostalariarena eta haien mikroorganismoena. Alberdiren ustez, egungo sekuentziazio-teknikek, CRISPR-Cas9-k eta ahalmen konputazionalak jada aukera ematen dute edozein ostalari eta haren mikrobioen ezaugarri genetikoak azterketa sistematikoki egiteko.

sun estrategiko globala bihurtu da jada abeltzaintzan. Abereen komunitate mikrobiarra aktiboki manipulatzeko da helburua. "Orain, probiotiko eta prebiotikoen bidez egiten da, baina ez da eraginkorra. Hologenomikak aukera emango digu askoz ere ezagutza zehatzagoaz bilatzeko komunitate egoienak. Hasteko, oiloen eta txerrien hazkuntzan aplikatuko dugu, baina teknologia aplikagarria izango da nekazaritzan, biomedikuntzan eta baita natur kontserbazioan ere". ●

Ilargiaren geologia hobeto ezagutzeko aukera ematen ari da Chang'e-5 misioa



Chang'e-5 misioak lur hartu zuen lekua. ARG.: CNSA.

Txinako ikertzaileek Chang'e-5 misioak ekarritako ilargi-laginak aztertu dituzte, eta Ilargiko arroka gazteenak 2 mila milioi urte dituela kalkulatu dute; hau da, gutxienez ordura arte Ilargia geologikoki aktiboa izan zela frogatu dute, eta Ilargiko bolkanismoak uste zuten baino gehiago iraun zuela erakutsi dute; lehen baino 800-900 milioi urte gehiago, hain zuzen. Ikerketen emaitzak hiru artikuluren bidez argitaratu dituzte, [Nature aldizkarian](#).

Joan den urtean, Txinako Chang'e-5 misioak Ilargiaren laginak hartu zituen; guztira, 1.731 gramo. Azken 40 urteetan jaso den lehen lagina izan da. Apollo misioetan hartutako arroka gazteenak 2,8-2,9 mila milioi urte inguru zituen. Alabaina, informazio osoagoa izateko, lagin gehiago behar ziren; hortaz, Chang'e-5en zereginetako bat Ilargiaren jarduera magmatiko gazteena aztertzea da.

Azaldu dutenez, Ilargiari teleskopio baten bidez begiratzen diogunean ikusten dugun azalera, milaka

milioi urtetan asteroide askok harekin talka egitearen ondorioz sortu da. Eskualde zaharrenek talka-krater gehiago izan dituzte denborarekin, eta arroka gazteagoak dituzten eskualdeek krater gutxiago dituzte. Horretaz baliatuz, ikertzaileek Oceanus Procellarum izeneko lekua aukeratu zuten Chang'e-5 misioak lurreratzeko, Ilargiaren azken sumendi-erupzio baten lekuko izango zelakoan.

Erradioisotopoen azterketaren bidez, 47 arroka-zati aztertu ditu taldeak, eta Ilargiko arroka gazteena 2 mila milioi urtetan datatu du. Espero zutena baino gazteagoa denez, horren zergatia ere ikertu dute. Hipotesietako bat bero-iturri bat egotea litzateke, baina ez dute horren ebidentziarik aurkitu. Beste hipotesi batean, mantuaren ur-kantitatea da gakoa. Litekeena da mantuak ur asko izatea, eta horren eraginez irautea bolkanismoak hainbeste denboran. Ez dute ezer ziurtatzerik izan, ordea. Hori jakiteko, Ilargia esploratzen eta laginak aztertzen jarraitu behar dela esan dute ikertzaileek. ●

Hizkuntza indigenak desagertzeak sendabelarren ezagutza galtzea eragingo du

Sendabelarren gaineko ezagutza galbidean dagoela jakinarazi dute Zuricheko Unibertsitateko ikertzaileek. [PNAS aldizkariaren arabera](#), Amazonia, Ginea Berria eta Ipar Amerikako sendabelarren propietate eta erabilerak hizkuntza indigenetan baino ez dira transmititzen. Gainera, hizkuntza indigena bakar batean transmititzen dira sendabelarren % 75, eta ahozko komunikazioan soilik. Hizkuntza indigenak desagertzeak, beraz, ez du eragingo altxor kultural ordezkaezin bat galtzea bakarrik; kolokan jartzen ditu sendabelarren ezagutza tradizionala bera eta etorkizunean botika berriak sortzeko gaitasuna.

Izan ere, sendabelarren ezagutza tradizionaletik atera dira egungo botika asko. Azido azetilsalizilikoaren osagai aktiboa, esaterako, zume zuritik erauzten da (*Salix alba*), eta morfinarena, mitxoletetatik (*Papaver somniferum*).

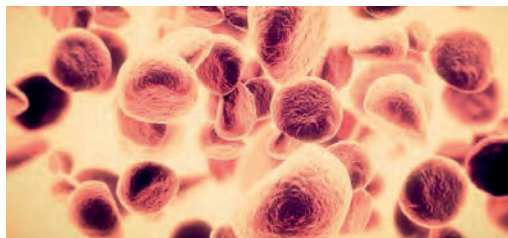


Zientzialarien ustez, hizkuntza txikituetako eskola indigenak dira giltzarri ez dadin galdu potentzial farmakologiko handia duen ezagutza hori guztia. ARG.: Goresam.

Amazonian egoera beste inon baino larriagoa da, sendabelarren ezagutzaren % 91 hizkuntza bakarrean transmititu baita. Eta ezagutza berezi horiek dituzten hizkuntzak dira, hain zuzen, desagertzeko arrisku handiena dutenak. Ikertzaileen ustez, eskola indigenak dira giltzarria ezagutza hori guztia ez dadin galdu. ●

Jokoen teoria, metastasien jokaera aztertzeko

EHUko Analisi Ekonomikoko ikertzaileak eta Biocrucesko patologoak elkarlanean ari dira [tumoreetako zelulak nola lehiatzen diren ulertzeko](#). Horretarako, jokoen teoria erabiltzen ari dira. Frogatu dutenez, jokoen teoria baliagarria da, batetik, tumore-zelulen arteko eta, bestetik, tumore-zelulen eta zelula ostalarien arteko elkarrekintzak argitzeko.



ARG.: Jezper / 123RF.

Hasteko, tumore bateko zelulen heterogeneotasunak zer eragin duen ulertzen saiatu dira, modelizazioen bidez. Hala, tumoreetako zelulen arteko lehia nolakoa den ikusteko ereduak sortu dituzte, eta hipotesi hau planteatu dute: zelula tumoralen azpimultzo baten erantzun bat da metastasia. Haren bitartez, egonkortasun kolektiboa bilatzen dute zelulek, tumore primariotik urrun, desagertzea saihesteko.

Ikertzaileen arabera, joko-teoriak agerian jarri duen aierua da ezen, tumoreetako zelulen heterogeneotasuna zenbat eta handiagoa izan, orduan eta kaltegarriagoa izan litekeela minbizi-zelulentzat, eta orduan eta hobea pazientearentzat. Alegia, zelula-dibertsitate handiko minbiziak hobek dira, pazientearentzat, dibertsitate txikiko tumore batek eragindako minbizi baino. Hortik ondorioztatu dute epe luzera litekeena dela ez izatea ona tumore bateko zelula-mota guztiak ezabatzea. ●



[Albiste gehiago, webgunean](#)

Fisiologia edo Medikuntzako Nobela, tenperaturaren eta ukimenaren errezeptorengatik

Karolinska Institutuak [jakinarazi duenez](#), David Julius eta Ardem Patapoutiani ikertzaileek jasoko dute, erdi bana, Medikuntza edo Fisiologiako Nobel saria. Nobel Fundazioaren arabera, bien lanak ezinbesteko abiapuntua izan dira beste ikertzaile askorentzat, eta funtsezkoak, ingurunea nola hautematen dugun ulertzeko.

David Juliusek kapsaizinan oinarritu zuen bere ikerketa, hau da, piper minei mingarritasuna ematen dien substantzian. Sentsazio hori zer mekanismoaren bidez sortzen den jakin nahi zuen.

Horretarako, Juliusek eta kideek milioika DNA-zatiren bilduma bat sortu zuten, minarekiko, beroarekiko eta ukimenarekiko neurona sentsorialetan adierazten diren geneekin.

Normalean kapsaizinarekin erreakzionatzen ez duten zeluletan adierazi zituzten geneak, banaka, eta, azkenean, lortu zuten identifikatzea zein genek ematen zion zelulari kapsaizinarekin erreakzionatzeko gaitasuna. Hortik abiatuta, kapsaizinarekin hartzailea identifikatu zuten (TRPV1 deitu zioten), eta frogatu zuten mingarritzat jotzen diren tenperaturekin aktibatzen dela.

Ondoren, tenperatura-sentsore gehiago identifikatu ziren. Adibidez, bai David Juliusek bai Ardem Patapoutianek, bakoitzak bere aldetik, mentola erabili zuten TRPM8-a identifikatzeko, hotzak aktibatzen duen hartzailea.

Bestalde, bakterioetan dagoeneko identifikatuta zeuzkaten sentsore mekanikoak; ornodunetan, ordea, oraindik ezezaguna zen ukimenaren mekanismoa. Hori argitzea izan zen Ardem Patapoutianen helburua.

Hasiera batean, Patapoutianek eta haren lankideek zelula-lerro bat identifikatu zuten, mikropipeta batekin ukitzean seinale elektriko bat sortzen zuena. Indar mekaniko horren bidez aktibatzen zen errezeptorea ioi-kanal bat izango zela pentsatu zuten. Hurrengo pausoa, errezeptorea kodetu zezaketen 72 gene hautagai identifikatu zituzten. Hautagai horiek banan-banan desaktibatuta, estimulu mekanikoari erantzuten ziona identifikatu zuten.

Piezo1 izena eman zioten. Eta, jarraian, beste gene bat identifikatu zuten, haren oso antzekoa: Piezo2. Frogatu zuten biak gako zirela zelula-mintzen presioarekiko erreakzioan.

Aurrerago, frogatu zuten Piezo2-k funtsezko zeregina betetzen duela norberaren gorputzaren posizioa eta mugimendua hautematen, hau da, propiozepzioan. Eta aurrerago ikusi dute Piezo1 eta Piezo2 kanalek prozesu fisiologiko garrantzitsuak erregulatzen dituztela, hala nola presio arteriala eta maskuriaren kontrola. ●



David Julius
New York (AEB),
1955.



Ardem Patapoutian
Beirut (Libano),
1967.

Fisikako Nobela, klima-aldaketa eta sistema fisiko konplexuak ulertzeagatik

Suediako Zientzien Errege Akademiaren erabakiz, Syukuro Manabek, Klaus Hasselmannek eta Giorgio Parisik jasoko dute Fisikako Nobel saria, sistema fisiko konplexuak ulertzeko egin dituzten ekarpenengatik. Sariaren erdia Manabe eta Hasselmannentzat da, Lurreko klimaren modelizazioan egindako lanarengatik eta berotze globala aurreikusteagatik; eta beste erdia Parisirentzat, sistema fisikoen desordenaren eta fluktuazioen elkarreragina ikertzeagatik, eskala atomikotik planetarioraino.

Hain zuzen, Syukuro Manabe ikertzaile japoniarrak erakutsi zuen atmosferan karbono dioxidoa areagotzeak lurrazalean tenperatura igotzea eragiten zuela. Frogatu zuen oxigenoak eta nitrogenoak ez zutela ia batere eraginik; aldiz, karbono dioxidoaren kontzentrazioa bikoizteak tenperatura 2°C baino gehiago igotzea zekarren.

1950eko hamarkada zen, eta Japonian hasitako ikerketei AEBn eman zien jarraipena. Erradiazio-balantzearen eta aire-masen garraio bertikalaren arteko elkarrekintza aztertu zuen, eta, 1975ean, Lurreko klimaren erdua argitaratu zuen. Dimentsio bakarreko erduetatik hiru dimentsioko eredu batera jauzi egiteko gai izan zen, zeina gaur egungoen aurrekaria baita.

Hamar urte geroago, Klaus Hasselmann alemaniarak eguraldia eta klima erlazionatzen jakin zuen, nahiz eta eguraldia aldakorra eta kaotikoa den. Zailtasun hori gaintzeko, eredu klimatiko estokastiko bat sortu zuen.

Eredua garatu ondoren, giza jardueren eragina hautemateko eta neurtzeko metodoak garatu zituen, eta agerian jarri zuen berotegi-efektuko gasek tenperaturan eta kliman duten eragina.

Giorgio Parisik, berriz, 1980 inguruan, frogatu zuen material konplexu desordenatuek ezkutuko ereduak dituztela, eta matematikoki deskribatzeko metodo bat proposatu zuen.

Parisiren metodoa zuzena zela matematikoki baieztatzeko, urteak behar izan ziren. Geroztik, baina, haren metodoa baliagarria izan da sistema fisiko konplexuak azaltzeko, eta funtsezkoa izan da sistema konplexuen teoria garatzeko.

Teoria horiek material eta fenomeno desberdin asko eta itxuraz erabat kaotikoak ulertzeko eta deskribatzeko aukera ematen dute, ez bakarrik fisikan, baita oso arlo desberdinetan ere, hala nola matematikan, biologian, neurozientzian eta ikasketan automatikoan. ●



Syukuro Manabe
Shinritsu (Japonia),
1931.



Klaus Hasselmann
Hanburgo (Alemania),
1931.



Giorgio Parisi
Erroma (Italia),
1948.

Kimikako Nobel saria, organokatalisiaren garatzaileentzat

Benjamin Listek eta David MacMillanek jasoko dute 2021eko Kimikako Nobel saria, molekulak eraikitze-ko tresna berri bat garatu dutelako: organokatalisi asimetrikoa. Nobel sarien akademiak nabarmendu duenez, haien lanak eragin handia izan du ikerketa farmazeutikoan, eta kimika jasangarriagoa bihurtu du.

1990eko hamarkadan, Benjamin List antigorputzak ikertzen ari zen. Horretan zebilela, galdetu zion bere buruari ea entzimak osatzen dituzten aminoazidoak (edo antzeko molekula sinpleak) gai izango ote ziren, beren kasa, katalisia egiteko.

1970eko hamarkadan egindako lan batera jo zuen. Lan hartan prolina erabili zuten katalizatzaile gisa, baina, 25 urte geroago ahaztuta bazegoen, esan nahi zuen ez zuela emaitza onik eman. Hala ere, Listek proba batzuk egin zituen, eta ikusi zuen aldol erreakzio bat katalizatzeke balio zuela. Horrez gain, frogatu zuen katalisi asimetrikoa egiteko gai zela. Izan ere, molekulak bi eratara sortzen dira, bata bestearen ispilu, eta, normalean, eratako bat baino ez da interesgarria ikertzaileentzat. Bada, prolina erabilita, bi eratako bat bestea baino askoz gehiago sortzen zen.

2000. urtean argitaratu zuen bere lana. Metalak eta entzimak baino katalizatzaile merkeago bat, errazago bat eta ingurumenerako hobea aurkitu zuen.

Aldi berean, MacMillan katalisi asimetrikoan ari zen lanean, metalak erabilita. Laborategietan emaitza onak izan arren, industriarako ez ziren egokiak. Hortaz, funtzio bera zuen beste zerbait garatzen ahalegindu zen.

Hala, metalak bezala elektroaiak epe baterako atxikitzeke gai diren molekula organikoak diseinatzeko hasi zen. Molekula batzuen Diels-Alderren erreakzio bat bideratzeko gaitasuna probatu zuen. Emaitza ona izan zen, eta, gainera, molekula organiko batzuk bikainak izan ziren katalisi asimetrikoan. Metodo berriari organokatalisia deitu zion. Haren berri emateko artikulua Listenarekin batera plaza-ratu zen.

Organokatalisi asimetrikoak sekulako garapena izan du azken urteotan, eta aplikazio ugartan erabiltzen da. Ekoizpen farmazeutikoan, adibidez, ezinbestekoa bihurtu da; hari esker, bi ispilu-irudietatik egokia ekoizteko aukera dago, eta hori funtsezkoa da zenbait kasutan. Adibidez, talidomidan: formatako bat onuragarria da, eta besteak malformazioak eragiten ditu fetuan. Hortik kanpo, beste arlo askotan ere erabiltzen da; esaterako, zelula solarrak egiteko. ●



Benjamin List
Frankfurt (Alemania),
1968.



David MacMillan
Bellshill (Erresuma
Batua), 1968.

ARG.: III. Niklas Elmehed © Nobel Prize



*"BERRIA ikasgela
behar-beharrezkoa da,
euskaraz delako eta ikaslearen
mailara egokitutako edukia
eskaintzen duelako"*



Josune Iñarra Laskurain
Euskara irakaslea



Egunero ikasten delako

› berria.eus/ikasgela

berria **zuk badakizulako**

Jon Irazusta Astiazaran

Fisiologoa



“Errazagoa da teknologian aurreratzea gizartean baino”

Ana Galarraga Aiestaran • Elhuyar Zientzia

Donostian jaioa, 1964an, Biologian lizentziatu eta doktoratu zen, EHU. Irakaslea da Medikuntza eta Fisioterapiako graduetan, eta Ikerketa Biomedikoa eta Zahartze Osasungarria eta Bizi Kalitatea masterretan. Hain zuzen, azken master horren sustatzailea eta lehen zuzendaria izan zen. Zelulen arteko komunikazioa eta ariketa fisikoaren fisiologia izan ditu ikerketa-gai nagusiak. Azken urteetan, [zahartze osasungarrian](#) jarri du arreta, eta AgeingOn taldeko arduraduna da. *Elhuyar* aldizkariak egindako galderei emandako erantzunetan ere nabarmenak dira arlo desberdinak nahasteko duen interesa eta osasunarekiko kezka.

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

Harritu nauten ekarpen asko egon dira, eta zaila egiten zait bat hautatzea. Zalantzarik gabe, oso nabarmenak izan dira Interneten eta informazioaren eta komunikazioaren teknologiaren arloan izan diren aurrerapenak, biologia molekularrean, fisikan...

Bakarra aukeratu beharrean, azpimarratuko nuke zer garrantzitsua den diziplinartekotasuna. Hau da, nola arlo desberdinetako pertsonak elkartuta, oso ekarpen esanguratsuak egin ditzaketen. Adibidez, adimen artifiziala erabilita, aminoazidoak jakinda, proteinaren egitura aurreikustera iritsi dira. Lorpen horrek aurrerapen nabariak ekar ditzake etorkizunean bizitzaren eta osasunaren zientzietan.

Eta zenbat eta arlo desberdinagoak izan, orduan eta aberatsagoa da elkarlana. Hori bai, ez da batere erraza: batetik, bataren eta bestearen hizkuntzak desberdinak izaten direlako, eta, bestetik, disziplina desberdinetako zientzialarien helburuak ere desberdinak izan daitezkeelako, eta, zenbaitetan, helburuetako bat atzean utzi behar da. Arloetako batek soilik dakiena aplikatu behar du, beste arloan aurrerapena lortzeko. Estatistikarekin edo beste teknologia batzuekin asko gertatzen da.

Bestalde, errazagoa da teknologian aurreratzea gizartearen baino. Pandemian oso garbi ikusi dugu hori: txertoak oso azkar lortu dira, eta oso txerto onak, baina gizarte mailan ezin da esan askorik aldatu garenik. Arlo psikologikoan, harremanetan, soziologian... zailagoa da eboluzionatzea teknologian baino.

Zer iraultzaren edo aurkikuntzaren lekuko izan nahiko zenuke?

Gauza askorena! Baina ateratzen zaidan lehena, eta ez dakit familia-kontuengatik oso baldintzatuta nagoelako ote den, minbiziaren kontrako tratamenduan bat lortzea da. Sendatzeko gai ez bada, gutxienez, bizi-kalitate onarekin kroniko bihurtuko duena. Jakina, ez da nire familian bakarrik; gure inguruan kasu ugari daude, eta bereziki mingarriak iruditzen zaizkit umeenak. Aipatzekoa da asko aurreratu dela arlo horretan. Duela gutxi irakurri nuen % 85ek aurrera egiten duela, eta hori oso berri ona da, baina, % 100era iritsiko bagina, are hobea litzateke. Iraultza horren lekuko izan nahiko nuke: sufrimendu hori arinduko edo ezabatuko duen terapia eraginkor bat lortu dela.

Eta bestea antzekoa da, baina alzhemerrarekin lotua dago. Hori ere egoera pertsonalarekin lotzen da, eta prebentzioan eta tratamenduan aurrerapau-soak ematea lortuko balitz... ●



ARG.: NASA

Espazioaren ustiaketa

Espazioko baliabideak infinituak direla uste du batek baino gehiagok. Lehen itsasoa bezalaxe. Hala uste zuten sateliteak orbitaraten hasi zirenek ere. Baina jada satelite zientifikoez, komertzialez eta militarrez saturatzen hasi dira Lurraren inguruko orbitak. Baliabide mugatuak eta urriak dira dagoeneko.

Gero eta indar handiagoa hartuko du espazioaren ustiaketak. Besteak beste, interes teknologiko handiko mineralen bilaketak. Baina probetxu ekonomiko, zientifiko eta militarren nahaspila honetan zaila da ezer adostea. Are gehiago legediak ezartzea, jabetzarik gabeko eremua baita unibertsoa.

Kanpo Espazioaren Tratatuak oinarritzko gidalerro batzuk ezarri zituen bere garaian: ezin da pribatizatu espazioko inongo objekturik (ez herrialdeek eta ez pertsonak), ezin da aktibitate militarrik egin, eta ezin da kutsatu. Baina arauak sistematikoki urratzen dira.

Hainbat galdera daude mahai gainean: Lurreko baliabideak nola ustiatu ditugun ikusita, zilegi al da gure beharrak asetzeko baliabide gisa ulertzea espazioa? Zer toki izan behar dute ekimen pribatuak? Zer arau-tegi ezarri beharko litzateke? Bi ikertzaile gonbidatu ditugu espazioaren ustiaketaz hausnartzeko:



Virginia García Pena, Aranzadi Zientzia Elkarteko astronomoa eta zuzendaritzako kidea. Urte luzez, Donostiako Zientzia Museoko planetarista izandakoa.



Virginia García Pena

“Gerra politiko-ekonomiko batean sartuak gaude astronautikan”

Itziar Garate López, fisikaria. Artizarreko eta Marteko atmosferak ikertzen ditu EHUKo Zientzia Planetarioen Taldean, eta Fisikako irakasle ere bada Bilboko Ingeniaritza Eskolan.



Itziar Garate López

“Enpresa pribatuen espazioko jarduna murriztuko duen legedia behar da”

Virginia García Pena

Astronomoa
Aranzadi Zientzia Elkartea



Noiz hasi zen espazioaren konkista? Modu erromantiko batean begiratzen badugu –astronomoi asko gustatzen zaigu ikuspuntu hau–, gizakiak kontzientzia duenetik, orduz geroztik zerura begiratu baitu han goian gertatzen diren aldaketak ulertu nahian. Lehenengo salto handia astronomian, eta modu batean espazioaren konkistan, 1609. urtean gertatu zen, Galileok bere teleskopioarekin zerura lehenengo aldiz apuntatu zuenean.

Hurrengo salto handia astronautikarekin gauzatu zen. Lurretik behatzeak muga handiak dauzka, eta espaziora ateratzeak aukera asko zabaltzen ditu. Baina nola izan zen pauso hori?

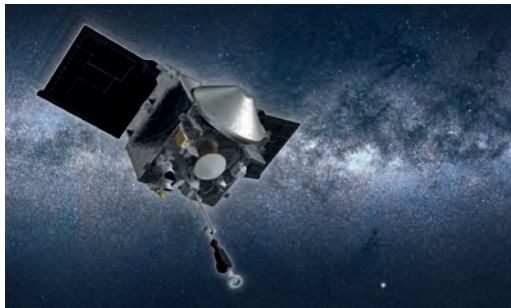
Testuinguru belikoa astronautikarentzat

Sputnik satelitea izan zen orbitan jarri zen lehenengo objektua: Sputnik Sobietar Batasunaren ekimenetik iritsi zen espaziora, gerra hotzaren erdian,

bere boterearen erakustaldi batean. Baina AEB ez zegoen oso atzean, eta, nori galdetzen diogun, agian esango du lehenengo objektua orbitan ez zela Sputnik satelitea izan, estolda baten tapa bat baizik. Eta, horrela, Plumbbob Operaziora iristen gara.

1957ko maiatzetik urrira bitartean, AEBk 29 proba nuklear egin zituen Nevadako basamortuan, eta, haien artean, Pascual-A izeneko proba egin zuten, uztailaren 26an. Inoiz egindako lehenengo lur azpiko detonazio nuklearra da Pascal-A, 150 metrora egina. Proba hartan, Robert Brownlee astrofisikariak zuloaren gainean estolda baten tapa bat jartzea erabaki zuen, abiadura handiko kamerekin tapa horren abiadura neurtzeko, leherketaren momentuan. Halakoa izan zen leherketa, ezen tapa justu-justu eta partzialki agertu baitzen fotograma batean, eta datu horrekin ezin izan zuen abiadura neurtu.

Objektu batek, gutxienez, segundoko 11,2 km-ko abiadura behar du Lurraren grabitatetik alde egiteko. Tapa hark abiadura hura sei aldiz gainditu zuela uste da. Eta ez da inoiz aurkitu. Lur planetatik atera ote zen? Nevadako basamortuko punturen batean jarraitzen ote du? Edonola ere, argi dago testuinguru beliko batean egin zela. Nolanahi ere, astronomiak aurrerapauso horiek aprobetxatu ditu bere ikerketekin jarraitzeko.



“Gerra politiko-ekonomiko batean sartuak gaude astronautikan”

ISS, elkarlanerako deia

Gerra hotzaren eta egoera politikoaren aldaketarekin, 1991ko maiatzean, Helen Sharman britaniarrak Errusiaren Mir estazioa bisitatu zuen, eta 1992ko ekainean George H. W. Bushen eta Boris Jeltsinek espazioko esplorazioan ahaleginak batzea adostu zuten. Hortik aurrera gertatu zena ezagutzen dugu: akordio hori gaurko ISSren (Nazioarteko Espazio Estazioa) lehenengo pausoa izan zen, eta horri esker, gaur egun, 17 herrialdek hartzen dute parte proiektu horretan. Horretaz aparte, espazioko agentziek hainbat misiotan kolaboratzen dute eguzki-sistemako leku desberdinetara espazio-zundak bidaltzen edo teleskopioak espazioan jartzen.

Elkarlana, lehia eta etorkizuna

Gaur beste gerra batean sartuta gaude: gerra politiko-ekonomikoa. Txinak bere programa propioa dauka eta bere espazioko estazio propioa, Errusiak bost urte barru ISS utziko duela iragarri du bere estazio propioa eraikitzeko, eta Israelek eta Saudi Arabiak beren jaurtiketa propioak egin dituzte Ilargira eta Martera.

Bestalde, enpresa pribatuen borroka ere badugu: SpaceX-ek, bere Starlink programarekin, 42.000 satelite orbitan jarriko ditu planeta osoari Internet emateko. Samsung eta Amazonek gauza bera egingo dute. Ondorioak izango ditu honek guztiak: zeruaren baldintza naturalak betirako aldatu, eta Lurretik egiten diren behaketa astronomikoak baldintzatuko dituzte.

Are gehiago, SpaceX eta Blue Origin-en arteko gatazkak Nasaren Artemis programa gelditu du, Jeff Bezos-en salaketa batengatik. Zein da astronomiaren etorkizuna, enpresa pribatuen eskuetan uzten bada? ●

“Enpresa pribatuen espazioko jarduna murriztuko duen legedia behar da”

Une honetan, Marteri biraka 8 orbitatzaile daude, eta, haren gainazalean, 3 ibilgailu eta robot egonkor bat. Lehen aldiz helikoptero txiki bat ere badago bertan. Eta, hala ere, ez da nahikoa. Robot bat ez baita pertsona bat. Ez du intuiziorik, eta, beraz, har ditzakeen erabakiak mugatuak dira. Gainera, Lurretik bidalitako aginduek batez beste 10 minutu behar dituzte Martera iristeko, eta aginduak bete izanaren baieztapenak beste horrenbeste Lurrera itzultzeko. Hortaz, robot bat geldoa da. Astronautak Martera bidali ahalko bagenu, zientziak asko aurreratuko luke denbora gutxian.

Ezagutza baliatu

Horretarako behar diren baliagaiak (oxigenoa, ura, janaria, osasun- eta higiene-produktuak, erregaia,

erradiazio kosmikoaren aurkako babesa...) Lurretik eramatea, ordea, oso garestia da, espazio-ontziaren pisua eta kostua asko handitzen baita. Baina, baliagai horiek, edo zati bat behintzat, Marten bertan lortu ahalko bagenu? Esaterako, Nazioarteko Espazio Estazioan egiten den moduan, Marten urazak hazi ahalko balira? Edo poloetako izotza urtu eta edateko edo propulsaizaile moduan erabili ahalko bagenu? NASAk otsailean Marteren gainazalean kokatutako Perseverance ibilgailuaren MOXIE instrumentua, adibidez, atmosferatik oxigenoa lortzeko saiakeretan dabil. Gero eta ugariagoak dira, halaber, Marteko edo Ilargiko lurra eraikuntza-material bihurtuz moduluak eraiki eta astronautak eguzki- eta espazio-erradiaziotik babesteko aukerei buruzko ikerketak, bai espazio agentzietan eta bai enpresa pribatuetan.

Espazioaren ustiaketa horri esker Marte goitik behera ezagutu ahalko genuke epe laburrean: barne-egitura, gainazala, atmosfera, jasan dituen klima-aldaketak, bere eraketa-prozesua eta bila-kaera... Eta, zer esanik ez, jakintza horrekin batera eguzki-sistemaren sorreraz eta historiaz, gure historiaz, gehiago jakingo genuke.





Itziar Garate López

Astrofisikaria
Zientzia Planetarioen Taldea (EHU)

Legedi sendorik ez

Dena den, teknologia hori garatzeko orduan, ikuspuntu ezberdinak daude. Espazio-agentzia publikoek gizartearen interesa eta onura dute helburu (nahiz eta kasuren batean nazio bakarrarenak izan). Enpresa pribatuek, berriz, interes ekonomikoa dute lehentasun, eta, lehiakortasun gogorrari legedia indartsu baten falta gehitzen zaionean, arazoak sortzen dira. Horren adibide dira Jeff Bezos eta Richard Branson enpresarien arteko liskar etengabeak.

Mineralen merkantilizazioa jokoan

Elon Musk-ek, urte gutxiren barruan, Marten kolonia finkatu bat irudikatzen du SpaceX-eko suziariak, espazio-ontziak eta teknologia saltzen dituenen. Baina zer helburu luke kolonia horrek? Dirudun talde baten opor-leku izatea? Meatzaritza-kanpamentu bat eraiki eta bertako baliagaiekin irabaziak lortzea? Hori da, adibidez, azken urteotan bolo-bolo ibili den asteroideetako eta Ilargiko mineralen merkantilizazioak lukeen helburua. Edota espazio-agentziei

teknologia saldu eta ustiaketa seguru, jasangarri eta ez-erasokorra bultzatzea?

Aukeran, azkena nahiago, jarduteko modu horrek ere zer hobetua baduen arren. Alde batetik, enpresen etekinak ez luke teknologia berri horren salmenta edo erabilera zuzenetik etorri beharko, Lurrean izan ditzakeen aplikazioetatik baizik (gogoratu eskuan daramagun GPSa espazio-esplorazioaren beharretatik datorrela). Bestetik, enpresa pribatuen espazioko jarduna murriztu eta espazio agentzia publikoena baldintzatu eta arautuko lukeen legedia landu beharko litzateke, 1967an sinatutako Kanpo Espazioaren Tratatuaren modukoa, baina zorrotzagoa eta sendoagoa. Espazioko jarduna ikuskatuko lukeen nazioarteko batzorde bat sortzea ere ez litzateke alferrikakoa izango. Zorionez, bide horretan gaude. ●

Isabelle Guyon

Big datako katedraduna
Paris-Saclayeko Unibertsitatea

*“Adimen artifiziala ahalik eta jende
gehienaren esku jarri behar dugu”*

Guillermo Roa Zubia · Elhuyar Zientzia

Argazkiak: Kaliforniako Unibertsitatea/BBVA Fundazioa



Askorentzat, adimen artifizialaren aitzindarietako bat da Isabelle Guyon. Irakatsi ordenagailuari gauza bat egiten, eta, seguru asko, Guyonen lana erabiltzen ariko zara, berak asmatu baitzituen ikasketa automatikorako erabiltzen diren oinarritzko metodo-logiak. Zenbakiak erraz maneiatzen dituzte makinek, baina, benetan giza adimenara gerturatzeko, objektuak zehaztasunez bereizten ikasi behar dute; hala nola gizonak eta emakumeak bereizten, diagnostiko mediko bat bereizten, edo edozein datu-taldetan patroiak identifikatzen. Hain zuzen, horretan egin du funtsezko ekarpena Guyonek. BBVA Fundazioaren Ezagutzaren Mugak saria jasotzera etorri zen Bilbora, eta Guillermo Roak elkarriketatu zuen Euskadi Irratiko *Norteko Ferrokarrilla* saioan. *Elhuyar* aldizkarira ere ekarri dugu.

Adimen artifizialean eta big datan aditua zara. Hain zuzen, ikasketa automatikoaren oinarrian dauden algoritmoak sortu zenituen, duela 20 urte: laguntza-bektoreak. Alegia, datu asko aztertu behar direnean erabiltzen diren algoritmoak. Zuzena da?

Hori da. Gizakiontzat errazak diren lan batzuk oso zailak dira makinentzat. Adibidez, udareak eta sagarrak bereizten ikasi behar badu makinak, batzuetan zaila egiten zaio, sagar batzuek udareen antza dutelako eta udare batzuek sagarrena. Zaila zaio muga non dagoen jakitea. Eta algoritmo matematiko konplexu batzuk garatu genituen muga horiek detektatzen laguntzeko: laguntza-bektoreak.

Berez, ikasketa automatikoan metodo asko erabiltzen dira. Hasieran, sare neuronaletan egin nuen doktoretza: zenbait metodo konparatu nituen, tartean nukleo-metodoak deitzen direnak. Baina, gero, Bell laborategian Vladimir Vapnik irakaslea ezagutu nuenean, laguntza-bektoreak erabili eta garatu genituen, 60ko hamarkadan asmatutako metodo batean oinarrituta, datuen diskriminatzaileen adibideak baitira.

Konturatu nintzen algoritmo horiek eta nukleo-metodoak konbina nitzakeela. Nire senarrak, Bernard Bozerrek, konbinazio hori inplementatu zuen, eta nahiko ondo funtzionatu zuen. Hainbat gauzatan aplikatzen hasi ginen. Bernard Schölkopf-ekin esparru oso bat garatu genuen nukleo-metodoen inguruan, haren aplikazioak biderkatuta.

Urte askoan aritu nintzen esparru horretan. Nire lehen amodioa, hau da, sare neuronalak, ordeztu zituen. Ez nahita, baina bi esparruak nituen lehian nire lanean. Hala ere, praktikan ez dira lehiakideak. Alderantziz, uste dut oso osagarriak direla. Oinarritzko ikasketan, sare neuronalak eta laguntza-bektoreak konbina daitezke. Orain jende askok konbinatzen ditu, eta teknika ahaltsuagoak sortzen ditu.

Sare neuronalak oso erabilgarriak dira, baina duela gutxi berpiztutako teknika da, ordenagailuen konputazio-ahaltenarengatik. Duela 25 urte inguru, zu hori ikertzen ari zinenean, ordenagailuak ez ziren inondik inora hain ahaltsuak, eta sare neuronalen ideia oso ona zen, baina ez oso errealista, une horretan. Gaur egun, ordea, ikaragarriko erabilera dute.

Hori da, inflexio-puntu bat egon zen. Sare neuronalak eta bestelako ikasketa-makinak trebatzeko adina datu eskuragarri dagoenetik, makinek giza-kion gaitasuna berdindu dute. Batzuetan gainditu ere egin dute, datu-kopuru handiak prozesatzeko gaitasuna oso mugatua delako gizakiongan. Esate baterako, makina bat trebatu zuten Go jokoan jokatzeke, ehunka partida erakutsita, eta giza gaitasuna gainditu zuen. Ustekabekoa izan zen Go jokoa txapelduna makina batek gainditzea, pentsatzen genuelako hori oraindik urruti zegoela. Eta, jakina, horrek jendearengan ametsak adina beldur eragiten ditu.

Beldur dira makinak “supergizaki” bihurtuko ote diren. Baina nik uste dut aukera handia dela, eta ez dugula beldurtu behar; aitzitik, ukiatu egin beharko dugu, eta ahalik eta biztanleria-segmentu handienaren esku jarri.

Iraultza batean gaude. Iraultza handia, sare neuronalekin eta ikasteko makinekin. Horrela ikusten duzu?

Bai, eta uste dut iraultzaren hasieran gaudela, asko zabaltzen ari baitira, batez ere, datuetan patroiak topatzen dituzten algoritmoak. Orain, gure telefonoetan eta gure ordenagailuetan, ikasketa automatikoko produktu asko daude, aurpegiak ezagutzen dituztenak edo itzulpen automatikoak egiten dituztenak, batzuk aipatzearren. Ikusmen artifizialeko aplikazio asko ere badaude, sare neuronal konboluzionalei esker. Hain zuzen, horiek Bell laborategian garatu zituzten, han lanean ari nintzenean. Eta, aldi berean, sektore-makinekin lan egiten genuen, osagarriak direlako.

Adibidez, demagun sare neuronal bat trebatzen duzula irudi bat segmentu txikitara zatitzeko, gero konbinatzeko moduko marra- eta gurutze-itxurako zatitxotan. Datu-base handiak behar dituzu ondo trebatzeko. Baina ez baldin badaukazu datu askorik eta daukazunak ez badira egokiak? Adibidez, imajinatu trebatu nahi duzula zure sistema aurpegiak ezagut ditzan, baina dituzun irudi gehienak objektuen irudiak direla, beste mota bateko datuak. Baina demagun umeen aurpegiaren irudi gutxi batzuk ere badituzula. Sistema trebatu ahal izateko, adibideetan oinarritzen den metodo bat behar duzu, sektore-makinen bidezkoa, adibidez, eta ez ikusten dituen ezaugarrietan oinarritutako metodo bat.

Makinak gauza bat egiteko trebatzen ditugu, baina gu, gizakiok, gai gara oso gauza ezberdinak egiteko, eta batzuk besteekin erlazionatzeko ere bai. Hori da, eta, horrez gain, ikasteko modu ezberdinak ditugu. Adibidez, epe luzeko memoria daukagu. Me-

moria horrek datu asko behar ditu, eta, horri esker, patroiak bereizteko estrategiak ikasteko aukera ematen digu. Eta epe laburreko memoria ere badugu; adibide batzuk buruz ikasi besterik ez dugu egiten, eta, gero, adibide horiekin konparatuta hartzen ditugu erabakiak.

“Jendea beldur da makinak ‘supergizaki’ bihurtuko ote diren. Baina nik uste dut aukera handia dela”

Bioinformatikan ere egin duzu lan. Sekulako iraultza ekarri du horrek, adibidez, kimikan. Esate baterako, proteina jakin batekin lotuko den molekula baten bila bazabiltza, sistema automatikoak aukera asko azter ditzake, eta erabaki zein diren molekula aproposenak. Gero eta gehiago erabiltzen da biokimikako ikerketan.

Bai, hori oso garrantzitsua izan da. Eta jarraitzen du garrantzitsua izaten. Big datari buruz hitz egiten dugu, datu asko izateari buruz, alegia. Baina nolako datuak behar ditugu? Funtsean, bi modu daude gaia aztertzeko: adibide-kopuru handia izatea eta adibide bakoitzaren ezaugarri-kopuru handia. Kimikaz ari bagara, ezaugarri asko dituen molekula bat azter dezakegu, milaka ezaugarri dituen. Gainera, ikerketa biomedikoan, pazienteak bera ere azter daiteke, zeinak milaka ezaugarri baititu.

Adibidez, geneen jarduera guztiak neurtzen badituzu, milaka ezaugarri dituzu aztergai. Big data mota desberdin bat da. Ez dugu gene askorik, baina haien ezaugarri asko ditugu. Hor erabili daitezke laguntza-sektoreen makinak. Horregatik erabili dira asko biomedikuntzan, eta orain kimikan ere bai.

Gogoratzen dut Britainia Handiko adibide bat: emailen eta pazienteen datuak konbinatu nahi zituzten, giltzurrun-transplanteetarako emailen



**egokiak lortzeko, odol-motaren bateragarritasuna eta beste ezaugarri batzuk kontuan hartuta. Herrialde osoko datuak zituzten, eta, adimen artifizialeko sistemei esker, gai izan ziren erabakitzeko: Londresko pertsona honek giltzurruna emango dio Manchesterreko honi, eta Yorkeko beste honek... Emaile eta pazienteen sare konplexu bat osatu zuten. Hori adibide sinplea da zuentzat, ezta? Ikaske-
ta automatikoaren iragana da, nolabait.**

Bai. Eta interesgarriena da hainbat diziplina uztartzen ditugula: estatistika, optimizazioa eta beste ohiko metodo batzuk. Jende askok batu ditu indarrak azken 20 urteetan. Batzuetan, estatistikako ohiko metodoak ez ziren informatikan ezagutzen. Eta zirrargarria da beste adimen artifizial mota batzuetan lanean aritu diren pertsonentzat, gauza ahaltsuak egin ditzakegula bakarrik zenbakietatik abiatuta, batez ere zenbakiak manipulaturik eta datu asko bilduz.

Baina ez da magia beltza ere. Ehunka mila ezaugarri baditugu, nola bereiz ditzakegu patroiak? Gauza baten edo bestearen ezaugarri bereizgarrienak aurkitzen saiatzen gara? Jo dezagun txakurrak eta behiak bereizi nahi ditugula. Lau hanka izateak ez du axola, txakurrek zein behiek dituztelako lau hanka, baina behiek adarrak dituzte eta txakurrek ez. Horrelako ezaugarriak bilatu nahi dituzte. Azken batean, ehunka mila datuetatik abiatuta, sinplifikatu dezakezu arazoa, problema jakin baterako inporta zaizkizun zenbaki gutxi horiek bakarrik aztertuta.

Elhuyarren adimen artifizialeko ikertzaileak daude, euskaratik ingeleserako, gaztelaniarako, frantseserako eta beste hizkuntza batzuetarako itzulpen automatikoan lan egiten dutenak, eta alderantziz. Arazoa da euskarak ez duela corpus handi bat, ez duela hizkuntza handiek adina datu

“Adimen artifizialean, datu gutxi izatea da egoerarik zailena”

konparatzeko. Beraz, oso lan ona egin behar dute informazio horrekin makina bat entrenatzeko.

Jendeak askotan pentsatzen du zaila dela datu asko izatea, baina datu gutxi izatea da egoerarik zailena. Hain zuzen, Vapnik-en teoriak asko lagundu zigun ulertzen ezen, datu gutxi ditugunean, eredu nahiko sinpleak erabili behar ditugula. Bitxia bada ere, sare estuak dira datu gutxi maneiatzen dituzten sare neuronalak. Teoria konplexua dago horren azpian. Orain, erregularizazio-teoria esaten zaio; alegia, datu gutxiarekin lan egiteko, gakoa ez da bakarrik zer eredu erabiltzen duzun; eredu hori trebatzeko modua ere funtsezkoa da.

Bereziki interesatzen zait “datu gutxiaren ikasketa laburra” deitzen duguna; alegia, adibide gutxitatik abiatuta ikasi behar duten sistemak. Horrelakoetan, lehiaketak antolatzen ditugu. Hori da nire lan egiteko modu bat. Lanak nik eta ikasleek bakarrik egin beharrean, ikertzaile-talde handi bati irekitzen diogu problema. Beraz, problemak planteatzen ditugu, eta soluzioa edozeinek emateko aukera zabaltzen dugu. Lan berri bat egin dezakegu beste lan batzuetan trebatutako sistema batekin.

Aipatu duzunaren harira, sare neuronaletan estrategia asko daude; adibidez, GAN sareen estrategiak, beste sistema batekiko konpetentziatik ikasten duten sistemak. Ikaragarria! Etorkizun berria irekitzen ari da?

Bai. GAN sareek iraultza ekarri dute azken urteetan, sare neuronalak trebatzeko garaian. Jendeak metodo berriak asmatzen ditu, eta metodo horiek usiatzeko ideia berriak ere bai. Egin dugun gauzetako bat da datu artifizial errealistak sortzea. Helburuetako bat pribatutasuna babestea da. Izan ere, datu

horiek, askotan, pribatutasun-kezkak ekartzen dituzte, edo balio komertziala dute; beraz, ezin dira besterik gabe zabaldu. Arazo handia izan da: datu pribatuak askatzeagatik salatu egin dituzte enpresa handi batzuk. Beraz, orain oso zuhurrak dira. Eta hori txarra da ikerketa-komunitatearentzat, iker-tzaileek ezin baitute problema interesgarri gehiago aztertu eta soluzioa bilatzen saiatu.

Beraz, lan hau egin dut New Yorkeko RPI institutu-ko lankideekin: GAN sareetan oinarritutako mezuak zatitu, gizabanakoei buruzko informaziorik ez duten datu artifizial errealistak sortzeko. Datu horiek datu errealean propietate estatistiko guztiak gordetzen dituzte, eta, beraz, erabilgarriak dira ikerketarako.

Horrela, ikasleek erabil ditzakete sistemak trebatzeko. Arazoa da benetako aurkikuntzak egiteko ere erabili nahiko genituzkeela, eta horretarako ez dute balio. Benetako datuen propietateak gordeta, ikerketan erabili ahalko genituzke benetako aurkikuntzak egiteko. Saiatzen ari gara datu artifizial errealista horien mugak pixkanaka-pixkanaka zabaltzen.

Eta funtzionatzen al du?

Bai, biomedikuntzan, erregistro mediko faltsu asko sortu ditugu, oso informazio sentikorra baita. Oro har, datu sentikorrak dituzten enpresek inko-laboratzen ari ginen, baina ez ziguten uzten datu-rik esportatzen. Aldiz, orain, zenbait segurtasun-edo pribatutasun-muga gaingitu zezaketen datuak sor ditzaketen ereduak esportatzen ditugu. Esperantza badut baliagarri izango zaiola zientzia-komunitateari. ●

txikitik
eragiten!

Artikulu hauek erosita
ekarpen ekonomikoa
egingo diozu Bilboko Mbolo
Moye Doole elkarteari.
Atera aldarria kalera
euskaraz eta wolofez!

%100
kotoi
organikoa

19,5€

+ 4€
bidalketa
gastuak



Musikaz gozatzeko ezgaitasuna: **anhedonia musikala**

Ana Galarraga Aiestaran · Elhuyar Zientzia

Musika entzutea, piezaren, unearen eta entzulearen arabera, izan daiteke hunkigarria, dantzagarria, gozagarria, mingarria, iradokitzailea... Gutxi batzuentzat, ordea, ez da ezer; ez die ezer eragiten. Ez sentipenik, ez emoziorik, ez erantzun neurologiko zein fisiologikorik: anhedonia musikala dute. Berezitasun horren oinarriak eta ondorioak ikertu dituzte, besteak beste, Noelia Martínez-Molina neurozientzialariak eta María García-Rodríguez musika-terapeutak.

Anhedonia musikal terminoa 2011n erabili zen lehen aldiz, [garuneko lesioa jasan zuen paziente baten kasua deskribatzeko](#). Lesioaren ondorioz, musika entzutean emozioak sentitzeko ahalmena galdu zuen pertsona horrek. Galera espezifikoa izan zen; hau da, gai zen beste estimulu batzuekin hunkitzeko, eta soinuak eta doinuak ondo aditzen zituen, baina ez zioten ezer sentiarazten.

Terminoa ordura arte erabili ez bazen ere, halako kasuak lehenago ere azaltzen dira literatura zientifikoan. Eta ez soilik lesio baten ondoriozkoak; badira berez ahalmen hori ez dutenenak ere. Hain zuzen ere, berezko anhedonia musikala duten pertsonen eta musikarekin gozatzan dutenen arteko diferentziak ikertu ditu Noelia Martínez-Molina neurozientzialariak.

Aitortu duenez, ez da erraza ezaugarri hori duten pertsonak topatzea. Asaldura psikiko batzuetan, depresioan eta eskizofrenian, adibidez, ohikoa izaten da gozatzeko gaitasuna galtzea, edo, neurri ba-

tean, apaldua izatea. Anhedonia hori, ordea, orokorra izaten da; anhedonia musikalean, musikarekiko baino ez da gabezia. Aipatzekoa da populazioaren % 3-5ek dutela anhedonia musikala.

Bartzelonako Cognition and Brain Plasticity Unit eta McGill Unibertsitateko ikertzaileek elkarlanean egindako [ikerketa batean](#), frogatu zuten musika entzutean sortzen den gozamena eta dirua irabazteak eragiten duena independenteak direla. Ikerketa horretan anhedonia musikala zuten pertsonak parte hartu zuten, eta ikusi zuten, musika entzutean, ez zutela erreakzio fisiologikorik: larruazalaren eroankortasun elektrikoa ez zen aldatzen, ezta bihotz-taupaden maiztasuna ere. Aldiz, esperimentuaren barruan diseinatutako jokoan dirua irabazten zutenean, erantzun elektrodermiko eta bihotz-taupadak aldatu egiten ziren.

Erresonantzia magnetiko funtzionala erabilita, [be-reizketa hori berretsi zuten](#): anhedoniarik ez zuten pertsonetan, musika entzutean, entzumenare-



ARG.: Lars Frantzen CC 4.0

kin lotutako eremua aktibatzearekin batera, sari-sistemearekin erlazionatutako eremua ere aktibatzen zen. Aldiz, anhedonia zutenean, ez zegoen aldibereko erantzun hori. Nolabait, entzumenaren eta soinuaren ebaluazio sentsorialaren sistemak eta sari-sistemen arteko loturak etenda daude pertsona horietan.

Erreakzioaren eskalan

Ikerketa horietan, musikak eragiten duen erreakzioa neurtzeko, eskala bat erabili dute, bost aldagai hauekin: sorrarazten duen emozioa, musika bilatzeko ahalegina, aldartea erregulatzea, onura soziala, eta erantzun sentsitiboa eta motorra.

“Musika bilatzeko ahalegina deitu diogu pertsonak musika entzuteko hartzen duen lanari eta egiten duen saiakerari; adibidez, musika erostea, kontzertu batera joatea, erreferentziak bilatzea...”, azaldu du Martínez-Molinak. Anhedonia musikala dutenek puntuazio baxua dute eskala horretan; baina ez dute arazorik plazera sentitzeko beste estimulu batzuekin, hala nola janariarekin edo sexu-harremanekin.

Anhedonia musikala izan gabe ere, aldeak egoten dira pertsonatik pertsonara eta egunaren arabera. Eragin handia du, esaterako, musikaria izateak edo musika-ikasketak edo kultura musikal zabala izateak.

“Nolabait, soinuaren ebaluazio sentsorialaren sistemen eta sare-sistemen arteko loturak etenda daude anhedonia musikala dutenetan”

Bada, ordea, eragin esanguratsua izan dezakeen beste aldagai bat, aintzat hartzen ez dena, eta, Martínez-Molinaren iritziz, kontuan hartu behar-ko litzatekeena: hilekoaren zikloa. “Emakumeok hormona-gorabehera nabarmenak ditugu, eta, horren ondorioz, gure erantzun emozionalak aldatu egiten dira. Hortaz, zikloaren unearen arabera,

musikarekiko erantzuna bat ala bestea izan daiteke. Alabaina, ikerketetan ez zaio horri erreparatzen, eta ni neu ohartu naiz ezen, zikloaren une jakin batzuetan, errazago hunkitzen naizela, negar egiteraino. Nire ustez, emozioak aztertzen diren ikerketa guztietan izan beharko zuketen kontuan, baina, momentuz, ez diote garrantzi handirik ematen”.

Berri Txarrak taldearen azken kontzertuko argazkia, musikak jendea biltzeko eta emozioak bideratzeko duen ahalmenaren erakusle garbia. ARG.: Gaizka Peñafiel Dañobeitia.



María García-Rodríguez
Musika-terapeuta



Noelia Martínez-Molina
Neurozientzialaria



Nolanahi ere, azpimarratu du ikerketa horiek frogatu dutela anhedonia estimulu jakinekiko espezi-fikoa izan daitekeela, eta anhedonia musikala dela motetako bat. Horrek erakusten du arazoaren muina ez dagoela sari-sisteman, baizik eta sistemen arteko erlazioan; "estimulua jasotzen duen sistemaren eta sari-sistemaren arteko erlazioan, hain zuzen".

Plazeraren giltza

Illo horretatik, galdera honi erantzuten ere saiatu dira: zein da plazeraren giltza musika entzutean? Martínez-Molinaren esanean, aurreikuspenekin du zerikusia. "Nota-segida bat entzuten ari garenean, oharkabea, gure garunak hurrengo nota zein den kalkulatu du. Asmatzean, sari-sistema aktibatzen da, eta plazera sentitzen dugu. Baina, beti asmatzen badugu, aspertu egiten gara. Horregatik, are plazer handiagoa ematen digu tarteka ez badugu asmatzen eta harritzen bagaitu. Hori bai, harridurak neurrikoa izan behar du. Oreka horretan dago koska, eta alde handia dago pertsonatik pertsonara, norberaren kulturaren eta ezagutza musikaren arabera".

Anhedonia musikala dutenen garunak ez du halako kalkulurik egiten. Martínez-Molinak, gainera, ohartarazi du berezitasun horrek ondorioak izan ditzakeela ikuspegi klinikotik: "Gero eta asaldura gehiagotan erabiltzen da musika-terapia, tratamendu gisa. Baina aurrez ez da begiratzen pazientek anhedonia musikala ote duen ala ez. Beraz, baliteke anhedonia musikala duen pertsona bat musika-terapia egitera bideratzea; kasu horretan, tratamendua ez da eraginkorra izango, eta beste era batera tratatzeko aukera galtzen da".

Emozioen erregulazioa

María García-Rodríguezek goi-mailako musika-ikasketak ditu, klarinete-jotzailea da, musika-irakaslea, musika-terapeuta, ikertzailea, eta, orain, doktoretza amaitzean da Madrilgo Complutense Unibertsitatean. Hain justu, musikarekiko eta giza harremanekiko plazeraren artean dagoen erlazioa da haren tesiaren ardatz nagusia.



García-Rodríguezek gogorarazi du musika adierazpen sozial bat dela, kutsu emozional nabarmena duena. "Kultura guztietan dago, eta ekitaldi sozial askoren funtsezko osagaia da. Izatez, giza harremanak sortzeko eta sendotzeko duen ahalmena da musikaren iraupenaren eta garapenaren arrazoi nagusia. Funtzio sozial hori estuki erlazionatuta dago musikarekiko plazerarekin".

Musikak, pertsonon plazer-iturri garrantzitsuenetako bat izateaz gain, parte hartzen du emozioen erregulazioan. "Guri alderdi hori asko interesatzen zaigu; nola erabiltzen dugun musika emozioak bideratzeko, adibidez, estresa apaltzeko, lasaitzeko... Eta bereziki gazteak aztertzen ditugu. Izan ere, musika da aisialdiko jarduera maitatuena gazteen artean, eta erlazio zuzena du ongizate emozional eta sozialarekin. Azken finean, esperientzia musikal partekatutak pertsonak bildu eta elkar lotzen ditu".

Giza harremanekiko erlazioa

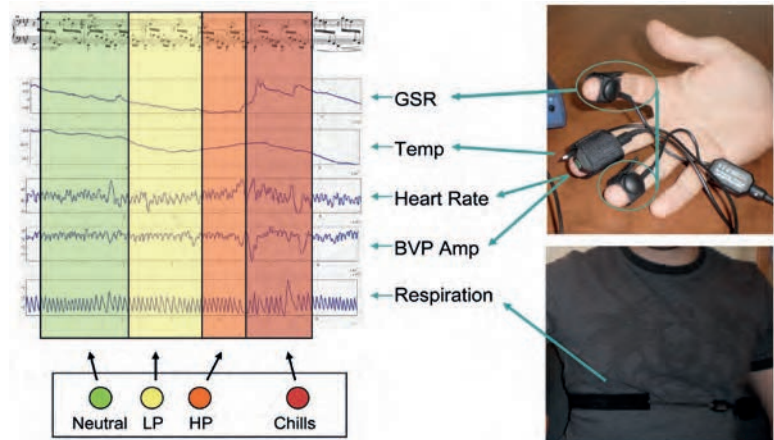
Hori guztia aintzat hartuta, García-Rodríguezek erabaki zuen ikertzea ea badagoen erlazioirik mu-

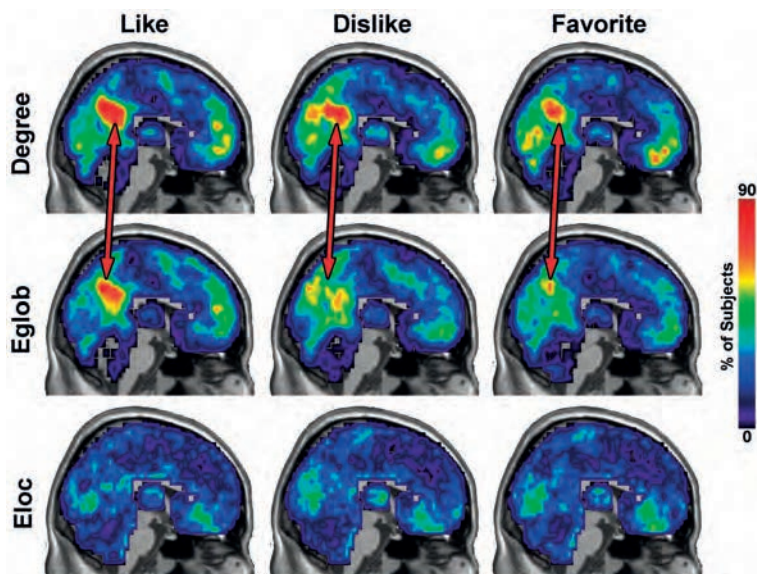
sikak sortzen duen gozamenaren eta giza harremanek ematen dutenaren artean. Horren barruan, jakin nahi zuen anhedonia musikala dutenek besteek bezainbeste gozatzen ote duten giza harremanekin ala ez, eta alderantziz.

Bigarren hezkuntzako ikasleak aztertu zituen, eta datuak sexuaren eta adinaren arabera bereizi zituen. Argitu du emaitzetan ez zela nabari adinaren eragina; bai, ordea, generoarena: "Anhedonia sozialaren maila handiagoa da mutiletan nesketan baino".

Musikari dagokionez, frogatu zuen erlazio zuzena dagoela neurtu zituen bi parametroen artean: atsegina eta kitzikapena. "Musikaren eragina neurtzeko, emozioen eredu dimentsionalean oinarritu ginen; zehazki, Rusellen ereduan. Haren arabera, estimulu batek eragindako emozioa bi aldagai neurofisiologikoren arabera da: estimulua zenbateraino den atsegina (-4tik 4ra, arbuigarria izatetik plazer handia sortzera), eta kitzikapena (ezer ez eragitetik guztiz aktibatzerara)".

Anhedonia musikala duten pertsonak, musika entzutean, ez dute erreakzio fisiologikorik: larruazalaren eroankortasun elektrikoa ez da aldatzen, ezta bihotz-taupaden maiztasuna ere. ARG.: Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Longo, G., Cooperstock, J. R., & Zatorre, R. J. (2009), CC BY 4.0.





Erresonantzia magnetiko funtzionalaren bidez, ikertzaileek jakin dezakete zenbateraino den atsegina musika-pieza jakin bat entzulearentzat. ARG.: Wilkins, R., Hodges, D., Laurienti, P. *et al.*

Sei oinarrizko emozio sorrarazten dituzten piezak entzunarazi zizkieten: poza, nazka, haserre, beldurra, harriidura eta tristezia.” Parte-hartzaileek bi dimentsio horiek baloratu behar zituzten, eta ikusi genuen bien artean erlazio zuzena dagoela. Adibidez, beldurra eta nazka eragiten duten musikek kitzikapen handia sortzen dute, eta negatiboki baloratzen dira; pozak eta tristurak, berriz, kitzikapenaren eskalan puntuazio txikia dute, baina atsegingintzat jotzen dira”.

Alabaina, zenbait ikasleren balorazioetan ez zen erlazio hori agertzen: “Adibidez, musika beldurgarriaren edo nazkagarriaren atsegin-eskalan, puntuazioa ez zen negatiboa, zero baizik. Ez da musika gorroto dutela edo desatsegina iruditzen zaiela, baizik eta ez diela ezer esaten, ez hotzik ez berorik”. Hau da, anhedonia musikala zuten. Eta justu ikasle horiek ziren giza harremanak atsegin ez dituztenak. “Hori da, hain zuzen ere, [gure ikerketaren emaitzarik aipagarriena](#): anhedonia soziala eta musikala erlazioatuta daudela”.

Horrekin batera, beste ikerketa batzuetan ere identifikatu izan den paradoxa bat detektatu zuten: “Aitortzen zuten tristetzat jotzen zuten musikak

plazera eragiten ziela. Hau da, tristea izanagatik, ez zuten desatsegingintzat hartzen, alderantziz baizik. Hori paradoxikoa da, bizitzako beste alderdi edo gertakari tristeak ez baitzaizkigu gozagarriak iruditzen; musikarekin ez da hori gertatzen”.

“Anhedonia musikala eta soziala erlazioatuta daudela frogatu dute”

Emaitza horiek erabilgarriak izan daitezke musika-terapian. García-Rodríguez guztiz bat dator Martínez-Molinarekin: alferrik da musika-terapiara bideratzea anhedonia musikala duen paziente bat; “horregatik, komenigarria litzateke aurrez begiratzea”. Biek ere ikerketekin jarraitzeko asmoa dute, are gehiago sakontzeko anhedonia musikalaren barrunbeetan. ●



Giza eboluzioaren irudiei erreparatuta, badirudi emakumeek eboluzioan egin duten ekarpen bakarra izan dela ondorengoak izatea. Alegia, gizonzkoek animalia handiak ehizatuz eta ahalegin ikaragarriaz lortutako ezaugarri horiei iraunaraztea. Baina giza eboluzioa beste ikuspegi batetik ulertzen lagundu nahi du orain CENIEH giza eboluzioaren ikerketa-zentroak, eta [erakusketa ibiltari bat antolatu du](#), eztabaida pizteko helburuz. Bilbon izan da udazkenean, eta, haren osagarri, hainbat hitzaldi antolatu ditu [Kultura Zientifikoko Katedrak](#). Han eman dute beren iritzia Carmen Manzano Basabe EHuko biologoak, Asier Gómez Olivencia Atapuer-

cako ikertzaile eta EHuko eta Aranzadiko paleontologoak, Arantza Aranburu Artano Atapuercako ikertzaile eta EHuko geologoak, eta Vega Asensio Herrero biologo eta ilustratzaile zientifikoak. Giza eboluzioaren ikerketan, egungo gizartearen ikuspegi androzentristaren joera identifikatzen zuten laurek.

“Arrasto fosilak direnak dira, baina gero haiekin eraiki dugun kontakizuna aurreiritziz beterik eraiki da. Egungo betaurrekoak erabiltzen ditugu iragana interpretatzeko”, adierazi zuen Asier Gómez Olivencia. “Adibide bat: Ekialde Hurbilean Erdi Paleolito-



Giza eboluzioa berridazten

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute · Elhuyar Zientzia

Ilustrazioak: Eduardo Saiz Alonso · CC BY-NC-ND

Giza eboluzioa modu zirrargarrian kontatu digute: mamut handien ehiza, garunaren garapena, Afrikatik mundu osora zabaltzea... Baina apenas daude emakumeak kontakizun horretan. Ustez gure espeziearen garapenerako gakoak izan diren asmakizunak gizonezkoei esleitu izan zaizkie, eta emakumeek biologiko-ki natural zituzten ekarpenak ikusezin bihurtu. Alabaina, gizakiak egin duen eboluziorako, gero eta ikertzaile gehiagok jotzen dituzte ezinbestekotzat edoskitze luzeak, erditze zainduak eta haurrenganako transmisio kulturala. Hori gabe, ez gara giza eboluzioa ulertzen ari. Kontakizun ofiziala berridazteko garaia da, beraz.

tik kontserbatzen den ehorzketa bikoitz bakarrean —duela 90.000-100.000 urtekoa—, heldu gazte bat eta ume bat aurkitu ziren. Heldua, Qafzeh 9 deitua, ez zen oso sendoa, eta interpretatu zen emakume bat zela, bere haurrekin hilobiraturatua. Horrek bat egiten zuen haurren zaintza erabat emakumeen esku geratzen zen sinesmenarekin. Baina duela gutxi, zalantzan jarri eta aztertu denean, ikusi da gizonezko gazte bat zela”.

“Erremintak ondoan zituen eskeleto bat azaltzen zen bakoitzean ere, zuzenean, gizon bat zela interpretatzen zen; batez ere, animalia handien ehizarako

armak baldin baziren. Izan ere, onartutzat eman da ehiza gizonezkoek egiten zutela”, dio Carmen Manzano Basabe biologoak. Erregistro fosilean, ordea, ez dago frogarik pentsatzeko gizonezkoak bakarrik aritzen zirenik ehizan eta emakumezkoak bilketan.

“Gogoan dut inoiz aurkitutako ehiztari zaharrenaren ehorzketa azaldu zenean. Peruko Andeetan aurkitu zuten. [Duela 9.000 urteko hezur fosilak zeuden ehortzita](#), animalia handien ehizarako tresnen ondoan. Eta, inork espero ez bazuen ere, frogatu zuten emakume gazte bat zela. Alegia, Ameriketara aurkitutako ehiztaririk zaharrena emakumezkoa da.

Carmen Manzano Basabe
Biologoa
EHUko ikertzaile eta irakaslea



Asier Gómez Olivencia
Paleontologoa
Atapuercako, EHUko eta
Aranzadiko ikertzailea



Hori ikusita, ordura arteko ikerketak berraztertu zituzten, eta ikusi zuten [erregistro fosileko ehiztarien % 30-50 emakumezkoak zirela](#)”.

Ikarketa hark iradoki zuen ezen, lehenengo gizarte ehiztari-biltzaileetan, neska gazteek ere ehiza egiten zutela ama izan arte, eta are geroago ere, taldeko haurren zaintza aloparentalari esker. Izan ere, taldeak zaintzen zituen haurrak eta kolektiboki ematen zitzairen bularra. Garai hartako ehiza-teknologia nagusiak lantza-jaurtitzailak izateak lagundu zuen taldeko ia edozein kidek parte hartu ahal izan zezan ehizan: emakumeek, gizonak eta baita neska-mutil gaztetxoak ere. Erregistro fosilak agerian utzitako ondorioak ziren, baina ez ziren gutxi izan horren aurrean sinesgogor azaldu ziren zientzialariak.

“Erregistro fosileko ehiztarien % 30-50 emakumezkoak dira”

Ikertzaileek uste dute gerora sortutako ehiza-teknologiek ekarriko zutela gizonezkoen ehiza-espezializazioa. Esaterako, arkuak eta geziak. Beraz, bilakaera kulturalak ekarri zuen hasieran ez zegoen muga.

“Emakumezkoek izango zuten muga bakarra izango zen indar handia eskatzen zuten ekintzak ezin burutzea. Jartzen dizkiegun beste muga guztiek kalte besterik ez dute egiten, eta eboluzioa ulertzea garalarazten digute”, dio, kementsu, Manzanok.

Ez gara giza eboluzioa ulertzen ari, beraz. Ezin dugu ulertu, begirada garbitzen ez dugun bitartean.

Areago, emakumeak eta haien ekarpenak ikusten ez diren bitartean.

Emakumeen ekarpenak, ikusezinak

“Ehizarako teknologia bai, asko nabarmendu da, baina gure espezieak eboluzionatzeko funtsezkoak izan dituen beste elementu batzuk ez ditu agerian jarri giza eboluzioaren kontakizun ofizialak. Hain zuzen, giltzarri izan dira beste espezie batzuekin desberdintzen gaituzten zenbait faktore; hala nola erditzea, edoskitze luzea, haurrak luzaroan zaintzea eta ezagutzaren transmisio kulturala”, azpimarratu du Manzanok.

Zientziak, baina, ez ditu aintzat hartu. Giza eboluzioaren kontakizunean, ezkutuan geratu dira egungo gizarte patriarkalean bigarren mailako aktibitateak jotzen diren horiek berak. Bi dira arrazoi nagusiak: batetik, zientzialarien begirada partziala eta aurreiritziz bete, oro har emakumeen ekarpena gutxiesten duena; eta, bestetik, jarduera horiek ez dutela erregistro fosilik uzten. Zenbateraino izan dira giltzarri, ordea, giza eboluzioan?

Erditzea eta bularra ematea

Bipedismoa da hominidoen ezaugarri bereizgarri bat. Baina, tente ibiltzen hastean, gizakion pelbisak birkokatu egin behar izan zuen: postura-aldaketaren ondorioz, erditze-kanala estutu egin zen, eta zuze-ri izateari utzi zion. Orduz geroztik, txinpantzeek ez bezala, giza jaioberriei biraketa bat egin behar izaten dute erditzean, eta atzera begira jaiotzen dira, amari begira jaio beharrean. Horrek jaiotza konplikatu du. Txinpantzeen jaiotzak errazak eta guztiz autonomoak badira ere, emakumeek kideen laguntza beharko zuten erditzean. Hala, erditzea ekintza soziala bilakatu zuen bipedismoak, eta, aldi berean, prozesu konplexua eta taldearen

Arantza Aranburu Artano
Geologoa
Atapuercako eta EHUKo ikertzailea



Vega Asensio Herrero
Biologoa
Ilustratzaile zientifikoa



jarraipenerako giltzarria. [Proposatu da obstetrizia gizakiaren lehenengo lanbidea izango zela](#), bi-pedismoarekin batera sortua, giza eboluzioaren hasiera-hasieran.

Areago, erditze-kanala estutu zenetik, giza haur jaioberrien garunak helduenaren bolumenaren % 28 baino ezin izan izan. Horrek, gainerako hominidoetan ez bezala, jaio ondoren garatu behar izatera eramaten zuen giza garuna, eta haurtzarora zazpi urtera arte luzatu zuen. Hala, giza garunaren garapenean, funtsezkoak bihurtu ziren edoskitze eta zaintza luzeak. Emakume bakoitzak zazpi erditze inguru izango zituen, eta haur bakoitzak hiruzpalau urtez hartuko zuen bularra. Pentsatzekoa da taldearen bi-zimoduan presentzia handia izango zutela. Baina kontakizun ofizialak alboratu egin ditu.

Homo espezieen marrazkietan ez dira azaltzen erditzen ari diren emakumeak eta bularra hartzen duten haurrak. Gizonezkoak dira ugarietak eta gailentzen direnak.

Vega Asensio Herrero ilustratzaile zientifikoa kritikoa da marrazki horiekin: "Ohikoa da lehenengo planoan gizonezkoak azaltzea, aktiboki, erremintak eta armak erabiltzen, eta atzean, emakumeak, bigarren mailako aktibitateak egiten, edo egonean, besterik gabe".

"Gogoan dut [María Ángeles Querol Fernándezek Atapuercako erakusketa aztertu zuenean ondorioztatu zuena](#)", dio Manzanok. "Eszena nagusietan 20 gizon azaltzen ziren, eta 3 emakume bakarrik. Gizonezkoak jarduera hauetan azaltzen ziren: ehi-zan, harriak lantzen, makilak zorrozten, kobazuloaren sarrera zelatatzen, hildakoak lurperatzen,



larruak karrakatzen eta zuhaitzetatik baiak biltzen. Emakumeak, ordea, egonean, jaten edo, gehienez, haurtxoa zaintzen, atzean”.

*“Giza garunaren
garapenean, funtsezkoa
izan da hurrek bularra
luzaroan hartzea eta
hautzaroa luzatzea”*

“Ilustrazio zientifikoak emakumea ikusezina egin du”, dio Asensiok. “Haurrei galdetuta, agerian geratzen da: ez dituztenez emakumeak ikusten irudietan, uste dute gizonezkoak bakarrik zeudela garai hartan. Historiaurreko gizaki baten lehen irudikapen zientifikoa 1873an argitaratu zenetik gaur

egun arte, irudi maskulinoak dira nagusi. Horrek pentsarazten digu arrak direla eboluzioaren motorra eta Historiaurreko protagonista bakarrak. Baina zergatik ez erakutsi bi sexuak eta haien arteko lan-kidetza ilustrazioetan, espeziearen biziraupenean biak giltzarri izan direla ulertarazteko?”

Transmisio kulturala

“Bestetik, ulertu behar dugu gure leinuaren eboluzioa ez zela izan prozesu biologiko hutsa, biokulturala baizik”, dio Manzanok. “Alegia, nire ustez, ezin dugu hitz egin giza eboluzioaz biologia hutsetik. Biologiaren ikuspegitik tximu afrikar arraro batzuk besterik ez gara. Eta zein dira gure arrarotasunak tximuen artean? Bada, bipedismoa eta kultura bati erabat lotuta gauden animaliak garela. Alegia, kultura erabiltzen zutela ingurumeneko aldaketetara egokitzeke. Bada, espezializazio kultural berri hori funtsezkoa izan zen

Erditzea ekintza soziala eta taldearen jarraipenerako giltzarria bilakatu zen.



gure espezieak arrakasta izan zezan, aldaketa garrantzitsuak ekarri baitzituen taldean funtzionatzeko moduan: taldea modu kooperatiboan zaintzen hasi zen, eta ikasketa sozialak indarra hartu zuen. Baliabide kultural berri horiekin, mundu osora zabaldu ziren gizakiak. Sua sortu zuten, teknologia eta sinesmen partekatuak". Beraz, litekeena da haurren zaintza eta transmisio kulturala giltzarri gertatu izana giza eboluzioan. Horrek ere ez du behar duen tokirik izan bertsio ofizialean, ordea.

"Bestetik, badirudi gure arrakasta ebolutiboan garrantzitsua izan dela, era berean, emakumeak emankor izateari gazte uztea. Alegia, menopausia goiztiarra. Alabei laguntzeko, eta haien haurrak hobeto zaintzeko eta haiek bizirik irauteko aukera handitu zuen. Eta, hala ere, guztiz estigmatizatua iritsi da gaurdaino bizitzaren etapa hori. Apenas

azaltzen dira klimaterioan eta zahartzaroan dauden emakumeak, eta uste dut eboluzioaren kontakizunean garrantzia eman behar zaiela gizakion etapa guztiei", hausnartu du Asensiok.

Aldatzeko, emakumeak ahaldundu

Begirada partziala izatearen arrazoietakoa bat da, hain zuzen ere, orain gutxi arte ikertzaile gehienak gizonezkoak izan direla, eta kanpoan utzi dutela emakumeen begirada. Esaterako, testuinguru karstikoetako kobazuloetan giza eboluzioa ikeritzen dutenen gehiengoak gizonezkoak dira. Arantza Aranburu Artano geologoak eman ditu gako garrantzitsu batzuk: "Kontziente izan behar dugu emakumeok zer behar ditugun ikertu ahal izateko. Ahaldundu behar dugu espeleologian, kobazuloetan bideak zabaltzeko, gidari-lanak egiteko, rape-latzeko... Nola interpretatuko dugu giza eboluzioa beste modu batean, guk geuk oraindik ere halako muga mentalak baditugu? Hainbeste zama du gure kulturak, ezen ikaragarri kostatzen baitzaigu begirada aldatzea".

Galdera berriak

Orain, ikusita zer garrantzi handia duen zientziaren kontakizuna berraztertzeak, zer galdera berrikusi behar ditu giza eboluzioaren ikerketak?

"Egia esan, aurreiritzi asko daude giza eboluzioaren kontakizunean, ez bakarrik generoari dagozkionak. Arrazakeriaren eta ikuspegi kolonialistaren zantzuak ere badaude", hausnartu du Gómezek. "Hori dena ekiditeko, ezinbestekoa da denok horren kontzientzia izatea eta elkarlan handiagoa egitea humanitate-zientziekin. Ezin gara bakarrik aritu".

Erlijioaren eragina eta eboluzioaren irudiak agerian uzten duen finalismoa bera ere kritikatu ditu Manzanosek: "Txinpantzetik gizakira ez da katerik egon. Biek dugu aitzindari komun bera orain dela 6-8 milioi urte, eta hominidoen eboluzioaren irudia ez da progresio lerroa izan, zuhaixka bat baino. Erlijioak "kutsatu" gaitu horretan, eta kate-irudiak nahasgarriak dira." ●





ARG.: Ander Izagirre Egaña

Arduratuta daude zientzialariak, eta ez da gutxiagorako. Munduan dauden 7.000 anfibio-espezieen % 40 mehatxatua daude jada, eta badirudi gainbeherak ez duela etenik. Dagoeneko 200 espezie desagertu dira. Datuak ditugunetik ezagutzen den anfibioen suntsipen-larrialdi handienaren aurrean gaude. Habitat-suntsiketa da arrazoi nagusia, baina azken urteetan espero ez zen arrisku berri bat ere azaldu da. Anfibioei eragiten dieten gaixotasunen agerpenek populazio osoak desagerrarazi dituzte egun batetik bestera. Euskal Herrian ere baditugu erne egoteko arrazoiak: azaldu dira lehen kasuak.

Anfibioen gainbehera isila, gaixotasun berriek hauspotuta

Iñaki Sanz-Azkue · Aranzadiko Herpetologia Saila



Txikiak eta iheskorak dira anfibioak, eta, ugaltzeko garaitik kanpo, isilak. Gehi diezaiogun horri ornoduntalde honi buruz egin diren ikerketak urriak direla, hegaztiekin edo ugaztunekin alderatuz. Hala, ezaugarri horiek guztiak batuta, koktel deserosoa sortzen da: ezagutza txikia eta mehatxuak ugari. Horrela sortzen da, hautsa harrotu gabe, inor konturatu gabe, animalia baten gainbehera isila. Oharkabean igarotzen da, halako batean gertaera

deigarriak gertatzen hasten diren arte. Eta orduan, alarma guztiak pizten dira. Izan ere, anfibioak neurgailu bikainak dira gizakiarentzat, gure ingurumen-osasunaren berri izateko. Espezie zaurgarriak izanik, zerbait gaizki doala adierazten duten lehenbiziko berriemaileak dira, bioindikatzailerik apartak.

Aranzadi Zientzia Elkarteak gonbidaturik, Donostia-ra, Anfibioen kontserbaziorako III. Jardunaldietara

etorri zen aurreko udazkenean CSICeko Jaime Bosch ikertzailea: "Hemen naukazue, beti bezala, berri onak emateko prest", esan zuen ironiaz. Irri-barre txiki bat atera zion bertataraturiko jendeari, eta hala hobe. Bosch-ek anfibioen gaixotasun berriekin egiten du lan, eta ondoren kontatu zuenak harrituta bezain arduratuta utzi zituen entzuleak.

“Bsal onddoak aste gutxian arrabioen populazio oso bat desagerrarazteko ahalmena du”

80ko hamarkadan hasi ziren zientzialariak anfibioen mundu mailako gainbeheraz hitz egiten. Urte batetik bestera ikusi zituzten orduko anfibio populazioak desagertzen. 1993an publikaturiko ikerketek, jada, adierazten zuten bost kontinenteetako 500 espezie gainbeheran zeudela. Eta hala, pixkanaka, mundu mailan entzuten genituen gertakizunak Euskal Herrira gerturatzen hasi ziren.

Peñalarako triskantza

1998ko uda. Gertaera larri batek alarma guztiak piztu zituen Guadarramako mendilerroan, Peñalarako Parke Naturalean (Madril). Metamorfosia egin berri zuten ehunka txantxiku arrunt (*Alytes obstetricans*) hilik azaldu ziren bi mila metro inguruan dauden urmaeletan. Non eta, itxuraz, kontserbazio-egoera bikainean zegoen eremu batean.

Denbora aurrera joan ahala, gero eta txantxiku gehiago azaldu ziren hilda. Hori gutxi ez eta, an-

fibioek ez zuten ageri zerk hil zituen asmatzen lagunduko zuen sintomarik. Aurretik oso arrunta zen espeziea, epe laburrean, bakantzen hasi zen. 1999ko udan, urtebete eskasera, bertako txantxiku-populazioko larben % 86 desagertua zegoen. Gainbehera isila zen Peñalarakoa, Europa mailan aurrekaririk ez zuena.

Anfibioak eta narrastiak ikertzen zituzten herpetologoen artean kezka nagusitu zen. Arrazoiak ezinbestekoa zen egoerari aurre egin nahi bazitzaion. Hala, hildako anfibioen laginak ikertu ostean, argia ikusi zuen azterketa-lanak: txantxi-kuak akabatu zituen gaixotasuna berria zen. Kitridioen taldeko *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) izeneko onddo batek eragin zuen sarraskia. Ezkutan, gorputz barnetik zabalitzen zen sarraski isil eta ikusezina.

Ikusezina bezain ikusgarria

Gizakiaren begietara ikusezina dena ikusgarri bi-lakatzen da mikroskopio elektronikoarekin begiratutakoan. Hala, Peñalaran hildako txantxikuen azalean, kanpo aldean, sumendien kraterrak izango balira bezala ikusten dira zoosporangioek zoosporak askatzeko erabiltzen dituzten deskargatzeko hodiak. Hala ulertu zuten zientzialariek onddo hark animalia heriotzaraino eramateko erabiltzen zuen teknika: onddoa anfibioen gune keratinizatueta sartzen da, eta oreka homeostatikoa aldatzen du, eta pixkanaka animalia heriotzaraino eraman, bihotzeko baten bidez akabatzen.

Aurretik ere belarriak tente zituzten zientzialariek, eta, Peñalarako gertaerarekin, Europako anfibioen egoerari buruzko ardura gehiago handitu zen.

Ordutik gaur arte, aurreikusitakoa betetzen hasi zen. Onddoa Iberiar penintsulako hainbat lekutan agertu, eta noizbehinka populazioen jaitsiera nabarmenak ikusten hasi ziren zientzialariak. Espezieen artean, txantxiku arrunta zen eragin handiena nabaritzen zuena, eta apo arrunt iberiarraren (*Bufo spinosus*) eta arrabioen (*Salamandra salamandra*) kasuan ere ikusten ziren gaixotasunaren ondorioak. Bai eta penintsula mailan bereziak diren espezieetan ere.

Sonatua izan zen Andaluzian txantxiku betikoarekin (*Alytes dickhilleni*) gertaturikoa. Izan ere, Iberiar penintsulako espezie endemiko hori bizi den eremuan, gaixotasuna aurkitu zen urmael bat espeziearen eremu tipikoan zegoen, eta bestea, gune babestu baten aldamenean, hirietatik eta gizakiengandik urrun biak. Zientzialariak segituan hasi ziren galdarak egiten: nola?, zergatik? eta, batez ere, nondik azaldu da onddoa eremu horietan? Aditu askok bu-ruan duen hipotesia, gutxienez, kurio-oso da: baliteke zientzialariek berek eraman izana onddo-
a. Edo

Batrachochytrium salamandrivorans onddoaren gaixotasunak arrabioei egiten die kalte, batez ere. ARG: Iñaki Sanz-Azkue.





Ranavirusaren infekzioaren ondorioz hildako uhandre palmatua, Gipuzkoan. Mikrografian, ranavirusaren egitura ikosaedrikoa ikusten da. ARG: Iker Novoa Fariñas. Mikrografia: Wikipedia.

Europatik txantxiku berezi hori ikustera joaten ziren herpetologo afizionatuek. Nahi gabe, anfibioak harapatzeko sareen bidez, edota uretako boten bidez, nonbaitetik eraman zuten gaixotasuna. 2009an, guneen % 10 zegoen infektatua jada. 2019an, hamar urte geroago, datuak are kezagarriagoak ziren: guneen % 59 zegoen kutsatua, eta anfibioen populazioaren % 11 desagertua jada.

Hori gutxi ez eta, azken urteetan gaixotasuna Iberiar penintsula osora zabaldu da. Zabaltzeko joerak ez du etenik. Eta gutxiago gizakiak berak ekiditen ez badu.

Eta halako batean... arrabioen gaitza!

Peñalarako kasuak 18 urteko ikerketa-proiektu bat ekarri du atzetik. Galdera asko sortu ziren, eta, haiei erantzuteko, esfortzu handiko esperimenduak eta datu-bilketak egin behar izan dira, baina aurrera-kuntzak txikiak dira. Gaixotasunari aurre egitea lan nekeza izango da.

Eta, hala, onddoak mundu mailan sorturiko bu-ruhaustek konpondu nahian zebiltzala, 2003an berriz etorri zen ikerlariak dar-dar batean jarri zi-

tuen gertaera bat: Belgika, Herbehereak eta Ale-
mania arteko eremuan, beste onddo bat azaldu zen, aurreko onddoaren genero berekoa baina espezie ezberdinekoa: *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal). Onddo berriaren sarrera ikaragarria izan zen, eta bertako arrabio arruntei (*Salamandra salaman-
dra*) eta uhandre-espezieei eragin zien zuzenean. Lehenbiziko espeziearen kasuan, beldurgarria izan zen emaitza. Infektaturiko arrabioen % 13k baino ez du bizirauteko aukera, eta aste gutxian popu-
lazio oso bat desagerrarazteko ahalmena du gaitzak. Hala, Herbehereetako arrabioak desagertzeko zorian izan ziren, eta ikertzaileen lehenbiziko lana izan zen indarra egitea eremua kontrolatu eta ez zabaltzeko.

Urte gutxira, alabaina, Kataluniako Montnegre par-
ke naturalean azaldu zen. Putzu batean, uhandre marmolairearen (*Triturus marmoratus*) hainbat ale aurkitu zituzten hilik, eta, handik gutxira, arrabioak. Ikara gorputzean sartuta, administrazioak eremua sekretupean gorde zuen, eta bertarako sarrera itxi. Ordutik kontrolpean dagoela dirudi, eta Iberiar penintsula osoan ez da beste agerraldirik aurkitu. Herpetologoei, baina, erne jarraitzen dute. Izan ere,



Batrachochytrium dendrobatidis (Bd) onddoak akabaturiko igela. Mikrografian, onddoak sortzen dituen enporangioak ikusten dira, barruan zoosporak dituztenak. ARG. eta mikrografia: Wikipedia.

gaitza putzuan askaturiko uhandre exotiko batek eragin zuen, etxean afizio moduan anfibioak dituen pertsona batek naturan askatuta.

Koronabirusaren aurretik etorri zen... ranabirusa

Onddoekin gutxi ez eta, ranabirusia azaldu zen. Eta zabaldu da. Anfibioak, narrastia eta arrainak kutsatzen dituen birus hori uretan, lurlean edo ostalari batean egon ohi da, eta harekin kontaktua izatea nahikoa izan ohi da kutsadura zabaltzeko. Birusa ostalariaren gorputzean sartzean, odoljarioak eta gorputz-adarren eta begien galera sortzen ditu, eta barne-organoen nekrosia eta bigarren mailako infekzioak eragiten ditu.

Sintoma horiekin ehunka anfibio agertu dira hilda Pontillón-go urtegian (Galiza) azken hamar urteetan, uhandre marmolaireak (*Triturus marmoratus*) eta bosca uhandreak (*Lissotriton boscai*) tarteko. Non eta, piraguismoko nazioarteko txapelketak egiten diren urtegian. Mundu osoko hainbat piraguita, infektatua dagoen eremuan egunak pasa ostean, bakoitza bere herrira joaten da, eta, beste putzu batera itzuliko direla kontuan izanda, atera kontuak.

Picos de Europa Parke Nazionalen ere, babes maila maximoa duen eremuan, ranabirusi-kasuak agertu ziren. Halako gertaerek, gutxienez, hausnartzeko aitzakia ere eman beharko ligukete. Izan ere, saguzarren birusa gizakietara igaro den momentuan ohartu gara garrantzitsua dela haiek ikertzea, eta halako ikerketa-motak diruz laguntzea inbertsioa dela diru-xahuketa baino gehiago.

*“Jada azaldu dira
ranabirusak kutsatutako
lehenengo uhandreak
Euskal Herrian”*

Eta Euskal Herrian zer?

2009an, Bd onddoak sortzen duen gaixotasunaren presentzia ezagutzeko lana egin zen Euskal Autonomia Erkidegoan. Bertan, 13 eremu naturaletako 175 lagin hartu ziren, eta 3 positibo baino ez ziren aurkitu. Araban, Bizkaian eta Gipuzkoan bana. Katalunian aurkituriko Bsal gaixotasuna, zorionez, ez da Euskal Herrira iritsi, ranabirusa ez bezala. Izan

ere, azken horrek akabatutako uhandreak aurkitu dira azken urteetan, eta birus horrekin kutsaturiko lau puntu aurkitu dira jada. Ez da bromatarako kontua. Nafarroan ere Bd gaixotasuna duten lagin positiboak aurkitu dira (Jaime Boschek emandako datua: www.sosanfibrios.org).. Lapurdin, Nafarroa Beherean eta Zuberoan ez da ezagutzen laginetarik, baina hango mugan, Pirinioetan, jada azaldu dira onddoek hildako txantxiku arruntak.

“Anfibioekin batera, farmakoak sortzeko iturri bat ere galduko luke gizakiak”

Euskal Herrian aurki ditzakegun espezie berezi batzuk, alabaina, luparekin zaindu beharko lirateke. Aragoi (eta Nafarroako mugan) jada hasiak dira baso-igel piriniotarraren (*Rana pyrenaica*) zapaburuak hartu, haztegieta hazi eta askatzen populazioak indartzeko. Izan ere, mundu mailan Pirinioetako mendilerroan baino ez dagoen igel txiki horretan jada ikusi dira hilkortasun masiboak. Prebentzioa da geratzen den armarik onena. Hargatik, Aranzadi Zientzia Elkarteko Herpetologia Saila hainbat elkartetan parte hartzen duten ikerketa batean ari da lanean; besteak beste, Pirinioetako eta Euskal Herri osoko hainbat espezieren laginak aztertzen, gaixotasuna noraino dagoen zabaldua jakiteko.

Higiene-ohitura berriak zientzialarientzat

Gaur egun arte egindako ikerketek ez dute aurkitu gaixotasunei aurre egingo dien metodologia eraginkorrik. Beraz, gaitza ez zabaltzea da egin beha-

rreko lanetako bat, eta herpetologoak jada hasi dira higiene-protokoloak ezartzen, eta lagindu behar duten urmael bakoitzeko beren materiala desinfektatzen. Era berean, eskularruen erabilera ere derrigorrezkoa da animaliak manipulatzeko garaian, gaixotasunak haiei ez kutsatze aldera.

Anfibioek 200 milioi urte daramatzate mundu honetako kate ebolutiboaren parte izaten. Haien desagerpenak sor ditzakeen ondorioak aurreikus-tea ezinezkoa da, baina argi dago sare trofikoetan, eta gainontzeko izaki bizidunekin duten harremanen ondorioz, ekosistemetan ere aldaketak ekarriko lituzkeela. Dieta anfibioen menpe duten hainbat hegaztik eta narrastik, esaterako, beren harrapakinak aldatu beharko lituzkete. Eta anfibioen jaki diren hainbat intsekturen eta ornogaberen populazioetan ere (haietako batzuk gaixotasunen eramaileak) eragina nabaritutako litzateke. Baliabideetan erreparatuko bagenu, gizakiak farmakoak sortzeko iturri bat galduko luke. Anfibioak baitira, egun, medikamentu berriak sortzeko gizakiak dituen intereseko iturrietako bat.

Prebentzio-neurri guztiak gutxi dira bizi dugun garaian. Heziketatik eta dibulgaziotik ere jo beharko dugu momenturen batean, bai eta kontakizunetik ere. Hala lortuko dugu etorkizuneko belaunaldiak aurrez aurre begiratzeko orbel arteko arrabioei, eta haiekin gozatzea, pauso isilen bidez iluntasunean ezkututzen diren bitartean, “bihar ere elkar ikusiko dugu” batekin agurtuz. ●



**Gustuko dituzun
gaiak zure esku.
Non-nahi.
Noiz-nahi.**



Jarrai gaitzazu





Zientzietan **itsu**

Gure egunerokoan erabiltzen dugun zentzumen nagusia galtzen badugu, badirudi ez garela ezertarako gai izango. Zientzietan ere antzeko zerbait gertatzen da; batez ere, ikusmenaz baliatzen gara, eta badirudi ikusmenik gabe ez ginatekeela ezertarako gai izango. Baina badira baliabideak gabezia hori ordezkatzeko, etaitsu bati zientziaren munduan lan egitea ahalbidetzen diotenak.

Zientzia-ikerketaren barnean bi fase bereiz daitezke: datuak biltzea eta aztertzea. Egia da ezintasun fisiko edo organikoren bat duen pertsona batentzat zaila izan daitekeela behaketak egiteko eta datuak biltzeko beharrezkoak diren neurketak tentuz egitea. Datuen azterketa, ordea, batez ere ikertzaileen buruan egiten den prozesua da, eta ikertzailearen ezintasunak ez du zertan eragozpena izan. Datuak jaso eta haren arrazoiketa eta azterketak ezagutzera emateko bideak aurkitzea da egin beharreko moldaketa nagusia.

Ezintasun organikoek nolabaiteko eragozpena izan dezakete: bost zentzumenak dira informazioa

jasotzeko ditugun bideak, eta horietako bat falta duenak mugatua izan dezake ikertzeko datuetara iristeko gaitasuna. Gaurkoan, itsuen kasuari erreparatuko diogu.

Braille zientifikoa

Braille sistema da itsuek irakurtzeko erabili izan duten baliabidea, eta, gaur egun, posible da braille formatuan idatzitako testu bat zuzenean formatu informatiko batera pasatzea. Alegia, ordenagailuak gai dira brailleko zeinuak interpretatzeko.

Braille zientifikoa ere garatu da, eta, haren bitartez, zientzia gustuko duten itsuek aukera dute eduki

Oier Lakuntza Irigoien
Kimika Kuantikoko ikertzailea
Ikusmena galdua eta
entzumena urritua ditu



zientifikoko testuak idatzi nahiz irakurtzeko. Oraindik hankamotz dagoen baliabidea da, ordea, itsu gehienek ez baitute braille zientifikoa ezagutzen. Bestetik, gaur gaurkoz ez dago braille zientifikoaren eta ordenagailu bidezko formatuen arteko lotura zuzenik, eta, beraz, ezinezkoa da batetik bestera automatikoki pasatzea.

Pantaila-irakurleak

Egun, pantaila-irakurleak ohikoak dira itsuen egunerokoan. Haien bitartez, ordenagailuen pantailetan azaltzen dena irakurri, eta ikusmen bidez jaso behar zukeen informazioa entzumen bidez jasotzea ahalbidetzen zaio itsuari. Oraingoz, ordea, pantaila-irakurle horiek publiko orokorrarentzat eginak daude, eta ez dira baliagarriak izaten zientzia mailan ohikoak diren adierazpen matematiko, diagrama eta antzerakoak irakurtzeko.

Edonola ere, badira itsu zientzia-zaleei baliagarriak zaizkien beste baliabide batzuk. Horietako bat LaTeX edizio-lengoaia da. Haren bitartez, azpiindize, goi-indize, hizki greziar eta abarrez lepo dau den edukiak kode lau baten bidez idaztea lortzen da. Funtsean, goian aipaturiko pantaila-irakurleek era horretako edukiak irakurtzeko zailtasunak izaten badituzte ere, ez dute inolako arazorik izaten kode lauan dagoen edukia irakurtzeko. Irakurlearen burua izango da gero kode lauan jasotako edukia ohiko formatura pasako duena.

Hori ez da itsuengan pentsatuz egindako baliabide bat. Maiz erabiltzen da zientzia ikertzeko eta komunikatzeko, eta haren bitartez formatu estandarreko artikulua idazten dira. Itsuei dagokienez, edizio-lengoaia horrek eduki zientifikoa irisgarriago egiteaz gain, aukera ematen die normalean eduki bisualez beteta egoten diren hitzaldietarako gardenkiak edo kongresuetarako posterrak bere kabuz egiteko.

Baliabide horrek, batez ere, kode lautik ohiko formaturako noranzkoan laguntzen du. Alegia, kode lauan idatzitako edukia programa baten bidez konpilatu behar izaten da, idatzitakoa ohiko formatura pasatzeko. Edonola ere, LaTeX lengoaia itsuentzat zer baliagarria den ikusita, apurka-apurka, sortzen ari dira kontrako noranzkoan lan egiten duten programak ere. Alegia, haien bitartez posible da ordenagailuz idatzitako eduki zientifikoak hartu, eta haiei dagokien LaTeX kodea sortzea. Dudarik gabe, hori urrats handia da, ahalbidetzen baitu edozein testu zientifiko itsuentzat ere irisgarri egitea.

*“Itsuek zientzian lan egin
ezin dutelako aurreiritzia
gainditzea da gako nagusia”*

Talde-lana

Oraindik ere, beharrezkoa izaten da laguntza eskatzea ikusmen-arazorik ez duen norbaiti. Baina, gaur egungo zientzia, zerbait izatekotan, talde-lana da, eta talde-lan hori eremu honetara ere heda daiteke. Azken batean, horrek ahalbidetuko du zientzia itsuei irisgarriagoa egitea, eta irisgarritasun horrek ate berriak zabalduko dizkio itsuak lan-munduan sartzeko aukerari ere.

Arlo honetan lan handia egin dute Kaliforniako UC Davis Unibertsitateko Henry B. Wedler kimikari itsuak eta kimika teoriko eta konputazionalako taldeburua den Dean Tantillok; 2012an, *Journal of Chemical Education* aldizkarian argitaraturiko lan batean adierazi zutenez, gauza asko egin daitezke itsu batek kimika teorikoko laborategi batean bere kabuz lan egin dezan. Itsuek arlo batzuetan lan egin ezin dutelako aurreiritzia gainditu, eta haiengan dugun ikuspegia zabaltzean datza gako nagusia. ●

Clive Sinclair,

ordenagailuak etxeetara iritsarazi zituen aitzindaria

Gaur egun guztiok ditugu etxeetan ordenagailuak, mahaigainekoak zein eramangarriak, edo finean ordenagailuak diren tabletak, kontsolak, telebista eta bozgorailu adimendunak, telefono mugikorrak... Ordenagailuen zabalkundearen eta aisiarako erabilera honen aurrendarigisa ziurrenik denoi Bill Gates edota Steve Jobs moduko izenak etorriko zaizkigu. Baina horiei garrantzirik kendu gabe ere, bada beste pertsona bat, ezezaguna izan arren gako izan zena eta horiek baino lehenagokoa dena, ordenagailuak gure etxeetan sartzeko joera abiarazi zuena: Sir Clive Sinclair, irailean zendua, eta 80ko hamarkadan asko zabaldutako Sinclair ZX Spectrum ordenagailuen sortzailea.



ARG.: Christian Payne/Flickr

Duela urte askotik hona, ordenagailuen industrian AEBko eta Ekialde Urruneko enpresak dira nagusi erabateko. Europako konpainien pisua oso txikia da merkatu horretan. Eta eman lezake beti izan dela horrela. Alabaina, PCen aurretiko [etxeko ordenagailu](#)en garaian, zeresan handia izan zuten Erresuma Batuko konpainiek, eta haien artean, bereziki, [Sinclair Research](#) enpresak. Izan ere, haren sortzaile [Sir Clive Sinclair](#)ri zor zaio ordenagailuak gure etxeetan masiboki lehenbizikoz sartzea 80ko hamarkadaren hasieran.

Clive Sinclair enpresari eta asmatzailea

Clive Marles Sinclair 1940an jaio zen, Londresen. Enpresaria eta asmatzailea, puntako gailu ezberdin ugari asmatu eta garatu zituen, sarritan bere garairako oso aurreratuak zirenak. Aurreratuegiak ere bai, eta, hori dela eta, haren produktuak itzelezko arrakastak zein erabateko porrotak izan zitezkeen.

1961ean, [Sinclair Radionics](#) enpresa sortu zuen, eta hamarkada batez irratia, anplifikadoreak eta [hi-fi](#) ekipoak egin zituen. 1965ean, poltsikoko

Igor Leturia Azkarate
Informatikaria eta ikertzailea



Sinclair ZX Spectrum
ordenagailua. Telebistara
konektatu behar zen.
ARG.: Wikipedia.



FM irrati bat egin zuen, [Micro-FM](#), mundu mailan gisa horretako lehenengoa izan zena. Baina, arazo teknikoak zirela eta, ez zuen merkatuaren erantzun onik jaso. 70eko hamarkadaren lehen erdian, kalkulagailuak izan ziren haren produktu eta apustu nagusia. 1972an, munduko lehen poltsikoko kalkulagailua merkatuatu zuen, [Sinclair Executive](#), oinarritzko funtzioekin, eta ikaragarri ongi saldu zen. 1975ean, [Black Watch](#) erloju digitala atera zuen. Arazo asko ematen zituenenez, galera ekonomiko handiak sortu zizkion enpresari, eta gobernuaren laguntza eta esku-hartzea onartu behar izan ziotuen ez kiebra egiteko. Orduetik, eta hamarkadaren amaiera bitartean, [polimetro digitalak](#) egin zituen, arrakasta erlatiboz, eta [Microvision TV-1 telebista eramangarria](#) ere ekoizti zuen, zeinak galera gehiago ekarri baitzizkion enpresari. Azkenean, 1979an, Clive Sinclairrek erabat galdu zuen Sinclair Radionics-en gaineko kontrola, eta utzi egin zuen.

Hala ere, gainera zetorkiona ikusirik, 1975erako sortuta zuen Sinclair Instrument enpresa. Eta Radionics utzi eta Instrument-en kontrola hartzean, izena aldatu zion eta [Sinclair Research](#) jarri, eta etxeko ordenagailuak ekoizten jarri zituen indarrak.

*“Sinclair ZX Spectrum
ordenagailua izan zen
Sinclairren asmakizun
guztietan ikonikoena”*

Sinclair Research: etxeko ordenagailuen iraultza eta zabaltzea

80ko hamarkadaren aurretik, ordenagailuak makina handi eta garestiak izaten ziren, enpresa-munduan kalkuluertarako erabiltzen ziren zerbitzari zentral handiak. 70eko hamarkadaren azken urteetan hasiak ziren mikroordenagailu izeneko ordenagailu txiki pertsonalak agertzen, nagusiki AEBko [Apple](#) eta [Commodore](#) moduko enpresen eskutik, eta [IBM](#) ere hasita zegoen bere [PC](#) saila prestatzen. Baina ordenagailu pertsonal txikiago horiek ere garestiak izaten jarraitzen zuten (1.000 dolar inguru) eta enpresetan eta gai serioetarako zuten erabilera ia bakarra. Clive Sinclairren ikuspegia, aldiz, askoz

merkeagoak izango ziren eta etxeetan informatika ikasi eta programak egiteko izango ziren mikroordenagailuak egitea zen, benetako etxeko ordenagailuak alegia.

Bide horretan egindako lehenengo saiakerak 1980ko [ZX80](#) eta 1981eko [ZX81](#) izan ziren. Lehen 100 liberatik beherako prezioa zuen lehenengo ordenagailua izan zen, eta bigarrenak 70 libera balio zituen. Ahalmenez oso mugatuak baziren ere (1 kBko memoria soilik zuten!), BASIC programazio-lengoaia ikasteko eta saltseatzeko balio zuten eta arrakasta handia izan zuten, Erresuma Batuan batez ere baina baita hortik kanpo ere.

1982aren hasieran atera zuen bere asmakizun guztietatik ikonikoena eta bere bizitza osoko arrakastarik handiena: [Sinclair ZX Spectrum](#) ordenagailua. Aurrekoekiko hobekuntza nabarmenak zituen, bereziki memoria (16 edo 48 kBkoa zuen) eta koloretako grafikoak, prezio igoera oso nabarmenik gabe. Itxura polita eta erakargarria zuen, gomazko teklatua, BASIC programazio-lengoaia, programak

kasetetan gordetzen ziren eta telebistara konektatu behar zen.

“Sinclair ez zen aparretan bertan goxo gelditzekoa, eta gailu berritzaile ugari asmatu zuen”

Spectrum-aren salmentak ikaragarriak izan ziren, milioi bat unitate saltzera iritsi zen munduko lehenbiziko ordenagailua izan zen, eta haren eragina itzela izan zen. Gazte-belaunaldi oso batek ordenagailuak ezagutu zituzten harekin, eta programatzen ikasi ere bai. Ordenagailuei etxeetarako bidea erakutsi eta ireki zien. Eta ordenagailuen aisiarako erabilera hasi zuen: ordura artekoak erabilera profesionalera eta hezkuntzara bideratuak izan baziren, Spectrum-aren erabilera nagusia, aipatutako beste horiek baztertu gabe, jokoena izan zen. Joko mordo bat atera ziren harentzat, eta softwarezko



Poltsikoko FM irratia sortu zituen, mundu mailan gisa horretako lehenengoak. ARG.: Wikipedia.



Sinclair Executive, munduko lehen poltsikoko kalkulagailua. ARG.: Wikipedia.

bideo-jokoen industria abiarazten lagundu zuen European zein mundu osoan.

Hurrengo urteetan Spectrum-aren beste modelo batzuk atera zituen, eta guztien artean 5 milioitik gora Spectrum saldu ziren (kontuan izan gabe klon ez ofizialak).

Beste gailu batzuen porrota eta enpresaren gainbehera

Clive Sinclair ez zen, baina, aparretan bertan goxo gelditzekoa, eta gailu berritzaile gehiago asmatzen eta merkaturatzen jarraitu zuen. Ordenagailuei dagokionez, aisia eta jokoez haragoko ordenagailu serio eta profesionalagoen merkatuan sartu nahi izan zuen, zeina ordurako [IBM PC bateragarriak](#) ari baitziren eskuratzen, eta 1984an [Sinclair QL](#) ordenagailua atera zuen. Baina ez zuen behar bezain ongi funtzionatzen, eta, ondorioz, ez zuen funtzionatu merkatuan ere.

Ibilgailu elektrikoekiko interesa aspalditik zuen Clive Sinclairrek, eta 1985ean [Sinclair C5](#) jarleku bakarreko automobil elektrikoa atera zuen. Ideia ona bazen ere, hainbat arazo zituen. Eta telebista eramangarri batekin berriz ere saiatu zen, oraingoan [TV80](#) poltsikoko telebista lauarekin. Biek porrot egin zuten atera eta berehala.



ZX81 ordenagailua;
1 kB-ko memoria zuena. ARG.: Wikipedia.

Aipatutako hiru gailuek ekarritako galerengatik, Sinclair marka eta haren produktu guztiak Amstrad konpainia lehiakideari saldu behar izan zizkion. Sinclair konpainiak jarraitu zuen, baina apenas izan duen langilerik edo produktu esanguratsurik geroztik, eta bat ere ez ordenagailuekin zerikusia duenik. Sir Clive Sinclairri dagokionez, ordenagailuen aitzindari izanagatik, haietatik eta edozein IKTtatik aldendu zen, Internet, e-posta eta are ordenagailuak ia ez erabiltzeraino. Aurtengo irailaren 16an zendu zen, minbizia luzaz jasan ondoren.

Jenioa zen Clive Sinclair, beti gauza ezberdin, berri eta aurreratuekin ari zen asmatzaile nekaezina. Baina arrakasta izan zuen kasuetan, segituan lehiakideak sartu eta merkaturatu izan diote, eta, izan ez zuenetan, sarri arazoa zen produktuak aurreratuegiak zirela bere garairako. Ez du behar besteko errekonozimendurik edo arrakasta ekonomikorik izan, eta denbora gutxiz egon zen gailurrean. Baina eztabaida ezina da ordenagailuen hedatzean izan duen eragina. Eta haren ZX Spectrum-ak belaunaldi bateko gazte asko liluratu eta informatikaren edertasunaz eta aukerez jabetzera eramane zituen, euren bizitzak aldatu eta informatikara bideratzeraino, artikulu hau sinatzen duen hau barne. Eskerririk asko, Sir Clive Sinclair. ●



Jarleku bakarreko ibilgailu elektrikoa ere asmatu zuen:
Sinclair C5. ARG.: Wikipedia.



Rudolf Virchow

Medikuntza gizartearentzat

Egilea: **Egoitz Etxebeste Aduriz** · Elhuyar Zientzia

Irudiak: **Manu Ortega Santos** · CC BY-NC-ND

Hogeita zazpi urte zituen Silesia Garaia joan zenean. Han ikusi zuenak bizitza osorako markatu zuen. Berlingo bere laborategitik 500 km-ra, herri-kideak hiltzen ikusi zituen, tifusak jota, eta gosez. Gobernuak eskatuta joan zen, tifus-epidemia haren aurrean zerbait egin beharko zutela eta. Hiru astez egon zen han. [Txosten batean jaso zuen](#), zehatz-mehatz, egoera, eta proposatu zituen konponbideak: "Hiru hitzetan laburbildu daiteke: demokrazia osoa eta mugabea".

Medikua zen Rudolf Virchow. Eta, gaztea izan arren, ordurako bazuen izena. Ikerketa garrantzitsuak eginak zituen Charite unibertsitate-ospitalean, Berlinen. Leuzemia deskribatu eta izena eman zion urte pare bat lehenago, eta arazo kardiobaskularrak ikertu zituen; tronbosi eta enbolia terminoak ere berak jarri zituen.

Irtenbide medikoagoak espero zituen, noski, Prusiako Gobernuak. Baina Virchowek garbi ikusi zuen arazoa soziala zela batez ere. Minorizatutako eta pobretutako kolektibo poloniarra zen epidemiak jo zuena, eta, horren aurrean, "hezkuntza, eta haren alaba diren askatasuna eta oparotasuna", izan ziren mediku gaztearen errezeta. "Ongi uler bedi: kontua ez da tifusa duen gaixo bat edo bestea botikekin tratatzea, edo elikagaiak, etxebizitzak edo jantziak erregulatzea. Degradazio moral eta fisikoaren maila baxuenean dauden milioi eta erdi herrikideren kultura da kontua. Milioi eta erdirekin, neurri aringarriek ez dute balio. Egoera konpondu nahi badugu, erradikalak izan behar dugu".

Eta Virchowren proposamen erradikal horiek ziren, besteak beste, hezkuntza ama-hizkuntzan ematea (poloniera), poloniera hizkuntza ofizial egitea, autogobernu demokratikoa, eliza eta estatua banatzea, zergak pobreei kendu eta aberatsei jartzea, nekazaritza-kooperatibak sortzea, eta errepideak egitea.

Aitari honela idatzi zion, Silesia Garaian egon ondoren: "Orain ez naiz gizon partziala, osoa baizik; eta nire medikuntzako ideiek bat egiten dute nire ideia politiko eta sozialekin. Zientzialari natural gisa, ezin naiz izan errepublikazalea baino".

Esperientzia latz hartatik bueltatu eta berehala, Berlingo kaleetara atera zen, 1848ko iraultza-saiakeran parte hartzera. Eta *Medizinische Reform* (Erreforma Medikoa) astekaria sortu zuen, medikuntza soziala aldarrikatzeko. Ia berak bakarrik idazten zuen aldizkari osoa. "Medikuntza zientzia soziala da, eta politika, finean, medikuntza da eskala handiagoan", zioen. Edo: "Medikuak pobreen abokatuak dira".

Protestetan parte hartzeagatik, Chariteko lanpostutik bota zuten, eta Berlindik ere joan egin behar izan zuen. Würzburgera joan zen, eta hango unibertsitatean anatomia patologikoko katedra hartu zuen, Alemaniako lehena. Han zegoela argitaratu zuen beraren lan ospetsuena: *Die Cellularpathologie* (Patologia zelularra). Lan horretan defendatu zuen gaixotasunen oinarria zeluletan dagoela, eta fama-tu bihurtu zuen *omnis cellula e cellula* esaldia: zelula

guztiak zeluletatik datoz. Hori ez zuen berak aurkitu, judua izateagatik itzalean ikertzen aritu behar izan zuen lagun batek baizik, [Robert Remakek](#); baina Virchowek berea balitz bezala aurkeztu zuen.

1856an Berlinera bueltatu zen; Chariten sortu berri zuten Patologia Institutuko zuzendari izango zen hurrengo 20 urteetan. Lan handia egin zuen herriarren osasunarekin zerikusia zuten kontuetan. Trikinosia aurkitu zuen, eta horri esker hasi ziren haragia ikuskatzen. Zoonosi hitza berak asmatu zuen, animalietatik pertsonetara pasatako gaixotasunentzat. Eta arantza bifidoa ere deskribatu eta izendatu zuen. 2.000 artikulu zientifiko inguru idatzi zituen.

Ez zuen sinesten mikroorganismoek gaixotasunak sortzen zituztenik. "Berriz nire bizitza biziko banu, aha! egin guztiak egingo nituzke frogatzeko germeak ez direla ehunak gaixotzearen kausa, baizik eta habitat gisa hautatzen dutela ehun gaixoa", esan zuen. Eta [Ignaz Semmelweisen eskuak garbitzeko aholkuei](#) ere kontra egin zien.

Virchowen ustez, germenen teoria oztopo bat zen gaixotasunak eta epidemiak sendatzeko eta prebenitzeko. Izan ere, pentsatzen zuen epidemien jatorria soziala zela, eta, beraz, irtenbide politikoak behar zirela: "Epidemiak fenomeno sozialak dira, alderdi mediko batzuk dituztenak".

"Epidemia guztiek gizartearen gabeziaren bat adierazten dute", zioen. Virchowen ustez, baldintza sozial desagokiek pertsonak zaurgarriago egiten zituzten klimaren, agente infekziosoen eta beste-lako faktore eragileen aurrean. "Aberatsek gogora dezatela, neguan, berogailu beroen aurrean eserita daudenean, txikienei gabonetako sagarrak emanez, sagar horiek eta berogailuko ikatza ekarri zituzten zamaketariak koleraz hil zirela. Oso tristea da milaka lagun miserian hil behar izatea ehunka gutxi batzuk ondo bizi ahal izateko".

FIG. 64.



Eta epidemiak prebenitzeko eta gainditzeko, esku-hartze medikoa bezain garrantzitsua zen eraldaketaz soziala. "Medikuntzaren aurrerapenak gizakion bizitza luzatuko du, seguruenik, baina baldintza sozialak hobetuta ere lor genezake emaitza hori, hobeto eta azkarrago".

Osasuna eskubide bat zela aldarrikatu zuen, eta osasun-zerbitzu publiko bat irudikatu zuen: osasun-arretarako zentroen sare bat, estatuak ordainduta-ko mediku eta langileekin.

Politikan ere aritu zen. 1859an, Berlingo Hiriko Kontseilurako hautatua izan zen; eta Reithstageko kide ere izan zen, 1880tik 1893ra. Otto von Bismarck "burdinazko kantzilerra"ren arerio sutsua izan zen han. Behin, osasun publikoan inbertitu beharrean aurrekontu militarra hain handia izatea salatu zuenean, hainbeste haserretu zen kantzilerra, ezen "medikutxo" hari duelua proposatu baitzion. Medikuek baztertu egin zuen eskaintza.

Bizitza osoan jo eta su aritu zen ikertzen, hitzaldiak ematen, idazten, editore-lanetan, politikan, eta borrokan. Ez zen geldirik egoteko gizona. Inoiz ez zen izan, eta ez zen izango. 81 urte zituela, artean gelditu ez zen tranbia batetik salto egin, eta aldaka hautsi zuen. Handik gutxira hil zen. ●



bat

Soziolinguistika aldizkaria

BAT ALDIZKARIA 120. ZENBAKIA GAZTEAK ETA EUSKARA

ESTIBALIZ AMORRORTU, JONE GOIRIGOLZARRI, ANE ORTEGA > Ekintza-ikerketa partehartzailea euskararen hiztun aktibo bihurtzeko babesgune eta zubi-espazio.

OLATZ ALTUNA, JONE MIREN HERNÁNDEZ > Gazteak euskararen eszenatokian: erabileraren auzia.

JONE M. HERNÁNDEZ, MAIALEN IÑARRA, JAIME ALTUNA > Babesguneak: euskal hiztun gazteak aktibatzeke aukera.

JAIME ALTUNA, JONE MIREN HERNÁNDEZ > Taldean jardun, taldean hiztun. Euskara, praktika komunitateak eta kirolari nerabeak.

AINHOA PARDINA > EuskarAbentura eta gazteen hizkuntza erabilera.

ODEI GUIRADO > PULUNPA! Emozioetatik euskaraz.

YOLANDA OLASAGARRE, ROSA RAMOS > Ikasleen motibazioa handitzea euskararekiko atxikimendua hobetzeko bidea.

INÉS GARCÍA-ASKOAGA, OLATZ BENGOTXEA, JOSUNE ZABALA > Hizkuntzaz besteko irakasgaietan euskararen ahozko erabilera indartzen.

SOZIOLINGUISTIKAREN MUNDUKO LEIHOA

Liburu berri hautatuak soziolinguistikaz

harpidetu edo oparitu

URTEAN 40 EURO

ABANTAILAK:

- Hiru hilez behin, BAT aldizkaria etxean bertan.
- Hiru hilez behin, BAT aldizkaria PDFn jaso.

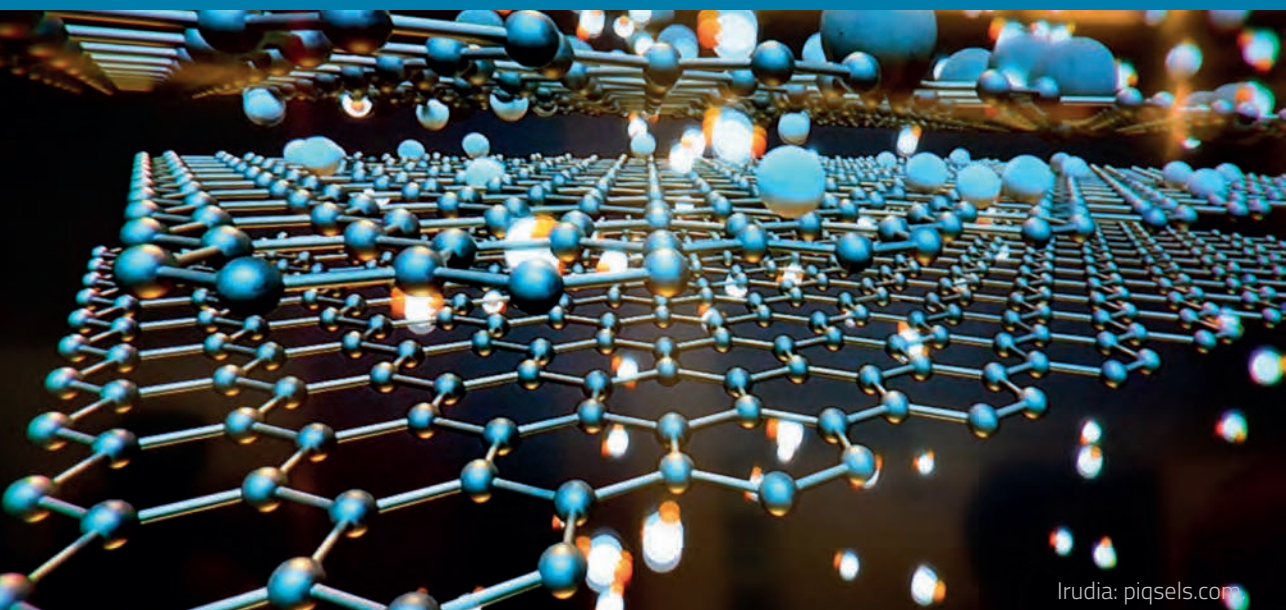
<https://bat.soziolinguistika.eus>

943 592 556 – bat.aldizkaria@soziolinguistika.eus



**SOZIOLINGUISTIKA
KLUSTERRA**

Euskara biziberritzeko
ikergunea



Irudia: pexels.com

Oinarrizko zientzia garapen teknologikoaren eragile

Nanozientziak ibilbide emankorra egin du azken 30 urteotan. Jakin zenetik materialek nanoeskanan propietate desberdinak azaltzen dituztela —makroeskanan ez dituztenak—, ezagutza handia lortu da nanomaterialak ikertzen, diseinatzen eta manipulatzen. Orain, teknologiaren esparru guztietan loratzen ari da ezagutza hori. Baina nanoteknologia hori guztia ez litzateke posible izango oinarrizko ikerketa urte luzez egin izan ez balitz, naturaren oinarrizko legeak zehaztasunez ulertzeko helburu hutsez. Horren aldarria egin dute BRTA Basque Research and Technology Allianceko kideek.

“Zientziaren beste dimentsio batean sartu gara nanozientziarekin”, dio Aitziber L. Cortajarena biokimikariak. Terapiarako eta diagnostikorako baliabide teknologikoak garatzen ditu CIC biomaGUNE. Proteinen ingeniartza klasikoari nanozientziaren ekarpena gehitu dionetik, haren potentziala biderkatu egin da. “Antigorputzak detektatzeko probak garatzen ditugu, orain COVID-19a dela eta hain ezagunak egin diren horiek. Baina, nanomaterialei esker, funtzionalitate gehigarriak lortzen ditugu: batetik, proteinen ingeniartzaren bidez, aktibitate biologiko zehatz batez hornitzen ditugu biomolekulak (kasu honetan, antigorputzei lotzea), eta,

bestetik, fluoreszentzia-propietatea ematen diegu nanomaterialei esker. Sentsore oso bat lortzen dugu molekula bakar batean”.

Urrezko nanopartikulak erabiltzen dituzte, ohikoak baino are partikula txikiagoak: nanoklusterak, bi nanometrotik beherakoak. “Tamaina horretan, urrea ez da eraztunetan ikusten dugun urre hori bera, kolore eta distira bereizgarri horiek dituen. Bat-batean, beste propietate batzuk azaltzen dira: propietate plasmonikoak hartzen ditu, eta, are tamaina txikiagoetara joaten bagara, fluoreszentzia igortzeko propietatea azaltzen zaio”. Urrea erabilia,

Aitziber L. Cortajarena
 Ikerbasque Research Professor
 CIC biomaGUNE (BRTA)



José Ignacio Pascual
 Ikerbasque Research Professor
 CIC nanoGUNE (BRTA)



lortu dute biomolekulak ezagutu duen antigorputzaren arabera fluoreszentzia gorria, berdea edo urdina igortzen duen plataforma sortzea. Erreaktiboa bakar batekin eta laborategiaren beharrik gabe egin daiteke antigorputzak detektatzeko proba azkarra.

Gaixotasun biriko emergenteen aurkako erreminta

“Teknologia hori izateak aukera ematen digu oso modu azkarrean garatzeko edozein birus edo birus-aldaera berriren aurkako antigorputzak detektatzeko dituzten plataformak”, dio Cortajarenak. “Epitopoa aldatzen joan gaitezke, eta edozein gaixotasun infekzioso detektatzeko balio du. Areago, antigorputzen presentzia esanguratsua den edozein gaixotasun diagnostikatzeko erabil daitezke. Adibidez, gaixotasun autoimmuneak. Baita antigorputz terapeutikoak erabiltzen dituzten alorretan ere: minbiziaren aurkako immunoterapian”.

Cortajarenaren arabera, nanoaren eremuak asko aldatu du ingeniari-tza molekularren ikerketa. Nanozientziak urte hauetan egin duen ibilbidea goraiatu du.

Zergatik aldatzen dira fenomeno fisikoak nanoeskalan?

“Gaur egungo teknologian erabiltzen ditugun materialen propietateak —mekanikoak, optikoak, elektronikoak zein magnetikoak— materialaren beraren tamainari lotuta daude. Tamaina horren azpitik, erabat aldatzen dira”, dio José Ignacio Pascual CIC nanoGUNEko ikertzaileak. “Izan ere, solido bat txiki-ku ahala, haren egitura elektronikoa aldatu egiten da. Adibidez, urre-pusketa bat hartzen badugu eta askoz ere txikiagoa egiten badugu, atomo-ale batzuen tamaina izateraino, elektroiek birkokatu egin beharko dute, muga estu berri horien barruan. Eta

elektroien kokapen kuantiko berri horren ondorioz, beste propietate batzuk izango ditu urreak”.

Beste material-mota batzuetan, materiala magnetikoa bihurtzea eragiten du elektroien birkokatzeko horrek. “Hori da, hain zuzen, gure taldean ikertzen duguna: grafenoa. Funtsean, arkatzen puntan dagoena da grafenoa, guztiz inerte eta pasiboa. Baina, 10-30 atomo-tamainara txikitzen dugunean, grafeno hori magnetikoa bihurtzen da. Guretzat liluragarria da magnetismo hori ulertzea eta eragin elektronikoa berriak aurreikustea. Grafenozko nanoegiturak diseinatzeko eta sortzeko ditugu, zehaztasun atomikoko: badakigu zehazki non dagoen kokatuta atomo bakoitza eta non dauden lokalizatuta elektroiak. Urte askoan egin dituzte zientziak efektu berriei buruzko iragarpen teorikoak, eta gure lana da haien existentzia esperimentalki frogatzea eta etorkizuneko aplikazioetarako izan dezaketen erabilgarritasuna aztertzea”.

Pascualek dio grafenoak aplikazio interesgarriak izan ditzakeela ordenagailu kuantikoetan: “Ikusi dugu grafeno-partikula txikiak oso baliagarriak izan daitezkeela teknologia kuantikoetan, informazio-bit baten modura. Ohikoena da karga erabiltzea seinaleak bidaltzeko, 1 eta 0 modura interpretatuz kargaren presentzia eta gabezia. Bada, grafenoaren magnetismo hori ere unitate kuantiko modura erabil daiteke, ordenagailu kuantikoetan informazioa prozesatzeko”.

Bideratu gabeko zientzia, zutabea

Pascualek eta Cortajarenak argi dute nanoteknologiak potentzial handia duela, baina biek oinarrizko zientziaren aldeko aldarria egin dute: “Zientziarik gabe, ez dago teknologiarik. Ezinbestekoa da oinarrizko ikerketa. Hortik iritsi gara, ez beste inondik, piramidearen gailurrera: egungo teknologia guztira”. ●

“Alderdirik onena da gauza berriak ikasten nabilela beti”

Ana Galarraga Aiestaran · Elhuyar Zientzia

Itziar Irakulis Loitxate

Ingeniari geomatikoa



Itziar Irakulis Loitxate

Amorebieta-Etxano, 1996.

- **Geomatika eta Topografiaren Ingeniaritza** gradua egin zuen EHUn.
- **Teledetekzioko masterra** egin zuen Valentziako Unibertsitatean.
- 2020tik **doktoretza** egiten ari da Valentziako Unibertsitate Politeknikoan, LARS Lur eta Atmosferaren Teledetekzio taldearen barruan.

Itziar Irakulis Loitxate Etxanoko baserri batean jaio zen, eta beti egon da naturaz inguratuta. Hala, behatzeko, esperimentatzeko eta jakin-mina asezteko aukerak izan ditu, eta etxekoek ere ikertzeraz bultzatu dute. Eskolan ere, zientzietako gaiak zituen gustuko. Unibertsitateko ikasketak aukeratzeko garaia iritsi zenean, berriz, zalantza handiak izan zituen, ia karrera guztiak gustatzen baitzitzaizkion.

“Oso zaila egin zitzaidan aukeratzea. Nire joera natura-zientziak ziren, baina marrazketa teknikoan, matematiketan eta fisikan ere ona nintzen, eta, beraz, ingeniarietaz ere erakartzen ninduten. Azkenean, Geomatika eta Topografia Ingeniaritzako gradua aurkitu nuen. Natura-zientzien zati bat du (geologia, meteorologia, geomorfologia...), eta beste bat ingeniarietazkoa (matematika, fisika, marrazketa teknikoak...), baita espazioaren esplorazioarena ere (sateliteak eta abar). Iruditu zitzaidan ate pila bat zabaltzen zituela, eta hortik jotzea erabaki nuen”, gogoratu du Irakulisek.

Onartu du erabaki ona izan zela: “Aukeratu dudana bide honen alderdirik onena da gauza berriak ikasten nabilela beti, eta zientzian, oro har, hala izaten da. Orain Lurraren behaketan nabil, satelliteak erabiliz, eta sateliteen bidez ia dena ikus daitekeenez, arlo asko ikusteko eta haiei buruz ikasteko aukera ematen dit. Hori da ikerketan aritzearen alderik onena: gauza batean jartzen duzu arreta, baina beste asko ere ikasten dituzu aldi berean”.

Haren tesia sateliteen bidezko berotegi-gasen detekzioari buruzkoa da, batez ere, metanoarena, bereizmen handian. Irakulisen ustez, klima-larrialdia ere arduraz hartu behar da, baina, hain jende gutxi dabil honetan, dena dago egiteko. Berez, ikerketa ondo doa, baina, egia esan, ikusten ari garen isuriak

ikaragarriak dira. Gehienak erregai fosilen erauzketan sortzen dira, eta harritzekoa da nola ez duten konpontzen, isuriak izugarri handiak baitira”.

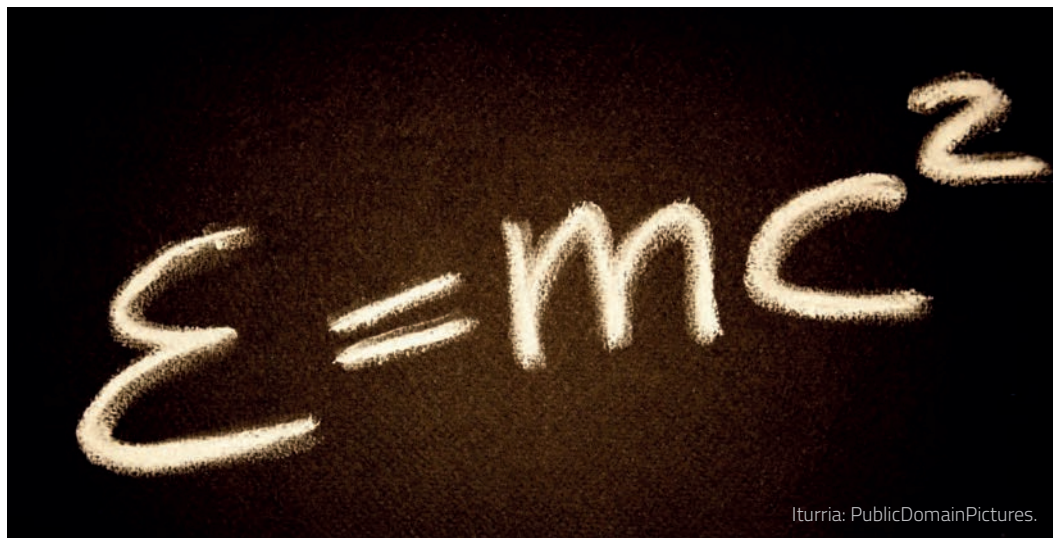
Klima-larrialdiari aurre egiten

Irakulisen esanean, isuri horiek ez dira aintzat hartu orain arte, gutxietsi egin dira. “Oraindik lan asko dago egiteko. Duela gutxi argitaratu da [nire lehen artikulua, Science Advance aldizkarian](#), eta AEBko Arro Permianreko (Permian Basin) isuriei buruzkoa da. Arro horretan egiten dira AEBko petrolio- eta gas-erauzketa nagusiak, eta bereizmen handiko sateliteak erabili ditugu ikusteko nondik datozen isuriak, eta pila bat detektatu ditugu”.

Eraitza zientifikoak alde batera utzita, gustuko du ikerketa-mundua, nahiz eta garai bereziak egokitu zaizkion. Hain zuzen, iaz hasi zuen doktoretza, Valentziako Unibertsitate Politeknikoan, eta, handik gutxira, pandemia agertu zen. Beraz, oraindik ez du ikertzailearen bizimodu normala ezagutzerik izan, baina, lan handia duen arren eta lankideekin duen harremana urrunetik den, pozik dago. “Masterra egin aurretik, enpresa batean aritu nintzen lanean, kartografian, eta han geratzeko aukera izan nuen, baina askoz ere erakargarriagoa zait ikertzea. Gainera, klima-larrialdiari aurre egiteko zerbait egin dezakedala sentitzen dut, eta horrek asko asetzen nau”.

Bukatzeko, aipatu du bere taldea orekatuta dagoela generoaren aldetik, baina beste taldeetan gizonak nagusitzen direla, nabarmen. “Badirudi sateliteak gizonen kontua direla. Nire ustez, ordea, aberasgarriagoa izango litzateke emakume gehiago egongo balira; ikuspegia osatuagoa izango litzatekeela iruditzen zait”.

Neutrinoak: antimateriaren sekretuak argitzen



Iturria: PublicDomainPictures.

Noiz eta nola sortu zen gure unibertsoa? Zergatik dago materialiaz beteta? Gizateriak betidanik hausnartutako galderak dira horiek. Eta, harrigarria badirudi ere, zientzia galdera horiei erantzuten hasi den unean bizi gara.

Horretarako, azken mendean, hainbat ideia teoriko ausart, esperimentu erraldoiak eta zortea behar izan dira. Azken urte hauetan, galdera horiei erantzunen bat aurkitzekotan, zientzialariak partikula iheskor bat ikertzen dabilta: neutrinoa.

Leherketa Handi baten hautsa gara

Dauzkagun datuen arabera, gure unibertsoa leherketa handi batean hasi zen (Big Bang izenekoa), izugarritzko energiaz: trilioi bat bonba atomiko baino gehiagoren energia zentimetro kubiko bakoitzeko. Energia horrek guztiak gaur egun dagoen materia

sortu zuen, Einsteinen formula famatuak azaltzen duen bezala: $E = mc^2$. Formularen arabera, energia masa bihurtu daiteke. Edo, alderantziz, energia-kantitate izugarriaz, masa sortu.

Teoria horrek, edonola ere, arazo handi bat dauka. XX. mendearen hasieran, zientzialariek partikula bixi batzuk aurkitu zituzten: materia arrunta ziruditen, baina materia arruntarekin topo egitean, elkar suntsitzen zuten argi-distira bat sortuz. Gauzaki horri *antimateria* deitu zitzaion, eta gehiago iker-tu ahala aurkitu zen partikula guztiek *antipartikula* bat zutela. Are gehiago, esperimentu guztietan, materialak eta antimaterialak bereizezinak ziruditen: sistema baten partikula guztiak haien antipartikulekin trukatzeko baziren, sistemaren jokaera ez zen batere aldatzen.



Idatzi zuk zeuk
Gai librean atalean

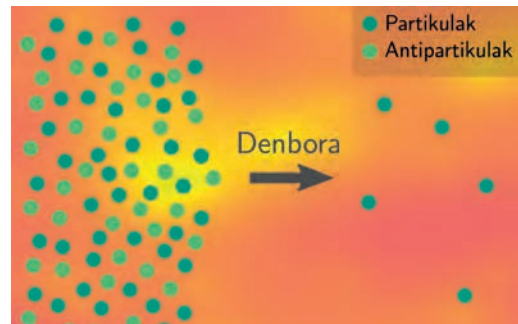
Gai librean aritzeko, bidali zure artikulua
aldizkaria@elhuyar.eus helbidera.

Hortaz, partikulak eta antipartikulak bereizezinak badira, Big Bangean partikula eta antipartikula kopuru bera sortuko zen. Berehala elkar suntsitu, eta, gero, unibertsoa argiz beterik utziko zuten. Eta ez litzateke materiari geratuko galaxiak, izarrak, planetak eta gu geu osatzeko.

Materia eta antimateriaren arteko ezberdintasunen bila

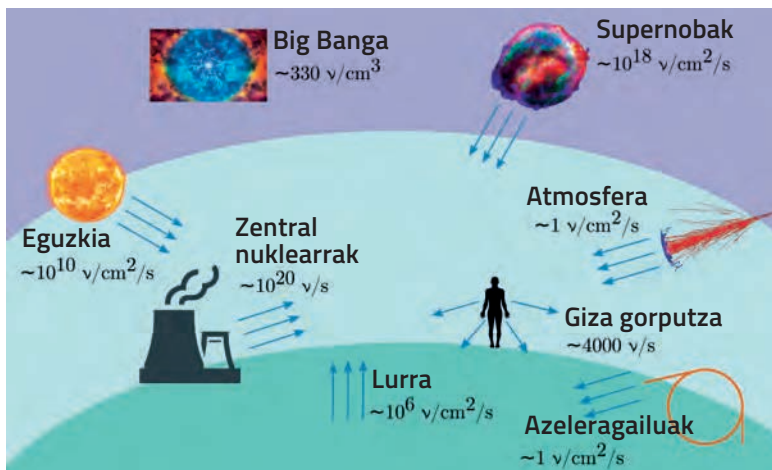
Paradoxa hori dela eta, XX. mendeko bigarren erdialdetik aurrera, zientzialari gehienek uste zuten materia eta antimateria ez direla berdin-berdinak. Ezberdintasun txikiak ere antipartikula baino partikula gehiago sortuko litzuzke Big Bangean, antipartikula guztiak partikulekin suntsituko lirateke, eta geratuko liratekeen partikulek gaur egungo unibertsoa osatuko lukete. Baina esperimenduek soilik sustraitzen dute zientzia. Zorionez, 1964. urtean, AEBko ikerketa-talde batek aurkitu zuen erreakzio nuklearretan sortutako partikula batzuk eta haien antipartikulak era ezberdinean desintegratzen direla. Hala ere, gehiago ikertu ahala esperimendu guztiek ondorio bera zuten: aurkitutako ezberdintasuna ahulegia zen gure unibertsoan dagoen partikula-kopuru handia azaltzeko.

Hori dela eta, gure unibertsoa ulertzeko ahaleginean, beste partikula batzuetan jarri zuen arreta



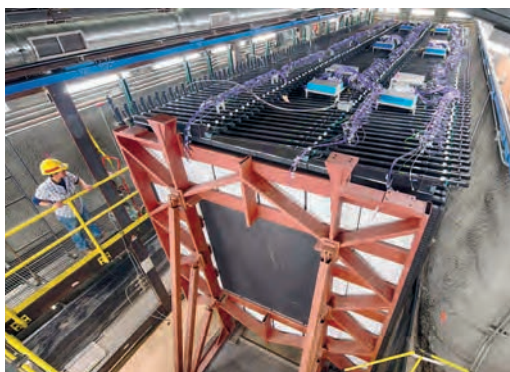
Big Banga eta materiaren jatorria. Big Bangean partikulak eta antipartikulak sortu ziren [ezkerra]. Haien arteko ezberdintasun txiki batek antipartikula baino partikula gehiago sortuko litzuzke. Denborak aurrera egin ahala [eskuina], antipartikulak partikulekin suntsituko lirateke, eta gure unibertsoa osatzen duten partikulak utzi.

zientziak: neutrinoetan, hain zuzen ere. Zientziak aurkitutako partikularik arinetarikoak eta iheskorrenak dira neutrinoak. Erreakzio nuklearretan ugari sortu arren, 25 urte pasa ziren teorikoki proposatu zirenetik esperimentaliki aurkitu ziren arte, haien elkarrekintzak ahulegiak baitira. Izan ere, segundo bakoitzeko Eguzkitik datozen ehun bilioi neutrinoek gure gorputza zeharkatzen badute ere, gure bizitzan batek bakarrik egingo du talka gurekin, batez beste. Horregatik, detektagailu handiak behar dira neutrinoak ikertzeko: zenbat eta materia gehiago egon detektagailuan, orduan eta probabilitate handiagoz eragingo diote elkarri neutrino batek eta materiak. Gaur egungo detektagailuak kontinentearteko hegazkinak baino handiagoak dira!



Neutrinoen iturriak, eta zentimetro karratu eta segundo bakoitzeko sortzen duten neutrino-kopurua. Unibertsoan, Big Bangean, supernobetan edota Eguzkian neutrino asko eta asko sortzen da. Izpi kosmiko batek atmosferarekin talka egitean ere neutrinoak sortzen dira. Lurrean, zentral nuklearretan edo giza gorputzean dauden elementu erradioaktiboek ere sortzen dituzte neutrinoak. Azkenik, partikula-azeleragailuetan neutrino-izpiak sor ditzakegu.

lheskorrak izan arren, sortzeko errazak dira neutrinoak. Eguzkira begiratu, eta bilioika neutrino jasoko dituzu. Zentral nuklear batera hurbildu, eta milioi bat aldiz gehiago neutrino iritsiko da zure detektagailura. Protoi-izpi batek material dentsu batekin talka egin, eta neutrino-izpi bat sortuko da.



NOvA neutrino-esperimentuaren detektagailua. Neutrinoek interakzio gutxi dutenez, detektagailuak erraldoiak dira neutrino baten talka egiteko probabilitatea handitzeko.

Partikula guztiek bezala, antipartikula bat dute neutrinoek: antineutrinoa. Eta, azken urteotan, neutrinoen eta antineutrinoen arteko ezberdintasunak agertzen hasi dira esperimentuetan.

Neutrinoak: hiru *zaporeen* istorioa

Ezberdintasun horiek ulertzeko, neutrinoen propietate garrantzitsu bat ulertu behar da: *zaporea*. Partikula-teorien eta -esperimentuen arabera, hiru neutrino-mota edo -*zapore* daude. Zapore bakoitza erreakzio ezberdin batean sortzen da, eta era ezberdineko elkarrekintzak ditu. Are gehiago, teorikoki neutrino batek ez du inoiz bere zaporea aldatzen.

Edo hori uste zuten zientzialariek. XX. mendearen amaieran, zenbait esperimentu erraldoi egin zen Eguzkitik eta izpi kosmikoetatik datozen neutrinoak detektatzeko. Neutrino horien zaporea oso ondo ulertzen da teorikoki, baina detektagailuetara neutrino batzuk beste zapore batekin iristen

ziren. Are gehiago, zenbat eta distantzia gehiago zeharkatu, orduan eta neutrino gehiagok aldatzen zuten beren zaporea. Gertakari horrek guztiz harritu zituen zientzialariak, eta eredu teorikoak aldatzera behartu zituen.

Esperimentu horien emaitzak azaltzeko, proposatu zen neutrinoek masa txiki bat zutela. Azalpenik sinpleena zen hori, eta masa ñimiño bat ere (10^{-37} kg, gutxi gorabehera: elektroi bat baino milioi bat aldiz gutxiagoa) nahikoa zen neutrinoen zapore-aldaketak ulertzeko. Proposamen hori ikertzen hastean, ondorio harrigarri batez konturatu ziren zientzialariak: neutrinoen masak zapore-aldaketak eragiten bazituen, posible litzateke neutrinoak eta antineutrinoak era ezberdinean aldatzea zaporez. Hau da, materiaren eta antimateriaren arteko ezberdintasunak ikertzeko aukera berri bat eskaintzen zuten neutrinoek.

Antimateria ulertzen, neutrino-esperimentuekin

Neutrinoen zapore-aldaketei buruz gehiago jakin ahala, gero eta nabariagoa zen neutrinoek eta antineutrinoek era ezberdinean alda zezaketela zaporea. Eta horrek azaldu lezake zergatik dagoen gure unibertsoa materiaz beteta. Hori hobeto ulertzeko, bi esperimentutan ari dira datuak hartzen gaur egun: *NOvA*, *AEBn*; eta *T2K*, Japonian. Esperimentu horietan, protoi-izpi batek grafito zati batekin egiten du talka, hainbat partikula sortuz. Partikula horiek desintegratzean, neutrino- eta antineutrino-kopuru handia sortzen da. Are gehiago, protoiek grafitoaren aurka talka egitean sortutako partikulak eremu magnetikoen bidez kontrola daitezke, soilik neutrinoetara edo antineutrinoetara desintegrate daitezen.

Horrela, neutrino- edo antineutrino-izpiak sor daitezke. 500-800 bat kilometro zeharkatzen dituzte lur azpitik, eta detektagailu erraldoietan detektatzen dira. Esperimentu horietako emaitzak aztertu



NOvA esperimentuan neutrinoek zeharkatzen duten distantzia [ezkerra], Chicagotik Minnesotara. Eskuineko irudian, distantzia bera Europako mapa batean: neutrinoak Bergaratik irtengo balira, Compiègneraino (Parisetik 80 kilometrorra) iritsiko lirateke. Mapen iturria: Google Maps.

eta gero, jakin daiteke ea neutrinoek eta antineutrinoek era berean aldatzen duten zaporea ala ez.

Hala ere, esperimentu bakar bat ez da nahikoa behin betiko emaitzak lortzeko. Horretarako, esperimentu askoren datuak batu behar dira eredu teoriko bakarrean. Eta hori da nire tesiaren oinarria. Lehenik eta behin, *T2K* eta *NOvA* esperimentuen simulazioak garatu ditut, haien emaitzak esparru komun batean ulertu ahal izateko. Azken hamarkadetako beste neutrino-esperimentu batzuen emaitzekin bat egin eta gero, neutrinoen zapore-aldaketei buruz dakigun guztia kuantifika daiteke tresna estatistikoekin.

Analisi horren emaitza izan da neutrinoak eta antineutrinoak ezberdinak direla. Are gehiago, ezberdintasun hori nahiko handia da: 1964. urtean aurkitutakoa baino mila aldiz indartsuagoa! Hortaz, emaitza hori harrigarria zein zirraragarria da: baliteke neutrinoak Big Bangeko materia eta antimateriaren arteko ezberdintasunaren giltza izatea.

Hala ere, esperimentu horien emaitzak ulertzea ez da erraza. Detektagailura iritsi baino lehen, neutrinoek ehunka kilometro zeharkatzen dituzte. Gure teoriaren arabera, horrek ez luke emaitzetan eragin handirik izan behar. Baina neutrinoek teoriak ezez-

tatu zituzten jada orain dela 30 urte: nahitaezkoa da datuak aurreiritzi teorikorik gabe aztertzea. Eta, neutrinoek materiarekin elkarreragin arraroak badituzte, baliteke datuak beste modu batera interpretatu behar izatea.

Horixe izan da nire tesiaren bigarren zatia. Neutrinoek materiarekin izan ditzaketen elkarreraginak aztertu ditut, baita beste esperimentu batzuek elkarreragin horiek baliogabetu ote dituzten ere. Are gehiago, elkarreragin berriek materiaren eta antimateriaren arteko ezberdintasunak ekar ditzakete. Hori ulertzea ere funtsezkoa da neutrinoen eta antineutrinoen arteko ezberdintasunak ulertzeko.

Horrela, eredu teoriko orokorragoetan aztertu ahal izan ditut esperimentuen datu guztiak. Horrek emaitza interesgarria izan du: badirudi esperimentuek oraingoz aurkitu dutena izan dela neutrinoak eta antineutrinoak ezberdinak direla, eta ez beste elkarreragin batzuen ondorioa. Hori ondorioztatze-ko, garrantzitsua izan da orain arte neutrinoekin hainbat esperimentu egin izatea, eta ezinbestekoa izango da etorkizunean.

Interesgarriki, Euskal Herrian egiten ari dira halako esperimentu batentzako oinarritzako osagai batzuk. Urte gutxi barru, Neutrinoen Espazio Iturri Europa-

rra (*ESS*, ingelesez) eraikiko da Suedian, Bilbo aldeko enpresa batzuen partaidetaz. *ESS*-k neutroi-izpi bat sortuko du materialen zientzia ikertzeko. Baina neutroiak sortzeko prozesu berak hamaika neutrino sortuko du. Neutrino horiek ez dute beren zaporea aldatuko, eta ez dute balioko materia eta antimateriaren arteko ezberdintasuna aztertzeko. Hala ere, nire tesiaren atal batek frogatu duenez, neutrino horientzat detektagailu egokiak erabiliz, haien elkarrreraginak ederki miatu ditzakegu. Horri esker, hobeto ulertu ahal izango dira neutrinoen zapore-aldaketen esperimenduak, eta, horrenbestez, neutrinoen eta antineutrinoen arteko ezberdintasunak.

Eta hori ez da neutrinoen teknologiaren eta Euskal Herriaren arteko lotura bakarra. Neutrinoen ikerketarealitatetik urrun dagoela dirudien arren, hala-ko partikulak behatzeko detektagailu zehatzak garatu dira. DIPCKo PETALO proiektuak detektagailu zehatz hauek medikuntza nuklearrean erabili nahi ditu. Neutrinoei buruzko ezagutza ere bada txertoa!

Horrenbestez, pixkanaka-pixkanaka gizakiak gero eta gehiago daki unibertsoaren hasieraz. Antimateriaren misterioa argitzen doa partikula-esperimentuak egin ahala. Azken urteotan, badirudi neutrinoak izan daitezkeela giltza, eta horretarako hainbat esperimentu eraikitzen ari da munduan zehar. Horietatik zer ikasiko dugun eta emaitzek zer galdera berri ekarriko dizkiguten... auskalo! ●

Erreferentziak

- [1] A. D. Sakharov, "Violation of CP Invariance, C asymmetry, and baryon asymmetry of the universe," *Sov. Phys. Usp.* 34 (1991) no.5, 392-393 doi:10.1070/PU1991v034n05ABEH002497.
- [2] J. H. Christenson, J. W. Cronin, V. L. Fitch eta R. Turlay, "Evidence for the 2π Decay of the K^0 Meson," *Phys. Rev. Lett.* 13 (1964), 138-140 doi:10.1103/PhysRevLett.13.138.
- [3] C. L. Cowan, F. Reines, F. B. Harrison, H. W. Kruse eta A. D. McGuire, "Detection of the free neutrino: A Confirmation," *Science* 124 (1956), 103-104 doi:10.1126/science.124.3212.103.
- [4] Q. R. Ahmad *et al.* [SNO], "Direct evidence for neutrino flavor transformation from neutral current interactions in the Sudbury Neutrino Observatory," *Phys. Rev. Lett.* 89 (2002), 011301 doi:10.1103/PhysRevLett.89.011301.
- [5] Y. Fukuda *et al.* [Super-Kamiokande], "Evidence for oscillation of atmospheric neutrinos," *Phys. Rev. Lett.* 81 (1998), 1562-1567 doi:10.1103/PhysRevLett.81.1562.
- [6] D. S. Ayres *et al.* [NOvA], "NOvA: Proposal to Build a 30 Kiloton Off-Axis Detector to Study $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ Oscillations in the NuMI Beamline," arXiv:hep-ex/0503053 [hep-ex].
- [7] K. Abe *et al.* [T2K], "The T2K Experiment," *Nucl. Instrum. Meth. A* 659 (2011), 106-135 doi:10.1016/j.nima.2011.06.067.
- [8] K. Abe *et al.* [T2K], "Constraint on the matter-antimatter symmetry-violating phase in neutrino oscillations," *Nature* 580 (2020) no.7803, 339-344 [erratum: *Nature* 583 (2020) no.7814, E16] doi:10.1038/s41586-020-2177-0.
- [9] I. Esteban, M. C. Gonzalez-Garcia, A. Hernandez-Cabezudo, M. Maltoni eta T. Schwetz, "Global analysis of three-flavour neutrino oscillations: synergies and tensions in the determination of θ_{23} , δ_{CP} , and the mass ordering," *JHEP* 01 (2019), 106 doi:10.1007/JHEP01(2019)106.
- [10] I. Esteban, M. C. Gonzalez-Garcia eta M. Maltoni, "On the Determination of Leptonic CP Violation and Neutrino Mass Ordering in Presence of Non-Standard Interactions: Present Status," *JHEP* 06 (2019), 055 doi:10.1007/JHEP06(2019)055.
- [11] D. Baxter *et al.* "Coherent Elastic Neutrino-Nucleus Scattering at the European Spallation Source," *JHEP* 02 (2020), 123 doi:10.1007/JHEP02(2020)123.
- [12] P. Ferrario, V. Herrero-Bosch, J. M. Benlloch-Rodríguez, C. Romo-Luque eta J. J. Gómez-Cadenas, "PETALO: Time-of-Flight PET with liquid xenon," doi:10.1109/NSSMIC.2018.8824744.

Enobietako erreka leheneratzeko bidea irekiz

Miren Atristain Vega
EHUko ikertzaile doktoregaia

Urarengatik eta urarentzako sortutako euskal oasia da Artikutza (Nafarroa), eta, 2019az geroztik, are balio handiagoa du, bertan geratzen zen puntu beltz bakarra ere, Enobietako urtegia, ezabatu egin baita. Urtegia hustu zenetik, ur beheara errekan sortzen zituen inpaktuak desagertzen joan dira, eta lehen oztopoa zena bertako bizidunen mugikortasuna bermatzen duen pasabide bilakatu da.

Azpiegitura ororen bizi-itxaropena da mugatua, eta presa handien kasuan, muga hori 50-100 urte tartean dago ezarrita. Hori horrela, XX. mendean eraikitako milaka presa handi beren bizi-itxaropenaren beheko muga gainditzeaz daude, edo jada gaindituta daukate, eta beste zenbait gorenera heltzeko zorian daude. Adibidez, Europar bakarrik,

zenbatuta dauden presa handien batezbesteko adina 55 urte da.

Zahartze horrek, mantentze-lanen kostua garestitzeaz gain, poliki-poliki, kolokan jartzen ditu presa-
ren eta urtegiaren jatorrizko funtzioa, eta segurtasun publikoa ere arriskuan jartzen da. Ibaien osasunaren



1. irudia. Artikutzako haranean 50eko hamarkadan eraiki zen Enobietako urtegia, Donostiako hirigunea urez hornitzeko erabili zena. ARG: Arturo Eloseggi Irurtia.

ikuspuntutik, urtegiok kalte nabarmenak eragiten dituzte: ibaian beheranzko sedimentuen garraioa eteten da, tenperatura-erregimenak eta uraren kimika aldatzen dira, hesi-efektua sortu eta bertako bizidunen mugimendua oztopatzen dute... Arazo horien aurrean, zaharkituta dauden presak eta urtegiak hustu eta kentzea gomendatzen da.

Hala ere, hasiberria den jarduera hori, epe luzera ibaiko ekosistementzat onuragarria izan daitekeen arren, ingurumen-aldaketen eragile ere izan daiteke hasieran. Adibidez, urtegia hustean, bertan pilatutako sedimentuen (lokatzaren) mugimenduak kalte egin diezaieke ibaietako biodibertsitateari eta funtzionamenduari. Inpaktu horiek eta ondorengo errekupeazioa ongi ulertzeko, garrantzitsua da datuak bildu, interpretatu eta ulertzea. Hori egin dugu, hain zuzen, Enobietako urtegiaren ikerketan.

Artikutza, oasi bat etengabe degradatuz doan munduan

XIX. mendearen amaieran, Donostiako biztanleria urez hornitzeko, zenbait hartune eraiki zituzten hirigunetik kanpo; haietako bat Ugaldeko presan, Añarbe errekan. 1902an, baina, Añarbe erreka kutsadura zela eta, tifus-izurritea gertatu zen hiriburuan. Hori horrela, ur garbien bila, hartuneak Ugaldeko presatik Artikutzako iturburuetaraino lekualdatu zituzten. Handik urte batzuetara, 1919an, kalitatezko uraren horniketa bermatzeko, Artikutzako harana erosi zuen Donostiako Udalak. Harrezkero, ganadua handik kanpo mantendu zen, hango biztanle gehienak udal-langile gisa kontratatu ziren eta haranerako sarbidea mugatu zuten. Politika kontserbazionista horren ondorioz, Artikutza hartzetz, pagoz eta haltzadiz ia erabat estalita dago gaur egun, eta balio ekologiko handiko leku bihurtu da.



2. irudia. Manganesozko prezipitatu beltzak Enobietako urtegitik behera, Añarbe errekan. ARG.: Arturo Eloseggi Irurtia.

Enobietako urtegia

Uraren kalitate ona bermatuta bazegoen ere, ez zegoen erreken emaria erregulatzeko modurik, eta, agorraldi luzeko garaietan, Donostiak hornidura-arazoak izaten zituen. Haiek konpontzeko, 1947an Enobietako urtegia diseinatu zuten: 40,4 metroko garaierako presa, 2,7 hm³ biltegitratzeko ahalmena izango zuena. Hala ere, presa eraikitzen hasi eta berehala, ohartu ziren ezker-magalean urtegiaren egonkortasuna kolokan jartzen zuten marmol karstifikatuak zeudela. Arazoa konpontzeko hainbat saiakera egin zituzten arren, ez zuten arrakastarik izan, eta, beraz, hormaren ezker-muturra amaitu gabe geratu zen. Erabaki horrek eragin zitzakeen arriskuak ekiditeko, presaren zati bat eraitsi zuten, eta gainezkabidearen garaiera 5 metro jaitsi. Ondorioz, urtegiaren gehieneko edukiera 1,6 hm³-ra mugatu zen (1. irudia).

Segurtasun-arazoez gain, Enobietako urtegiak kalitate-arazoak ere eman zituen. Izan ere, udan, eguzkiak urtegiaren azala berotzean, termoklina deritzon muga bat sortzen da, beheko ur hotzaren eta gainazaleko ur beroaren artean. Horrek bi ur-masa horiek nahastea galarazten du, eta hondoan oxigeno-eskasia gerta daiteke. Hori gertatzean, arroketan zein sedimentuetan dagoen manganesoa, burdina eta sulfatoa erreduzitu eta disolbatu egiten dira, eta urak ustel-kiratsa, kolore uherra eta zapore txarra hartzen ditu. Artikutzaren kasuan, efektu hori nabarmena zen Enobietako urtegiaren azpian, kolore beltza hauteman baitzen manganeso prezipitatuaren ondorioz (2. irudia), eta ohikoa zen uda-amaieran sufre-usaina atzematea ere. Metalen kontzentrazio altuak kaltegarriak dira giza osasunarentzat zein biodibertsitatearentzat, eta Donostiako uretan maiz erregistratzen ziren lege kanpoko balioak, urtegia hain txikia izanik hondoko ura ere erabili behar izaten baitzuten.

Hori guztia zela eta, erreka berean baina kilometro batzuk beherago, Añarbeko urtegia eraiki zuten 1976an, Enobietakoa baino askoz handiagoa

(43,8 hm³). Hura martxan jarri zenetik, Enobietako urtegiak garrantzia galdu zuen, eta mantentze-lanak murriztu egin ziren pixkanaka, ia guztiz desagertu arte.

Urtegia husteko erabakia: ikerketarako aukera

2014an, Donostiako Udalak, erreken egoera hobetu nahirik, aspaldian erabiltzen ez ziren zazpi presa txiki eraitsi zituen Artikutzan, arrainen mugikortasuna errazteko. 2016an, Enobietako presa kentzeko erabakia hartu zuen, erabiliko ez den urtegi bat mantentzea, alferrikakoa ezezik, garestia ere badela iritzita. Hori horrela, European aitzindaria izango zen proiektu bat jarri zuen martxan, orain arte hustu diren presa handienetako bat baita Enobietakoa. Aukera horretaz baliatuz egin dugu gure ikerketa, helburutzat harturik ikertzea zer eragin izan duen Enobietako urtegiaren hustuketak uraren kalitatean, biodibertsitatean eta ibai-ekosistemaren funtzionamenduan eta zer-nolakoa izan den ondorengo errekuera.

Gure hipotesi nagusia zen, urtegia hustean, bertan metatutako sedimentuak mugituko zirela, eta horrek kalte egin diezakeela biodibertsitateari zein ekosistemen funtzionamenduari. Dena den, espero genuen, poliki-poliki hustuz gero, kalte horiek oso txikiak eta errekuera oso azkarra izatea. Horretaz gain, urtegia husteak basoak kolonizatzeke eremu berriak azaleratuko zituen.

Hori testatzeko, Artikutzako sare hidrografikoko 8 erreka-tarte aztertu ziren: batetik, lau kontrol-tarte (K, bat urtegitik gora eta beste hiru urtegiaren eraginik jasaten ez duten ibaiadarretan), eta bestetik, urtegitik behera distantzia-gradiente bati jarraituz kokatutako lau inpaktu-tarte (I1, I2, I3 eta I4) (3. irudia). Gainera, prozesu osoaren jarraipena egiteko, hiru fasetan banatu genuen proiektua: urtegia beteta zegoen garaia (2018), urtegia hustu bitartekoa (2019) eta urtegia hustu ondorengo errekuera-fasea (2020).

Zer geratu da?

2018aren erdialdetik aurrera, urtegiaren maila jaisten hasi zen, poliki-poliki hondoko ura isurtzen zuen hodi baten bitartez, horrela azaleratutako sedimentuak ahalik eta azkarren landarez estali eta trinkotu zitezzen. Horren bidez, behin betiko hustuketa-fasean, sedimentu finen garraioa ahalik eta gehien murriztu eta ur behera sortu zitezkeen inpaktuak gutxitu nahi ziren. [Hustuketa-fasean uhertasuna nabarmen igo bazen ere](#), lehenagoko trinkotze horri esker, sedimentuak segituan egonkortu egin ziren, eta errekupeazio-fasea hasterako haien garraioa asko gutxitu zen. Hori horrela, sedimentuen garraioa gorenean zegoenean ere, ez zen oxigenorik gabeko gertaerarik izan, eta erreketan bizi diren ornogabe-komunitateetan, esaterako, ez zuen inpakturik izan, eta hustuketak komunitate haiek berreskuratzeko leioa zabaltu zuen. Izan ere, huste-fasearen amaieran, presapeko ornogabe-komunitateen egoera hobetzen hasi zen, presa hustu aurreko egoeraren aldean, eta 2020ko udazkenerako (gure ikerketaren amaiera), urtegiak

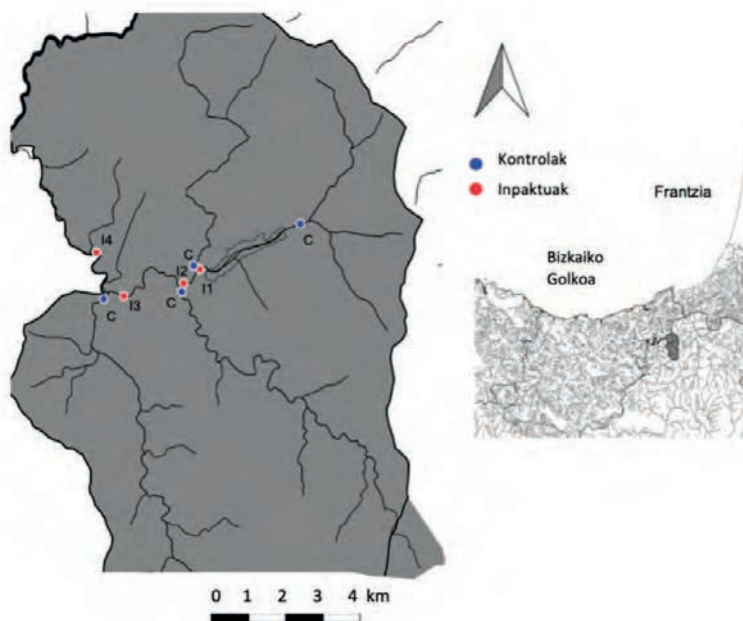
lehendik sortutako kalteak desagertuta zeuden. Uraren kimikari dagokionez ere, berdin gertatu zen. Presa beteta zegoela metal erreduzituen kontzentrazioak handiak baziren ere, urtegia hustearekin batera, eragin hori erabat desagertzera heldu zen, poliki-poliki.

2020an, urtegiaren azaleratutako sedimentuetan hazten hasi zen landarediaren artean, haltzak, sahatsak, pagoak, zumalakarrak eta beste hainbat espezie ikus zitezkeen, eta ikerketaren amaierarako, urtegi izandakoa landarediaz guztiz estalita ageri zen. Beraz, urtegiaren azaleratutako sedimentuen kolonizazioa oso azkar gertatzen ari da (4. irudia).

Eta, zer ikasi dugu?

Urtegiek erreka eta ibaietan duten eragin kaltegarriak aski ezagunak diren arren, oraindik ezer gutxi dakigu haiek kentzeak dakarren eraginaz, batez ere urtegi handien kasuan, orain arte egindako ikerketa gehienak tamaina txikiko presak kentzearen ingurukoak izan baitira.

3. irudia. 8 ikerketapuntuen (4 K eta I1, I2, I3 eta I4) kokapena eta Artikutzako sailaren mugak erakusten dituen mapa. Lerro etenek Enobietako urtegia izandakoaren eremua adierazten dute. ARG.: Miren Atristain Vega.





4. irudia. Ezkerrean, 2018an Enobietan urtegia beteta. Eskuinean aldiz, 2020an urtegia erabat hustuta, landarearen kolonizazio azkarrean zantzuak erakutsiz. ARG: Arturo Eloseggi Irurtia.

Oro har, emaitzek adierazten dute, gure kasuan, urtegia husteak ez duela ingurumen-arazorik sortu, eta lehendik zeuden arazoak azkar desagertu direla. Hala ere, Enobietan urtegiaren hustuketak hutsune hori betetzen lagundu dezakeen arren, oraindik ere ikerketa gehiago egin beharko lirateke. Izan ere, Enobietan ez bezala, leku gehienetan, beste hainbat arazo izan daitezke: sedimentu kutsatuak, espezieinbaditzaileak, basoberritzeko zailtasunak edo inguruko biztanleekin sor daitezkeen arazoak, zeinek eragin desberdina izango baitute kasuan kasuko erantzunetan. Hori dela eta, urtegi batek erabilgarria izateari uzten diotenean, interesgarria da hura eraistek dituen efektuak aztertzea, ibaietako uraren kalitateak eta organismoek eta funtzionamenduak askotariko kasuistikan ekintza horrekiko zer-nolako erantzuna duten aztertu ahal izateko. Horrela, etorkizuneko hustuketak eta presen eraisketak protokolo batzuei jarraituz egin ahalko dira, ekintzaren ingurumen-inpaktuak ahalik eta gehien murrizteko.

Beraz, irakurle, gogoratu: aintzira baten antza izan arren, aurrean duzun urtegia ibaiei kalte egiten dien egitura artifizial bat baino ez da, eta, zahartzen den heinean, ingurunean ahalik eta kalte txikiena eginez kendu beharko da. ●

Bibliografia

- [1] Bellmore JR, Pess GR, Duda JJ, *et al.* 2019. Conceptualizing Ecological Responses to Dam Removal: If You Remove It, What's to Come? *BioScience*, 69: 26-39.
- [2] Brandt SA. 2000. Classification of geomorphological effects downstream of dams. *Catena*, 40: 375-401.
- [3] Friedl G eta Wüest A. 2002. Disrupting biogeochemical cycles-Consequences of damming. *Aquatic Sciences*, 64: 55-65.
- [4] Foley MM, Magilligan FJ, Torgersen CE *et al.* 2017. Landscape context and biophysical response of rivers to dam removal in the United States. *PLoS ONE* 12(7): e0180107.
- [5] Maavara T, Chen Q, Van Meter K, *et al.* 2020. River dam impacts on biogeochemical cycling. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1-14.
- [6] Muñoz Echabeguren F. 2003. El agua potable en la historia de San Sebastián. *San Sebastián: Aguas del Añarbe*. ISBN:84-607-7900-9.
- [7] Perera D, Smakthin V, Williams S, North T, Curry A. 2021. Ageing water storage infrastructure: an emerging global risk. UNU-INWEH Report Series, Issue 11. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, Hamilton, Canada.

Jaso urtean lau zenbaki,
20 €-ren truke

Hazi Hezi

haziera eta heziketa
aldizkaria



Hazi Hezi eta **hik hasi**
familia eta eskola
heziketari garrantzia ematen diogunon komunitatea

Harpidetzak:

hikhasi@hikhasi.eus • 943 37 14 08 • www.hikhasi.eus

Jarraitu gurekin zientzia eta teknologiaren berriei, sarean aldizkaria.elhuyar.eus



BRTAren eskutik

Fabrikazio gehigarria: pentsamolde berriak ingeniaritzan

3D diseinua abiapuntutzat hartu eta inolako molderik gabe eraikitzen ditu piezak fabrikazio gehigarriak. Material gero eta harrigarriagoekin, gainera, 3D inpresioak, ingeniaritzaren ohiko diseinu eta pieza zurruneekin hautsi, eta pentsamolde berriak ekarri ditu ekoizpen industrialetara. Diseinu-askatasun osoaz hitz egiten dute adituek, eta ingeniaritzan poliki-poliki ezartzen ari dela nabarmendu dute BRTAko ikertzaileek (...).



EKINEAN

“Garrantzitsua da ikusaraztea zientzia ez dagoela gizartetik bereizita”

Kari Alberdi Etxabek “Kari Kimikari” izena du sareetan; beraz, ez da zaila asmatzen Kimika ikasi duela. Dioenez, beti izan du zientziekiko interesa: “Ikusten nuen zientziak galdera asko egiten dituela munduan dauden auzien inguruan, eta niri jakin-mina pizten zidan”. Gainera, batxilergoko azken urteetan, zientzietako irakasle oso onak egokitu zitzaizkion, eta aitortu du horrek ere lagundu ziola aukeratzen (...).



GAI LIBREAN

Gaixotasun neurodegeneratiboen prebentziorako makineria

Organismo baten funtzionamendu egokia bermatzeko, ezinbestekoa da zelulen eta proteinen berriztapen egokia. Horretarako, hainbat kalitate-sistema daude, zaharkituta edo gaizki dauden zelulen zein proteinen detekzioaz eta haien desagertapenaz arduratzen direnak. Gaixotasun neurodegeneratiboak sortzen dituzten proteinen agregazioak ekiditeko, Hsp70 sistema dugu garrantzitsuenetarikoa bat, ezinbestekoa egoera osasuntsuan, eta are gehiago patologikoan, non proteina kaltetu (...).

Martxora arte



aldizkaria.elhuyar.eus



@elhuyaraldizk

Zer eta nor

elhuyar
ezagutuz aldatzea

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

Zuzendaria:

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute (a.agirre@elhuyar.eus).

Publizitate-arduraduna:

Irune Bengoetxea Lanberri (i.bengoetxea@elhuyar.eus).

Hizkuntza-arduradunak:

Saroi Jauregi Aiestaran.

Erredakzio-taldea:

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute, Egoitz Etxebeste Aduriz,
Ana Galarraga Aiestaran.

Zenbaki honetako kolaboratzaileak:

Miren Atristain Vega, Ivan Esteban Muñoz, Itziar
Garate López, Virginia García Pena, Oier Lakuntza
Irigoien, Igor Leturia Azkarate, Manu Ortega Santos.

Azaleko argazkia:

Jabego publikoa.

Jatorrizko diseinua:

Eragin.com

Diseinua eta maketa:

Virginia Larrarte Neira.

Harpidetzak:

Virginia Larrarte Neira (harpidetza@elhuyar.eus).

Inprimatzailea:

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

Banatzaileak:

Badiolan (Gipuzkoa); Simó (Bizkaia); Elkar.

Harpidetza paperean eta edizio digitala:

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

Ale digitala: 4,20 € (www.elhuyar.eus).

CC BY-SA-3.0 Elhuyar Fundazioa

Lege-gordailua: SS-1089-2017

ISSN: 2603-6614

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 ez du derrigor bere gain hartzen
aldizkarian adierazitako esanen eta iritzien erantzun-
kizunik.

Aldizkariari diruz lagundu dioten erakundeak eta enpresak:



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

LAGUN ARO Koop. Elk.; ULMA Koop. Elk.;
KIDE Koop. Elk.; MAIER Koop. Elk.



etb 1 Larunbatero, 13:30ean

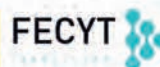
etb 2 Igandero, 13:30ean

teknopolis.elhuyar.eus



BABESLEAK

eitb
elhuyar
ezagutuz aldatzea





zientzia azoka



Izena emateko
epea zabalik,
2022ko
urtarrilaren 10etik
aurrera

zientzia-azoka.elhuyar.eus



ELHUYAR
ZIENTZIA
AZOKA

2021-2022

EMAN
IZENA!

elhuyar
ezagutuz aldatzea

Babesleak



Gobierno de Navarra
Departamento de Educación

Nafarroako Gobernua
Hezkuntza Departamentua



Kolaboratzaileak

