

ELHUYAR

zientzia eta teknologia

Elkarrizketa:

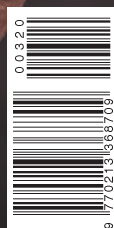
Maria Jesus Esteban

Matematikaria

**Itsaso bat
plastikozkoa**

**AJERIK GABE
ZAHARTZEA**

4,70
euro



Doan deskargatzeko prest:
xuxen.eus/bertsioak

Xuxen berria

Euskarazko zuzentzaile ortografiko eta gramatikalaren
plugin berriak zure ordenagailurako

Xuxen 5-ek
**akats ortografiko
eta gramatikalak**
detektatu eta
zuzentzeko
proposamenak egiten
ditu testuan bertan

200 lagun konbidatu dituzte ezkontzara.



gonbidatu

Ainitz irakurtzen duzu?



Anitz

Astebururako hainbat iharduera antolatu dituzte.



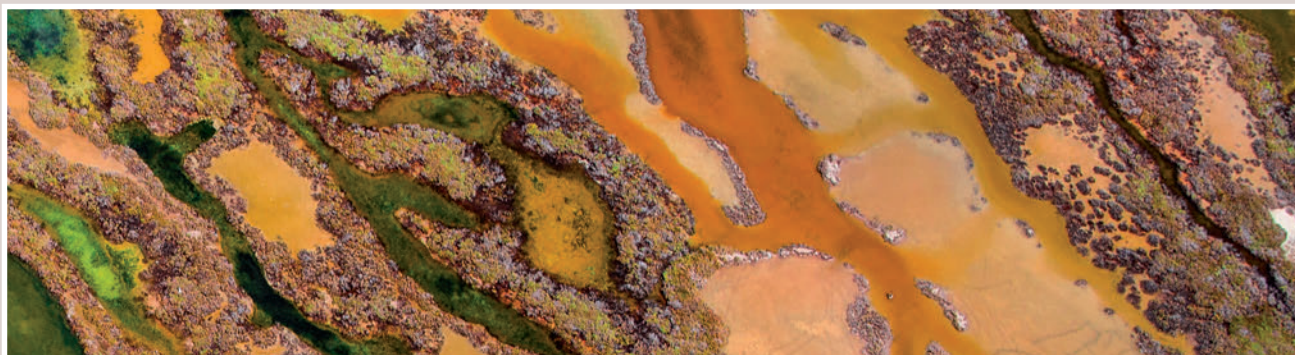
jarduera

Zuk ez esan ezer harik eta gurasoek galdetzen dute arte.



galdetzen duten arte

“Amaren karrera zientifikoa haurra beraren tripatik
noiz irtengo den menpe dago” 23



“Matematikariak ez dira denak bakartiak!” 25

“Batez besteko biziraupena 20 urte luzatu da,
baina maximoa ez da mugitzen” 32

“Gaixo gehienek uste dute gobernuek nahiago dutela ezer ez egin
eta zain egon, denborak aurrera egin dezan eta desager gaitezen” 41

“Ilargira joan nahiko nukeen bezala, horixe da nire
ametsa, bizia topatzea” 44

Bide batez

Gizakion batez besteko biziraupena 20 urtez luzatu da, duela ehun urteren aldean. Zientzialariek, dena dela, ez dute uste datozen ehun urteotan askoz ere gehiago luzatuko denik. Gainera, finean lortu duguna heriotza atzeratzea izan da, baina, lorpen hori ez denez etorri kasu guztietan bizitza-kalitatearen hobekuntzaren eskutik, populazioaren zahartzeak ondorio zuzenak utzi ditu gizartearen: milaka adineko ditugu erabateko menpekotasun fisiko, mental, intelektual edo sentsoriala dutenak, 24 orduko zaintza behar dutenak.

Izan ere, helburua ez luke izan behar bizitza luzatzea, bizi garen urteak azkeneraino ongi bizitzea baizik. Urte osasuntsuak luzatu. Alor horretan zientzia izaten ari den erronka berriak ekarri nahi izan ditugu ale honetara: zahartze-prozesua bera atzeratzea, orain arte zahartzearen ondoriozko gaixotasunak tratatzen aritu baikara —izan dementzia, izan minbizia, izan bihotzeko gaitzak...—, BioDonostia ikerketa-zentroko Ander Matheuk aitortu digun bezala.

Azkenaldian, aurrerapen zientifiko handiak egin dira, eta badirudi zahartze-prozesua atzeratzeak, bide batez, bizitzaren mugak gainditzeko zorian jar gaitzakeela. Zientzialariek, ordea, gero eta argiago dute biziraupen maximoak baduela gainditu ezineko muga bat.

Zahartze-prozesua bera aldatu nahi izateak zahartzea bera gaixotasuntzat hartzeko arriskua ere badu, eta garrantzitsua da garbi izatea ez dela patologia bat, bizitzaren berezko prozesu fisiologikoa baizik. Izatez, hausnartu beharko genuke zahartzaroa atzeratzeko nahiaren oinarrian ez ote dagoen heriotza onartzeko zailtasuna.

Bide batez, atarikoa aprobetxatuko dut nire burua aurkezteko: Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute naiz. Gasteiztarra. Formazioz, Biokimikan doktorea, eta, ofizioz, zientzia-kazetaria. Hemendik aurrera, *Elhuyar Zientzia eta Teknologia* aldizkariaren zuzendari berria. Eider Carton Virto hamabi urtez zuzendaria izan denaren lekukoa hartuko dut aurrerantzean. Erronka handia da irakurleok behar eta espero duzun horri erantzutea, batez ere azkenaldian kazetaritzak eta, oro har, *Elhuyar* aldizkariak bizi dituen aldaketa-garaiak kontuan hartuta. Eskerrak aldizkariak esperientzia handiko lantaldea duen atzean. Zuei esker, kideok, gogotsu heldu diot lan berriari.



Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute

Elhuyar Zientzia eta Teknologia
aldizkariaren zuzendaria



24

ELKARRIZKETA

Maria Jesus Esteban Galarza Matematikaria

EHUn lizentziatu zen Matematikan, eta aitzindari izan zen euskara arlo horretan erabiltzen. 1981etik, Frantziako Ikerketa Zentroko ikertzaile da, eta izendapen ugari jaso ditu. Duela gutxi, ICIAM Matematika Industrial eta Aplikaturako Nazioarteko Kontseiluko lehendakari izendatu dute.

AJERIK GABE ZAHARTZEA HELBURU

Zahartzea tratatzeko eta atzeratzeko gai izanez gero, gainerako gaixotasunak murriztea lortuko litzateke. Izan ere, zahartzea da gaixotasunak izateko arriskua gehien handitzen duena. Horregatik, azken urteetan gero eta gehiago ari dira ikertzen zein diren zahartzearen gakoak eta nola atzeratu daitekeen.



28

23



EKINEAN

Ostaizka Aizpurua Arrieta

Zoologoa. Emakumezko ikertzaileek beren ibilbide profesionala garatzeko topatzen dituzten zailtasun eta oztopoen adibidetzat jo daiteke Ostaizka Aizpurua Arrietari gertatutakoa.

LEKUKOAK

Jesus Arregi Bengoa

Astrofisikaria. Arregik garbi du zer gustatuko litzaiokeen gehien: bizia aurkitzea gure planetatik kanpo.



44

Itsaso bat plastikozkoa

Itsasoa plastikoen biltegi bihurtzen ari dela erakusten dute hainbat azterketak. Beste ikerketa batzuek, berriz, plastikoen itsas bizidunetan eta ekosistemetan eragiten dituzten ondorio kaltegarriak azaleratu dituzte. Eta, hala ere, adituek ohartarazi dute izebergaren tontorra baino ez dugula ezagutzen. Ezkutukoa argitu nahian dabilta ikertzaileak mundu osoan, baita Euskal Herrian ere.



42



Lakoizketako erua

Nola udan, hala neguan, herritarrek ikusten zuten erretorea belarrak biltzen, haitzartean galtzen, edo inor igotzen ez zen lekuetara igo eta mailu eta zizelaz liken bat zuen harkaitz-puska bat hartzen, altxor bat balitz bezala. *Lakoizketako erua* deitzen zioten.



SAREAN+

aurkibidea]

4 MUNDU IKUSGARRIA
Hunkitzen duen basabizitza

14 2015eko Nobel sariak

18 ALBISTEAK

23 EKINEAN
Ostaizka Aizpurua Arrieta

24 ELKARRIZKETA
Maria Jesus Esteban Galarza

28 AJERIK GABE
ZAHARTZEA HELBURU

34 MUNDU DIGITALA
Automobilegiak?
Ibilgailu autonomoen arazo praktiko eta filosofikoez

36 Itsaso bat plastikozkoa

40 ANALISIA
Postpolio sindromea:
arazoak eta proposamenak
MARIO FEIJOO

42 ISTORIOAK
Lakoizketako erua

44 IRAULTZA TXIKIEN LEKUKOAK
Jesus Arregi Bengoa

46 GAI LIBREAN
LDM: Lurreko Telebista
Digitalak bizirauteko teknologia berria, EHuren eskutik
J. MONTALBAN

50 GAI LIBREAN
Satelite bidezko
kokapen-sistema askotarikoak
XABIER ZUBIZARRETA

53 GAI LIBREAN
Gure gorputza, minbiziaren
kontrako arma boteretsua
N. OSINALDE, M.J. OMAETXEBARRIA

56 Sarean



HUNKITZEN DUEN

Wildlife Photographer of the Year 2015

DON GUTOSKI KANADARRAK AZERI GORRI BAT ikusi zuen elurretan animalia zuri baten atzetik. Gerturatzean, konturatu zen azeri zuri bat zela. Animalia handienak txikia harrapatu, eta ase arte jan zuen. Nahikoa jan zuenean, honela azaldu zen azeri gorria, zuriaren gorpua arrastaka zeramala.

Argazkian, Lurraren berotze globalak Kanadan utzi duen aztarna geratu da agerian. Azeri arrunta iparraldera zabaltzen ari den honetan, bere kide txikiagoa den azeri artikoarekin egiten du topo gero eta sarriago. Azeri artikoaren lehiakide bihurtu da orain, baita haren predatzaile nagusi ere. Don Gutoskiren argazkia bada nahikoa adierazgarri!

Natural History Museum-ek eta BBC Worldwide-k urtero antolatzen duten Wildlife Photographer of the Year 2015 lehiaketako irabazle suertatu da argazkia. Don Gutoski larrialdietako medikua da berez, baina gaztetatik zale-tu zen basa bizitzaren argazkilaritzan. 40 hektareako lursaila du bere gozameneko; bere horretan —basati— mantentzen saiatzen da, eta hamaika argazkitarako aitzakia ematen dio. ●

Bi azeriren istorioa
(A tale of two foxes)
Don Gutoski (Kanada)



BASABIZITZA



ARG.: DON GUTOSKI/WILDLIFE PHOTOGRAPHER OF THE YEAR 2015





Algen artea (The art of algae)
Peré Soler (Catalunya)

Cádizeko badian koloreen eztanda gertatzen da udaberri oro. Ura berotzen da, gazitasuna aldatu, eta algak inoiz ez bezala ugaritzen dira. Ikuskizuna sekulakoa da! Hezeguneak algen berdeaz betetzen dira, mikroalgen kolore ugariez, gatz-deposituen zuritasunaz, sulfatoz elikatzen diren bakterio hidrofiloek utzitako sedimentuen laranja eta marroiaz Peré Soler argazkilariak zerutik harrapatu du fenomenoaren edertasuna.

ARG.: PERÉ SOLER/WILDLIFE PHOTOGRAPHER OF THE YEAR 2015

**Bizi geldia (Still life)****Edwin Giesbers (Herbehereak)**

Udaberriko ur hotzetan atseden hartzen ari den uhandreari erretratua egin dio Edwin Giesbers argazkilariak. Ur azpitik eginda, emaitza ikusgarria da: zuhaitzen artean flotatzen ari dela dirudi.

Argazkia are deigarriagoa egiten da orain, zientzialariak Europako uhandreen etorkizunarekin kezkatuta dauden honetan. Azaleko onddo batek jota daude asko, eta, azala uhandreen arnas apartuan funtsezko osagaia izanik, hilgarri zaie. Gaixotasunak Herbehereetako populazio asko suntsitu ditu jada, eta gaixotasuna Europa osora zabaltzearen beldur dira.

Hirukotea (The company of three)**Amir Ben-Dov (Israel)**

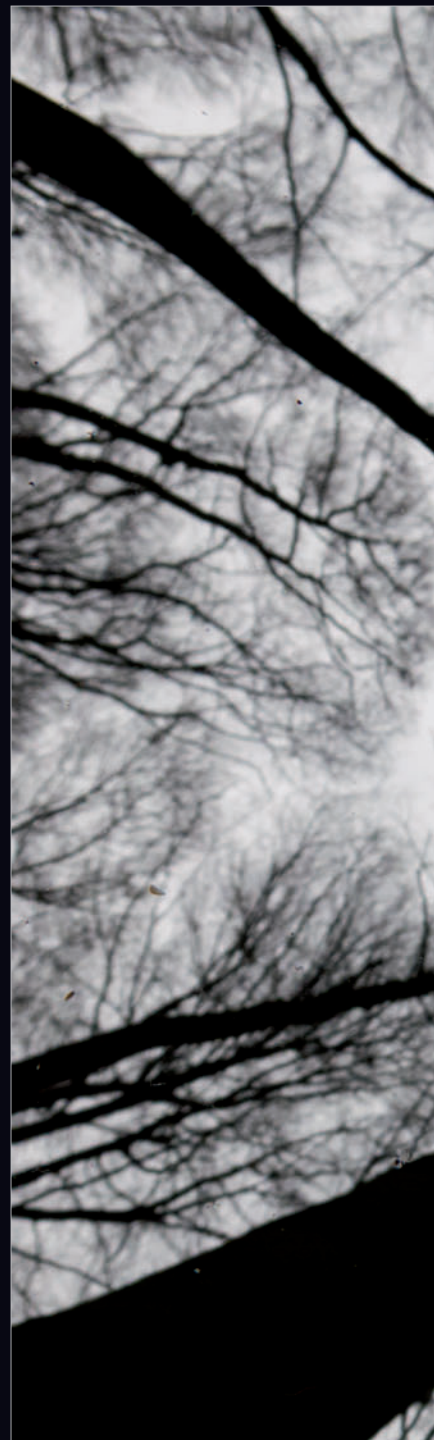
Amir-ek egun asko eman zituen begira, hiru belatz handi horien arteko harreman bitxia ulertu nahian. Ar grisa eta bi eme gazteak elkarrekin egoten ziren denbora luzez, gertu eta elkar ukituz, eta apainduz. Argazkian, emeak atzaparrekin bul-tzatu du arra, eta goraka hegan egin du, beste emeari ere tokia egiteko.

Normalean, bikoteka azaltzen dira belatzak, edo gurasoak txita jaioberriekin.

Hirukote honen harremana, ordea, misterio bat izan da argazkilariaren begietara!



ARG.: AMIR BEN-DOV/WILDLIFE PHOTOGRAPHER OF THE YEAR 2015





ARG.: EDWIN GIESBERS/WILDLIFE PHOTOGRAPHER OF THE YEAR 2015



ARG.: ONDŘEJ PELÁNEK/WILDLIFE PHOTOGRAPHER OF THE YEAR 2015

Argazkilari gazteen sari nagusia

Borrokalarien erakustaldia (Ruffs on display)

Ondřej Pelánek (Txekiar Errepublika)

Ondřej gazteak eta haren aitak Norvegiako iparraldera egin zuten bidaia udaran, eguzki-argia 24 orduz dagoen garaian. Borrokalarien hauen (*Philomachus pugnax*) jokaera oldarkorra ikusi nahi zuten. “Hain zirraragarria egiten zitzaidan, lo ere ezin bainuen egin”, gogoratzen du Ondřej-ek. Hortaz, gau hartan, aita dendan zurrungan utzita, kalera atera zen, gauerdiko argiaz argazkiak egitera. Emeengatik eta haien lurraldea defendatzeagatik borrokan ikusi zituen arrak. Saltoa, eta lumazko lepokoa goraka ahal zuten guztia jasota, zein baino zein harroago.



Bizia artera (Life comes to art)

Juan Tapia (Spainia)

ARG.: JUAN TAPIA/WILDLIFE PHOTOGRAPHER OF THE YEAR 2015

Urtero, udaran, enarak Juanen etxeko biltegi zaharrera etortzen dira habia egitera. Urratutako koadro bat zintzilikatu zuen Juanek, enarak sartu ohi diren leiho zaharraren zuloa estaltzeko. Handik gutxira, ikuskizun hau oparitu zion enarak, beste mundu batetik baletor bezala.



Baleak ahokada batez (A Whale of a mouthful)

Michael AW (Australia)

Sardina-sarda ikaragarri baten erdian azaldu da balea ezustean, eta ehunka sardina irentsi ditu ahokada bakar batez. Argazkia sardinen urteroko migratze-garaian egin du Michael AW argazkilariak, milaka milioi sardina Hegoafrikako kostaldetik pasatzen diren unean.

Bryde baleak (*Balaenoptera brydei*) txiki samarrak dira beste balea batzuen aldean, 25 tona ingurukoak, eta urte osoa zona tropikal eta subtropikaletan pasatzen duten balea bakarrak dira, 16 °C-tik gorako urak gustatzen baitzaizkie. Balea honen irensketa irudikatzea erronka handia izan da argazkilariarentzat; hainbatetan, baleek kolpekatu egin dute argazkiak atera nahian gehiegi gerturatu zaienean.





ARG.: MICHAEL AW/WILDLIFE PHOTOGRAPHER OF THE YEAR 2015

FISIOLOGIA edo MEDIKUNTZA

William C. Campbell eta Satoshi Ōmura, eta Youyou Tu

“Zizare bizkarroiek eragindako gaitzen eta malariaren aurkako terapiak asmatu dituztenentzat”**William C. Campbell**

Biokimikaria, biologoa eta parasitologoa. Irlandan jaioa, 1930ean. Drew-eko Unibertsitateko ikertzaile emeritua da, urte luzez Ikerketa Terapeutikoetarako Merck Institutuan egon ondoren. Estatu Batuetako Zientzia Akademia Nazionaleko kidea da. ARG.: NOBEL FUNDAZIOA.

**Satoshi Ōmura**

Japoniar biokimikaria, 1935ean jaioa. Farmakologian eta Kimikan doktoretza bikoitza lortu zuen, eta bere ikertzaile-lan handiena Kitasato Unibertsitatean egin du. Gaur egun, hango irakasle emeritua da. ARG.: NOBEL FUNDAZIOA.

**Youyou Tu**

1930ean jaioa, Txinan. Farmakologo moduan Pekineko Unibertsitate Medikoan trebatu zen, eta ia bere ikerketa-ibilaldi osoa Txinatar Medikuntza Tradizionalaren Akademian egin du. Duela lau hamarkada, medikuntza tradizionalan erabiltako landareetara jo zuen malariaren aurkako tratamendu bila, eta arrakasta handia lortu zuen. ARG.: NOBEL FUNDAZIOA.

Karolinska Institutuak jakinarazi duenez, aurten hiru ikertzaileen artean banatuko dute Fisiologia edo Medikuntzako Nobel saria: erdia William C. Campbell-ek eta Satoshi Ōmurak jasoko dute, bizkarroiek eragindako gaitzen aurka asmatutako botikarengatik, eta beste erdia Youyou Tuk, malariaren aurkako terapia asmatzeagatik.

Aurten, munduko leku pobreenetan milioika eta milioika gaixori eragiten dieten gaitzen aurkako terapiak garatu dituzten ikertzaileen lana aitortzea erabaki du Karolinska Institutuak; [Fisiologiako edo Medikuntzako Nobel sariaren bidez](#).

Hain zuzen ere, sarituak iragartzeko eman duten prentsaurrekoan zehaztu dutenez, 100 milioi pertsona baino gehiago daude filariasiak edo onkozerkosiak jota, eta 3.400 milioi malariak jota. Gaitz horiek endemikoak dira munduko herrialde pobreenetan, eta haiei aurre egiteko botikak herrialde horietako biztanleen ongizatea eta osasuna hobetzeko funtsezkoak direla azaldu du Nobel Fundazioaren ordezkariak.

Horrenbestez, filariasia eta onkozerkosia tratatzeko erabiltzen den avermectina, eta malariari aurre egiteko erabiltzen den artemisina aurkitu zutenak izango dira aurtengo Nobel saridunak, Fisiologia edo Medikuntza arloan.

LURRETIK ABEREETARA, ETA HANDIK PERTSONETARA

Satoshi Ōmura izan zen avermectina garatzeko lehen pausoa eman zuen ikertzailea. Mikrobiologoa da, eta gai naturaletatik konposatuak isolatzen aditua zen. Hala, lurrean bizi diren *Streptomyces* bakterioetan jarri zuen arreta, ezaugarri antibiotikoak dituzten konposatu ugari sortzen dituztelako. Bakterioak laborategian hazteko metodologia findu zuen, eta konposatu eraginkorrenak sortzen zituzten espezieak aukeratu zituen; guztira, 50 espezie. Tartean *S. avermitilis* zegoen, avermectinaren iturria, hain justu.

[William C. Campbell](#) biologoak eman dio jarrapena Ōmuraren lanari. *Streptomyces*-kulturak eskuratu, eta haien eraginkortasuna aztertu

zuen. Haietako bat abereen bizkarroiei aurre egiteko bereziki eraginkorra zela ohartu zen. Isolatu zuen, eta avermectina deitu zion. Gero, kimikoki eraldatu, eta beste konposatu bat sortu zuen, are eraginkorragoa: ivermectina. Gizakietan egindako probetan frogatu zuten benetan eraginkorra zela filariasia, onkozerkosia, eta era horretako gaixotasunak tratatzeko, eta, geroztik, ivermectinan oinarrituta sortu dira bizkarroiek eragindako gaitzak tratatzeko hainbat botika.

MEDIKUNTZA TRADIZIONALARI BEGIRATUTA

Medikuntzaren Nobel Sariaren beste erdia malariari aurre egiteko erabiltzen den artemisina aurkitu zuenak jasoko du, [Youyou Tu farmazialariak](#). Sariaren inguruko azalpenak ematean, aurkikuntza Txinako medikuntza tradizionaletik abiatuta egin zuela nabarmendu dute Nobel Fundaziokoek.

Hain zuzen ere, kinina edo klorokina erabiltzen ziren malaria tratatzeko, baina gero eta eraginkortasun txikiagoarekin. Horren aurrean, Youyou Tuk Txinako Medikuntza tradizionalera jo zuen, malariaren aurkako konposatu berri baten oinarri bila. Malariarekin infektatutako animaliekin ikertuta, *Artemisia annua* landaretik ateratako estraktu bat interesgarria izan zitekeela iruditu zitzaion. Probatu zuenean, ordea, ez zituen esperotako emaitzak jaso.

Horrenbestez, iraganeko literatura medikoa aztertu zuen, eta han topatu zituen bere ikerketa bide onera eramateko gakoak. Horri esker, *Artemisia annua* landarearen konposatu aktiboa isolatu zuen, artemisina. Animalietan ez ezik, gizakietan ere eraginkorra zela frogatu zuen. Horretan oinarrituta garatu dira malariaren bizkarroia zikloaren lehen faseetan hiltzen duten eragile berriak.

Nobel Fundaziokoek azpimarratu dutenez, avermectinaren eta artemisinaren aurkikuntzek bizkarroiek eragindako gaixotasunen terapiak irauli dituzte, eta ezin da neurtu ekarri duten onura.

FISIKA

Takaaki Kajita eta Arthur B. MacDonald

“neutrinoak eraldatu egiten direla eta masa dutela frogatu zutenentzat”

Nobel Fundazioak iragarri duenez, Takaaki Kajita japoniarra eta Arthur B. MacDonald kanadarrak jasoko dute 2015eko Fisikako Nobel Saria. Bi ikertzaile horien taldeek, bakoitzak bere aldetik, frogatu zuten neutrinoak mota batetik bestera eraldatzen direla, eta, beraz, masa dutela.

Bilioika neutrinoek zeharkatzen gaituzte segundoko. Ia argiaren abiaduran mugitzen dira, eta ia ez dute materiarekin elkarrekintzarik. Espazioko hainbat prozesutan sortzen dira, baina baita gure atmosferan eta Lurrean bertan ere, zentral nuklearretan, kasu; eta gure gorputz barruan ere bai, isotopoak desintegratzean. Fotoien ondoren, unibertsoa bigarren partikula ugariak dira.

Hain ugariak izan arren, ikertzeko zailak izan dira beti neutrinoak. Izan ere, materiarekin elkarrekintzarik ez dutenez, oso zailak dira detektatzeko. Wolfgang Paulik 1930ean iragarri zitueneko, bazuen kezka hori: “Zerbait ikaragarria egin dut; detektatu ezin den partikula bat proposatu dut”.

Horretan ez zuen asmatu Paulik, eta mende-laurden bat geroago detektatu zituzten lehengoak. Baina ezer gutxi jakin zen neutrino iheskorre buruz, mendearen bukaeran detektagailu sofistikatuagoak egin ziren arte. Hain zuzen ere, horietako bi detektagailutan egindako aurkikuntzak saritu ditu aurreko Karolinska Institutuak.

KAMIOKANDE ETA SUBDURY DETEKTAGAILUAK

1996an jarri zuten martxan, Japonian, Super-Kamiokande, lurpean, 1.000 metroko sakoneran dagoen detektagailu erraldoia. Izpi kosmikoek Lurraren atmosferako partikulekin talka egitean sortzen diren neutrinoak detektatzeko gaitasuna zuen. Takaaki Kajitaren taldeak 5.000 neutrino inguru detektatu zituen lehen bi urtetan. Inoiz lortutakoa baino askoz gehiago zen, baina kalkuluen teorikoen ziotena baino gutxiago, hala ere.

Orduan, gauza bitxi batez konturatu ziren. Teorikoki, detektagailuaren bi aldeetatik neutrino kopuru berak iritsi behar zuen; batzuk, zuzenean atmosferatik zetozenak, eta, besteak, planeta

osoa zeharkatuta zetozenak. Baina planeta zeharkatzen zuten gutxiago detektatzen zituzten. Hortik ondorioztatu zuten bide luzeena egiten zuten neutrinoak eraldatu egiten zirela eta, ondorioz, ezin zituztela detektatu.

Izan ere, hiru neutrino mota daude, elektroi-neutrinoak, muoi-neutrinoak eta tau-neutrinoak. Atmosferan sortzen direnak muoi-neutrinoak dira, eta horiek detektatzen dira Super-Kamiokanden. Kajitak 1998an proposatu zuen atmosferan sortzen ziren muoi-neutrino batzuk tau-neutrino bihurtzen zirela bidean. Eta, horrek, beste ondorio garrantzitsu bat zekarren: aldatzen baziren, masa izan behar zuten derrigor. Hala, ordu-ra arte kontrakoa uste zen arren, [masa zutela iradokitzen zuen lehen frog](#)a jarri zuen mahai-gauean Kajitak.

Handik gutxira [baieztatuko zuen](#) Arthur B. MacDonald-en taldeak, Kanadako Sudbury Neutrino Behatokia. 2.000 metroko sakoneran dagoen detektagailu horrek Eguzkitik datozen neutrinoak detektatzen ditu. Baina aukera ematen du bi neurketa desberdin egiteko: elektroi-neutrinoak bakarrik, edo neutrino-mota guztiak batera, baina bakoitzetik zenbat dagoen jakin gabe.

Eguzkian elektroi-neutrinoak bakarrik sortzen dira. Baina, ikusi zuten, bestelako neutrinoak ere iristen direla. Hala, ondorioztatu zuten eguzkitik elektroi-neutrino moduan ateratzen direnetako batzuk muoi-neutrino eta tau-neutrino bilakatzeko zirela.

Bi emaitza horiek ordura arte zegoen jakintza irauli zutela aitortu dute Nobel Fundaziokoek. Hain zuzen ere, fisikako Eredu Estandarra bera ere kolokan jarri zuten, lehenengoz; ere horrek masarik gabeko neutroiak behar baititu. Argi gelditu zen Eredu Estandarra ez dela nahikoa unibertsoaren funtzionamendua guztiz azaltzeko.

Neutrinoek masa badute, beraz, baina oso txikia. Oraindik neurtu ezin izan den arren, elektroi baina milioi bat aldiz txikiagoa dela kalkulatu dute fisikariek. Dena den, hainbeste neutrino dago, ezen guztien artean unibertsoan ikus litezkeen izar guztiek adina pisatzen baitute.



Takaaki Kajita

Japoniar fisikaria, 1959an jaioa. Super-Kamiokande behatokia neutrinoekin egindako esperimentuekin egin zen ezagun. 1986an Tokioko Unibertsitatean doktoratu zen, eta egun Izpi Kosmikoaren Ikerketarako Institutuko zuzendaria da. ARG.: © TAKAAKI KAJITA.



Arthur B. MacDonald

Fisikari kanadarra, 1943an jaioa. Egun, Sudbury-ko Neutrinoen Behatokioko zuzendaria eta Queen-eko Unibertsitatean Partikulen Astrofisikan katedraduna. Aurretik, Chalk Riverko laborategi nuklearretako ikerketa-ofizial modura aritu zen. ARG.: K. MACFARLANE. QUEEN'S UNIVERSITY/SNOLAB.

KIMIKA

**Tomas Lindahl**

Suediar mediku eta biologoa, Cancer Research UK ikerketa-zentroan dihardu lanean. Norvegiako Zientzia eta Letretako Akademiaren kidea da, eta aurretik ere hainbat sari entzutsu irabazitakoa, tartean Royal Society-k 2007an emandako Royal Domina. ARG.: CANCER RESEARCH UK.

**Paul Modrich**

1946an jaioa, New Mexikon. MITen ikasi eta Stanford-eko Unibertsitatean doktoratua. Egun biokimikako irakaslea da Dukeko Unibertsitateko James B. Duke katedran, eta iker-tzailea Howard Hughes Medical Institute-n. ARG.: K. WOLF/AP IMAGES FOR HHMI.

**Aziz Sancar**

Biokimikari eta biologo molekular turkiarra, 1946an jaioa. Turkiako Zientzien Akademian eta Estatu Batuetako Arteen eta Zientzien Akademian ohorezko kidea da. ARG.: M. ENGLUND, UNC-SCHOOL OF MEDICINE.

Tomas Lindahl, Paul Modrich eta Aziz Sancar*“DNA konpontzeko mekanismoen ikertzaileentzat”*

Hiru zatitan banatuko dute aurten Kimikako Nobel Saria. Tomas Lindahl, Paul Modrich eta Aziz Sancar ikertzaileek jasoko dute heren bana, zeluletako DNA konpontzen diharduten mekanismoak aurkitu eta maila molekularrean nola funtzionatzen duten deskribatzeagatik. Hain zuzen, horiek eskaintzen diote egonkortasun kimikoa biziari, eta minbiziaren kontrako terapiak garatzeko oinarria eskaintzen dute.

Egunero, etengabe, zeluletako DNAk asaldurak jasaten ditu ingurutik, dela erradiazio ultramorea, dela erradikal askeen ondorioz, edo DNA eraldatzeko gaitasuna duten beste hainbat substantzien eraginez. Alabaina, asaldura horiei aurre egin, eta, “harrigarriki, bere horretan irauten du DNAk”, nabarmendu du Suediako Zientzien Errege Akademiak. Bada, DNA bere horretan eusten eta informazio genetikoak babesten duten zenbait konponketa-sistemak maila molekularrean nola funtzionatzen duten argitu zutenek jasoko dute [2015eko Kimikako Nobel Saria](#).

1960ko hamarkadaren bukaeran abiatu zuten ikerketa-gai hori. Garai hartan, zientzialariek uste zuten DNA molekula ikaragarri egonkorra zela; belaunaldi bakoitzean mutazioen bat egotea onartzen zuten, eboluziorako ezinbestekoak baitira. Baina informazio genetikoak ezin zuten oso ezegonkorra izan, bestela ezinezkoa izango litzatekeelako bizidun zelulanitzak existitzea.

[Tomas Lindahl](#) doktoretza osteko ikerketan ari zela, RNA-molekulak oso azkar degradatzen zirela ikusi zuen. Horrek pentsarazi zion DNA agian ez zela uste zen bezain egonkorra, eta, esperimentu bidez, uste hori baieztatu zuen. Are gehiago, DNArri kalte egiten zioten faktoreak zenbat ziren ikusita, ondorioztatu zuen sistemaren batek egon behar zuela kalte horiek guztiak konpontzen. Ikerketa-eremu zabal bati ireki zion atea.

HIRU IKERTZAILE, HIRU MEKANISMO

Lindahlek berak mekanismo horietako bat deskubritu eta deskribatu zuen: baseen eszisio bidezko konponketa. DNA-kateko base batean asalduraren bat gertatzen denean, mekanismo molekular bat martxan jartzen da hori konpontzeko: entzima batek, glikosilasak, basea moztu du; beste entzima batzuek nukleotido horren gainerako osagaiak katetik ateratzen dituzte, eta, azkenik, gelditutako hutsunea akatsik gabeko osagaiekin betetzen da. 1996an, in vitro birsortu zuen prozesua.

[Aziz Sancarrek](#) aurkitu zuen zer mekanismo erabiltzen duten zelulek erradiazio ultramorea eragindako kaltea konpontzeko. Nukleotidoen eszisio bidezko konponketan, entzimeko dozena bat nukleotidoko zati bat erauzten dute DNA-katetik, tartean hondatutako nukleotidoak dituen, eta, ondotik, aurrekoan bezala, DNA-polimerasak eta DNA-ligasak hutsunea betetzen dute.

[Paul Modrichek](#), bestalde, DNA erreplikatzan ari denean tarteka gertatzen diren parekatze okerrak konpontzeko mekanismoa deskribatu zuen. Hala, mila aldiz txikitzen da erreplikazioan gertatzen diren akatsen maiztasuna. Entzima-multzo batek hartzen du parte mekanismo horretan ere. Kasu horretan, ordea, DNA-kateetako metilo-taldeei erreparatzen diete. Akatsen bat medio metilatuta egon behar zuen katea ez bada metilatzen DNA kopiatzen ari denean, entzima jakin batzuek identifikatu egiten dute, moztu, eta behar bezala osatzen dute kopia.

Hiru mekanismo horiek baino gehiagok hartzen dute parte DNA konpontzen, eta, baten batek huts egiten duenean, informazio genetikoak aldatzen hasten da, eta handitu egiten da minbizia garatzeko arriskua. Hain zuzen, minbizi-mota askotan, mekanismo horietakoren bat kaltetuta dago. Bada, jakintza horretan oinarrituta, minbiziaren kontrako botika eta tratamenduak garatzen dihardute ikertzaile askok. ●

**EUSKARAZ
ETA ZIENTZIAZ
BLAI**

IMAJINATZEN DUZU EUSKARAZKO HIZTEGIRIK ETA EUSKARAZKO ZIENTZIA-ALBISTERIK GABEKO MUNDURIK? GUK EZ



www.elhuyar.eus

Ultrasoinuz objektu txikiak lebitatzeko teknologia

Milimetro bat baino txikia-goak diren objektuak ultrasoinu hutsez lebitatzen jarri, eta gora eta behera, alderik alde eta buelta emanez ere mugiarazi daitezke, *Nature Communications* aldizkariak argitaratutako [lan baten arabera](#). Ukitu gabe eta urrunetik.

Nafarroako Unibertsitate Publikoan doktore-tesia egiten ari den Asier Marzo da lan horren ikertzaile nagusia. Partikulak lebitatu eta zehaztasun handiz mugiaraztea lortu dute Marzo ingeniari informatikoak eta Bristol eta Sussex-eko Unibertsitateetako haren ki-deek. Horretarako, hainbat bozgorailuren bitartez sinkronizatutako soinu-uhinak igortzen dituen gailua sortu dute.

Trakziozko izpi sonikoa eraiki dute, eta intentsitate handiko soinu-uhinen bidez, holograma akustikoak sortzen dituzte, hau da, eremu akustiko tridimentsionalak.

Holograma horiei itxura desberdinak eman dizkiete —pintzen, tornadoen zein botilen itxura— eta, lehenengo aldiz, partikulak harrrapatu eta mugiaraztea lortu dute haiekin.

Poz handiz hartu zuten ikertzaileek haien lorpena, zientzia- eta ingeniarietza-komunitateak aspalditik liluratu dituen aukera bat izan baita. Azkenaldian hainbeste entzuten ari diren Star Wars eta Star Trek filmeetan bertan jada aipatzen zen ideia hori.

Orain arte, objektuak alde guztietatik inguratzen dituzten bozgorailuen bidez bakarrik lortu izan da lebitazio akustikoa, eta horrek mugimenduaren hedapena mugatzen zuen. Oraingoan, ultrasoinuak alde bakarretik igorri izana da ikerketa honen berrikuntza nagusia, eta ikerketa-bide eta aplikazio berriak ireki ditzake.

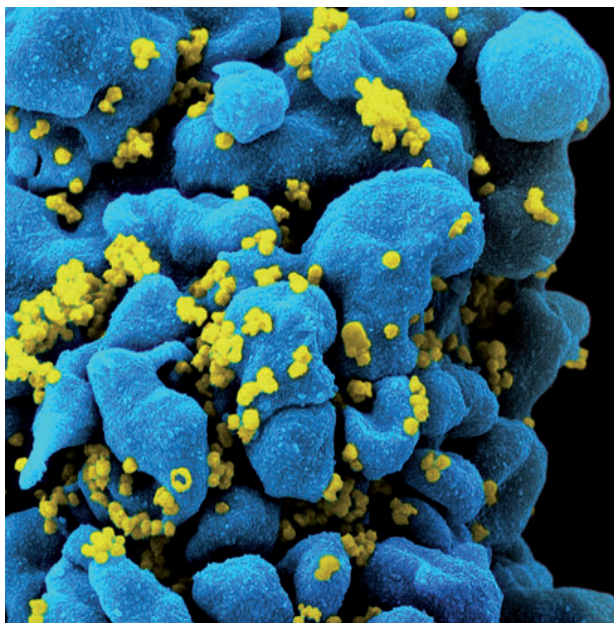
Etorkizunerako aplikazio teknologiko zein mediko in-



Asier Marzo, Nafarroako Unibertsitate Publikoko ikertzailea, lebitazioa eragiteko gailua eskuan duela. ARG.: ASIER MARZO, STUART ROBINSON, BRUCE DRINKWATER ETA SRIRAM SUBRAMANIAN.

teresgarriak ikusten dizkiote ikertzaileek teknologia honi, hala nola objektu delikatuak garraiatzeko eta muntatzeko produkzio-kate industrialak sortzea, kontaktu fisikorik eskatzen ez dutenak. Bestetik, ultrasoinu horiek airean,

uretan zein ehun biologikoe-tan erabil daitezkeenez, giza gorputzean partikulak manipulatuta eta botika espezifikoak zehaztasun handiz garraiatzeko aukera ere eman dezaketela aipatu dute. ●



GIB birusak (horiz) giza zelula bat infektatzen. ARG.: NIH.

Hiesaren birus latenteen aurkako antigorputz bat sortu dute

Hiesaren birus latenteekin infektatutako zelulak deuseztatze modu berri bat aurkeztu dute ikertzaile estatubatuar batzuek, [Nature Communications](#) aldizkarian.

Antirretobiralekin hiesa tratatzea bizi osorako terapia da, neurri handi batean, zelula batzuetan birus latenteak ezkutuan gelditzen direlako. Izan ere, birus horiek ikusezina dira immunitate-sistemarentzat eta antirretobiralen-tzat. Beraz, birus-gordailu horiek deuseztatzea, pausu garrantzitsua litzateke hiesa erabat sendatzeko bidean.

Orain sortu duten antigorputzak birus latente horiek aktibatzen ditu, eta, aldi berean, immunitate-sistemako T zelulak bideratzen ditu zelula horiek deuseztatzerako. Birus latenteekin infektatutako zelulek GIBaren proteina batzuk ekoiztea eragiten du antigorputz berriak, eta hala, immunitate-zelulentzat detektagarri bihurtzen ditu zelula horiek.

Hiesa duten gaixoei erazutako zelulekin egin dituzte esperimentuak; eta tximinoetan frogatu dute tratamendu segurua dela, beraz, saio klinikoetan probatzea izango litzateke hurrengo pausoa. ●



etorkizuna.eus

±18 Presta Ezazu Zure Etorkizuna aldizkaria

Duela 80.000 urteko *Homo sapiens* baten arrastoak topatu dituzte Txinan

Afrikatik uste baino lehenago atera eta lehenik ekialdera hedatu zela ondorioztatu dute

47 hortzek eman dute arrastoa. Txinako hegoe-ekialdeko Fuyan izeneko kobazulo batean aurkitu zituzten, Daoxianen. 120.000-80.000 urte dituzte, eta, anatomikoki, gizaki modernoarenak direla baieztatu dute, Goi Pleistozenoko gizakienak baino txikiagoak, eta gaur egungoenen oso antzekoak. Hortik ondorioztatu dute *Homo sapiens* gizakia orain arte uste zutena baino lehenago atera zela Afrikatik, eta Asia aldera hedatu zela lehenik.

Txinako ikertzaileek gida-tuta, nazioarteko lantalde batek egin du ikerketa; tartean, Atapuercako [Maria Martinon Torres](#) hortzetan adituak eta Jose María Bermudez de Castrok. [Nature aldizkarian argitaratu dituzte emaitzak](#), eta, haien

arabera, ez dago zalantzarik: hortzak gizaki modernoarenak dira, *Homo sapiens*-arenak. Horrek, hankaz gora jarri du gure espeziearen hedapenari buruzko hipotesi nagusia.

Izan ere, orain arte, Afrikatik kanpo aurkitutako gure espeziaren fosilak Ekialde Hurbilean eta Europen agertu dira, eta, asko jota, 60.000-50.000 urte zituzten. Horrenbestez, hipotesi nagusia izan da gure espeziea Afrikan sortu zela, eta duela 50.000 urte inguru Europa aldera migratu zuela. Izatekotan, zalantza zuten Ekialde Hurbileko 90.000 urteko aztarna batzuekin (Skhul eta Qafzeh aztarnategietakoak), baina hortz haiek gizaki modernoarenak baino primitiboagoak dira.

Orain Txinaren hego-ekialdean aurkitu dituzten hortzak, ordea, gureen modukoak dira. Hamahiru banakoenak dira, eta haiekin batera ez dute ez beste giza fosilik ez tresneriarik topatu, bai, ordea, zenbait animalia-espeziaren hezur fosilizatuak. Hortzak ez dituzte zuzenean datatzerik izan, baina, gainerako elementuak aintzat hartuta, 120.000-80.000 urte dituztela kalkulatu dute. Adibidez, haien gainean hazitako estalagmita batek 80.000 urte ditu. Hortaz, ez dute zalantzarik *Homo sapiens*-a ordurako Ekialde Urrunera iritsia zela; Mediterraneoren ekialdera eta Europara baino 30.000 urte lehenago, gutxi gorabehera.

Artikuluari, neandertalak eta denisovarrak ere aipatzen dituzte, baita lehen gi-

zaki moderno haiekin izan zezaketen harremana ere. Ikertzaileek iradoki dute-nez, litekeena da haiek etorri berriak baino hobeto egokituta egotea Europaren mendebaldeko eta iparraldeko kondizioetara, eta haiek bultzatuta joatea hegoaldera eta ekialdera. Gero, klima aldatzearekin batera, gizaki modernoak lurralde guztietara hedatu ziren, eta beste taldeak desagertu egin ziren.

Ikerketak, gure espeziaren historiari buruzko alderdi batzuk argitu baditu ere, beste galdera asko sortu ditu. Hala, ikertzaileek itxaropena dute datozen urteetan galdera horiei erantzuteko lagungarriak izango diren arrasto gehiago topatuko dituztela. ●



Fuyan kobazuloan aurkitutako giza hortzak, duela 120.000-80.000 urtekoak. ARG.: S. XING ETA X.-J. WU/NATURE.

ORAIN

Kontzentrazioa lantzeko erlaxazio ariketak

MARINA PINTOS



Marina Pintos piano eta yoga irakaslea da disko honen egilea. Esperientzia zabala du ikasleei zein irakasleei kontzentrazio-erlaxazio ikastaroak ematen, eta bi hamarkada hauetan hutsune nabarmen bat sentitu du: euskarazko ariketa grabatuen falta, hezitzaileek ikastaro horiei jarraipena eman ahal izateko. Marinak berak sortu ditu disko honetako kontzentrazio-erlaxazio ariketak, eta musika zein ahotsa ere bereak dira.

Informazioa eta
diskoa eskatzeko:

www.hikhasi.eus helbidean

Arlanpeko Dama, Paleolitoko artearen adibide bakana, argitara

Arlanpeko kobazuloan (Lemoa, Bizkaia) emakume-itxurako grabatuak dituen harri handi bat aurkitu dutela jakinarazi dute. Grabatuak duela 17.500 urte ingurukoak dira, eta haietako bat osorik dago. Aurkikuntza aparta da, orain arte ez baitute horrelakorik topatu penintsulan. Hala, era horretako artearen banaketa geografikoa eta kronologia osatzeko gakotzat jo dute. Joseba Rios Garaizarrek zuzendu du ikerketa-taldea, eta [Oxford Journal of Archaeology aldizkarian eman dute aurkikuntzaren berri](#).

Grabatuak dituen kare-harritzko blokea 2011n aurkitu zuten. Riosen hitzetan, "izugarritzko emozioa" sentitu zuten, eta Arlanpeko Dama deitu zioten. Anbotoko Damari keinu eginez: "hura bezala, milaka urtetan egon baita kobazuloan".

Zailena "harri koxkor hura" haitzulotik jaistea izan omen zen, 70 kilo inguru baititu. Emakume-itxurako grabatu eskematikoak arroka baten bi aldetan agertzen dira. Irudietako bitan lehen marrak bakarrik ikusten badira ere, beste bat oso-osorik dago. Enborra, besoak, hankak eta burua ageri ditu, eta estiloak bat egiten du Europaren erdialdean eta Frantzia aurkitutako antzeko grabatuekin. Magdaleniar garaikoak dira, eta Gönnersdorf-Lalinde izeneko tipokoak. Horrek batasun kulturala adieraziko luke.

Arlanpeko irudiek, gainera, badute berezitasun bat: Gönnersdorf-Lalinde tipoko irudi zaharrenetakoak dira; hain zuzen, Gönnersdorf-ekoak baino 1.000 urte inguru zaharragoak dira. Ikertzaileen arabera, horrek, batetik, grabatu-mota hori uste zutena baino antzinakoagoa dela erakusten du; eta, bestetik, Europaren hego-mendebaldean sortu zela eta, gero, azken glaziazioaren amaieran populazioak iparraldera migratzean, hedatu zela dioen hipotesia indartzen du.

Bestalde, grabatuek izan zezaketen funtzioa edo esanahia ere aipatzen dute. Haien esanean, ustez ehizaleku zen toki batean arroka grabatu bat egotea ez da azaltzen erraza, baina baliteke espazio erritual bat sortu nahi izatearekin lotuta egotea. Hain justu, azalpen bera proposatzen dute Kantauriko beste leku batzuetarako ere.

Riosekin batera, Bilboko Arkeologia Museoko, Tolosako Unibertsitateko eta Ikerbasqueko ikertzaileak aritu dira lanean; tartean dira, adibidez, Diego Garate eta Asier Gomez-Olivencia. Giza Eboluzioaren Espainiako Ikerketa Zentroak zuzendu du ikerketa (CENIEH), eta Bizkaiko Foru Aldundiaren, Eusko Jaurlaritzaren eta Barandiaran Fundazioaren laguntza jaso du. ●

Txernobyl inguruan animalia basatiak ugaritzen ari direla frogatu dute

Txernobylgo zentral nuklearraren hondamendia gertatu zenetik ia 30 urte bete direnean, erradioaktibitateak kutsatutako eremuan ugaztun handiak ugaritzen ari direla frogatu du epe luzeko ikerketa batek. Are gehiago: espezieetako batzuk hondamendiaren aurretik baino ugariagoak dira gaur egun. Portsmouth Unibertsitateko Jim Smith ikertzaileak gidatu du lana, eta [Current Biology aldizkarian argitaratu du artikulua](#).

Istripu nuklearrak kutsatutako eremua erradioaktibitatearen ondorioak ikertzeko laborategi bihurtu da. Hala, espezie askotan erradioaktibitateak duen eragin kaltegarria erakutsi dute hainbat ikerketek, besteak beste, hegaztietan, arrainetan, intsektuetan eta araknidoetan.

Orain argitaratutako ikerketan, ordea, Bielorrusiako kutsatutako eremuan bizi diren ugaztun handiei erreparatu diete. Animalia-kopurua kalkulatzeko, bi metodo erabili dituzte: batetik, 1987tik 1996ra, neguan helikopteroz egindako zenbaketa zuzenak; eta, bestetik, 2008tik 2010era, animaliek elurretan utzitako aztarnei jarraituz egindako neurketak. Gero, Bielorrusiako kutsatu gabeko beste eremu batzuetan antzeko metodoekin lortutako emaitzekin alderatu dituzte kopuruak.

Horrela, egiaztatu dute, kutsatutako eremuan, altzeen, orein arrunten eta basurdeen populazioak nabarmen handitu direla 1987tik. Oreinen kopurua, adibidez, 10 aldiz handitu da 1996tik. Otsoen dentsitatea, berriz, alderatutako eremuetan baino 7 aldiz handiagoa dela ikusi dute. Ikertzaileen arabera, ehiza debekatuta egoteak azaltzen du alde hori.

Horrez gain, animalien dentsitatea lur-zoruaren erradioaktibitate-mailarekin erlazionatuta ote dagoen begiratu dute ikertzaileek, eta ezetz ondorioztatu dute. Haien esanean, emaitzek iradokitzen dute giza jarduerak (nekazaritzak, ehizak, basozaintzak...) ugaztun handiei kalte handiagoa egiten ziela erradioaktibitate kronikoak baino. ●



Irudietako baten argazkia eta kopia. ARG.: DIEGO GARATE.



OSTAIZKA AIZPURUA ARRIETA

Zoologoa

“Horrelako erakunde batek gai izan beharko luke irtenbide egokia eskaintzeko”

ANA GALARRAGA AIESTARAN
Elhuyar Zientzia

Emakumezko ikertzaileek beren ibilbide profesionala garatzeko topatzen dituzten zailtasun eta oztopoen adibidetzat jo daiteke Ostaizka Aizpurua Arrietari gertatutakoa. Hala ere, lasai kontatzen du, uste osoa baitu egin duen eskaera guztiz zentzuzkoa dela eta erantzuna jasotzeko eskubidea duela.

Orain dela gutxi arte, dena “normal” joan da. EHUn tesia egin ondoren, doktoratu ondoko ikertzaile gisa garatzeko aukera izan zuen, “tesian zehar erantzun gabe gelditu ziren galderei erantzuna bilatzeko asmoarekin”. Eta oraindik ere horretan dabil.

Kontratua urtebetekoa denez, zer egin zezakeen begiratzan hasi zen. Argi zuen iker-tzen jarraitu nahi zuela. “Europako doktoratu ondoko ikertzaile izateko European ematen diren bekak bi urterako dira, eta atzerrian izan behar dute. Eusko Jaurlaritzak, baina, baditu beste batzuk, eta horiekin bi urte ematen dituzu kanpoan, eta hirugarrena egiteko itzuli egiten zara. Hala, hori aukeratu nuen. Hain justu, Kopenhageko Historia Naturaleko Museora joatea erabaki nuen, hango ikerketa-zentroa aurreratuenetakoa baita Europa osoan. Gainera, orain arte ibili naizen esparrua pixka bat zabaltzeko aukera emango lidake”.

Zehaztu duenez, saguzar hatz-luzearekin jarraituko luke, baina orain arte alderdi ekologikoak eta sentesorialak ikertu ditu, eta han mikrobiomika eta elikatze-fisiologia aztertuko lituzke. Horretarako, zentroko zuzendariaren oniritzia ere jaso du. Beraz, alde horretatik ez zegoen inolako arazorik.

Europako beka bat eskatzeaz gain, Eusko Jaurlaritzarena ere eskatu zuen. Horretarako aurkeztu behar diren dokumentuak entregatu zituen, tartean, Kopenhageko zuzendariaren datuak, ikerketa-proiektua eta curriculum. “Hori ebaluatu ostean, adituek elkarriketa bat egiten dizute, proiektuaren inguruan dituzten zalantzak argitzeko. Eta Eusko Jaurlaritzak egun eta ordu bat jartzen dizkizu elkarriketarako”.

IRTENBIDERIK EZ

Elkarriketa hori garrantzitsua dela azaldu du Aizpurua; izan ere, emandako hitzordura ez agertzeak beka galtzea ekarriko luke. Horren jakitun, eta haurdun dagoenez eta erditzea elkarriketa jarri behar zioten garai bertsuan izango zela iragarri

Ostaizka Aizpurua Arrieta (Zarautz, 1986). EHUn Biologian lizentziatu ondoren, saguzar hatz-luzearen arrantza-portaeraren inguruan sakontzen hasi zen. Bristoleko eta Kopenhageko unibertsitateetan egonaldia eginda, iaz defendatu zuen saguzar horri buruzko doktore-tesia EHUn, Inazio Garinen eta Joxerra Aihartzaren gidaritzapean. Aurtun, [“Arrantzele bihurtu zen ehiztari hegalariaen istorioa”](#) lanarekin, CAF-Elhuyar saria irabazi du, egilearen doktore-tesian oinarritutako dibulgazio-artikuluaren kategorian. Tesia bukatu zuenetik, ikertzaile-lanetan dabil, EHUn.

UPV/EHU Kultura Zientifikoko Katedrarekin lankidetzan egindako atala.



ARG.: IÑIGO IBAÑEZ

ziotenez, Eusko Jaurlaritzara idatzi zuen, jakiteko zer egin zezakeen biak egun berean egokituz gero. “Sentitzen zutela, baina ezin zutela ezer egin esan zidaten. Alegia, ez banintzen elkarriketara agindutako egunean eta orduan agertzen, beka-deialditik kanpo geratuko nintzela”. Hori izan zen Aizpurua jasotako erantzuna. “Baliteke elkarriketa-eguna eman eta astebetera jaiotzea haurra, baina momentu horretan konturatu nintzen hor zerbait zegoela, eta zerbait larria”.

Aizpurua ustez, Eusko Jaurlaritza ez da gai izan salbuespen-egoera batean zuzen erantzuteko. “Horrelako erakunde batek gai izan beharko luke, ez bakarrik ondo erantzuteko, baizik eta irtenbide egokia eskaintzeko. Eta ez da ez baterako ez besterako gauza izan”.

Horren aurrean, prentsara gutun bat bidali zuen, bere egoeraren berri ematen. Han azaldu zuen administrazioak zientzian emakumeek duten egoera hobetu behar dela predikatzen duela, baina egunerokoan horrelako oztopoak izaten dituztela. Eta kexu da horregatik: “Anuk txikia egun gutxi barru jaioko da, eta, tristeza bada ere, bere amaren hiru urteko lanpostua, eta, agian, baita karrera zientifikoa ere, hura amaren tripatik noiz irtengoden menpe dago”.



MARIA JESUS ESTEBAN GALARZA

Matematikaria

ARGAZKIAK: MONIKA DEL VALLE/© ARGAZKI PRESS

ANA GALARRAGA AIESTARAN
Elhuyar Zientzia

“Teoria matematiko
berriak aurkitu behar dira erronka
berriei aurre egin ahal izateko”

Paristik erantzun die galderei Maria Jesus Estebanek. Izan ere, tarteka jaioterrira etortzen bada ere, han egiten du lan, Matematika Aplikatuen CEREMADE ikerketa-zentroan.

Ikertzaile ez ezik, arloko zenbait erakunde eta batzorderen ordezkari ere izan da, eta da.

Matematikaria izan arren, zenbakiak aldatu eta egunak 24 ordu baino gehiagokoak izatea beharko lukeen horietakoa da, beraz.

ICIAM Matematika Industrial eta Aplikaturako Nazioarteko Kontseiluko lehendakari berria zaitugunez, lehenik, zorionak eman beharko. Zer ardura eta lan ekarriko dizkizu izendapenak?

Mila esker. Honelako kargu batek eginbehar ugari sortzen ditu, eta mota askotakoak. ICIAMek lau urtetik behin kongresu handi bat antolatzen du, lau mila partaideekin gutxi gora behera. Kongresu horretan bost sari garrantzizkoak ematen dira, eta sari horiek erabakitzen dituzten batzordeak antolatu behar dira.

Hauek dira ICIAMek egiten dituen gauza handiak, baina, horrez gain, eguneroko lana egin behar da, batzarrak eta batzordeak antolatu, kontseiluaren kideak diren herri askotako elkarteekin jardun, gure aldizkaria argitaratu (urtean lau aldiz) eta abar. Hau da barruko lana, baina gero parte hartu behar dut nazioarteko batzorde eta batzar internacional askotan, gure komunitatearen izenean.

Zure lehendakaritzaren hasieran, zein dira zure ametsak datozen lau urteetarako?

Orain arte ICIAMek egin duena ondo egin, noski, baina baita erakundeari ikusgarritasun gehiago ematea ere, gure lana baliagarriagoa izan dadin.

MARIA JESUS ESTEBAN GALARZA



Alonsotegin (Bizkaia) jaioa da, baina urteak daramatza Parisen. Hain zuzen, EHUn lizentziatu zen Matematikan, eta aitzindari izan zen euskara erabiltzen arlo horretan. Segidan, Parisera joan zen, eta han egin zuen doktore-tesia. 1981etik, Frantziako Ikerketa Zentroko ikertzaile da, eta Europako Matematika Elkarteko Matematika Aplikatuaren Batzordeko buru izan da. Izendapen ugari jaso ditu; azkenetakoa, *honoris causa* doktore, EHUKo Gobernu Kontseiluaren eskutik. Duela gutxi, berriz, ICIAM Matematika Industrial eta Aplikaturako Nazioarteko Kontseiluko lehendakari izendatu dute.

Azken urteetan oso inplikaturata ibili naiz matematika industrialaren taldeak antolatzen Europa osoan. Matematikari batzuek, ez behar bezain beste, baina bai nahikoak, industriak eta gizarteak dauzkan hainbat erronka eta problema ebazteko laguntzen dute, era nabarmenean. Teknologia berri askok matematika eta matematikarien lana behar dute halabeharrez. Eta lan hori antolatzen, dokumentuak prestatzen, komunitatea egituratzen ibili gara, lankide europar batzuekin batera. Hori nazioarte-mailara eramatea gustatuko litzaidake, eta ICIAMen lehendakaritzak aukera hori emango dit.

Zure ibilbidean, beste erakunde batzuen buru ere izan zara. Ez dator oso bat matematikari edo zientzialari bakartiaren irudierekin.

Matematikariak ez dira denak bakartiak! Asko gara taldean lan egiten dugunak eta gizarteari eta komunitateari begira konpromisoak hartzen ditugunak. Horretan ez naiz salbuespen bat, beste asko dira ni bezalakoak.



“Beti gustatu zait problema zehatz bati erantzuna aurkitzeko behar den ikuspegi matematikoaz aritzea”

CEREMADen ari zara lanean. Zertan zehazki? Zein da zure ikerketa-ildoa?

Nire gai nagusiak ekuazio diferentzial ez linealak eta fisika matematikoa dira. Gai hauek oso zabalak dira, eta balio handia dute fisika eta kimika kuantikoaren hainbat problema ebazteko. Beraz, hortik aplikazio zehatzak etor daitezke. Nire lan gehienak teorikoak dira, baina lan batzuetan praktikan garrantzitsuak izan daitezkeen algoritmoak proposatu eta aztertu izan ditut.

Adibideren bat emango zeniguke?

Bada, adibidez, fisika eta kimika kuantiko erlatibistako atomo eta molekulen arteko loturak aztertzeke egin behar diren kalkuluak egiteko algoritmoak proposatu eta aztertu izan ditut.

Materiaren ezaugarriak ikasteko garrantzizkoa da, batez ere atomo astunen kasuan. Nire lan hauek ez dira argitaratu matematikako aldizkarietan, fisika eta kimikako aldizkarietan baino, beste arlo horietan interesgarriak zirelako.

Aplikazioari bideratuta egiten duzu lan. Gustatzen zaizu ikustea egiten duzunak baduela aplikazio zuzena?

Nire tesiaren zuzendaria oso interesatuta zegoen matematikaren aplikazioan, eta harengatik, lanean hasi nintzenetik, bide horretan aritu izan naiz. Gero, nire bilakaera pertsonala eduki dut gaiak aukeratzen eta lankideak topatzen, baina beti bide horretatik joan izan naiz. Beti gustatu zait problema zehatz bati erantzuna aurkitzeko behar den ikuspegi matematikoaz aritzea.

Zure iritziz, errazagoa da gizarteak edo erakunde publikoek diru-laguntza publikoak bideratzea zientzia aplikatuari, teorikoari baino? Alegia, zuen ikerketek finantziazioa errazago lortzen dute teorikoak baino?

Zientzia izan daiteke bakarrik aplikatua. Zientziak bi adar ditu, oinarritzkoa eta aplikatua. Eta aplikazioak egiteko lan teorikoa ere egin behar da. Biak doaz elkarrekin. Egia da azken urteetan Europa mailan eta herri batzuetan ere diru laguntza gehienak gai aplikatuei ematen zaizkiela batez ere. Nire ustez, hori jarrera desegokia da, zeren eta momentu batean teorikoki eginda dagoena aplikatu badaiteke ere, ezin da hori beti egin.

Teoria berriak, metodo berriak aurkitu behar dira erronka berriei aurre egin ahal izateko. Nik behin eta berriz errepikatzen dut hori, oinarritzko zientziari eman behar zaiola dirua ondo funtzionatzeko. Teknologia berriek garapen teorikoen beharra daukate, eta politikariek ez dute hori beti ulertzen.

Noiz utziko diogu teorikoa/aplikatua kontraktatzat hartzeari?

Noiz? Tolerantzia eta elkar-ulertze handiagoa izanda-koan batzuek besteekiko. Gaur egun matematikari teoriko batzuek (askok?) matematika aplikatua errazagoa dela pentsatzen dute; bigarren mailakoa omen. Hori ez da egia, noski, baina hala pentsatzen dutenak gogorrak izaten dira, batzorde batean euren iritzia eman behar dutenean matematikari aplikatuei buruz. Aldiz, matematikari aplikatu batzuek pentsatzen dute teoriko askok egiten dutenak ez duela ezertarako balio. Eta hau ere ez da beti egia. Ikerkuntzan dagoen gauza on bat da

zientzialariok gure gaiak aukeratzeko dugun askatasuna. Beraz errespetatu behar dugu besteek egiten dutena, eta onartu. Eta zabaltasunez hartu besteen ikuspegia.

“Teknologia berriek garapen teorikoen beharra daukate, eta politikariek ez dute hori beti ulertzen”

Zein da zure hurrengo erronka ikerketa-arloan?

Nik nire lan egitasmoa daukat, eta problema matematiko batzuei aurre egin beharra. Horiekin amaitzea eta nire azken emaitzak arlo aplikatuago batera eramatea gustatuko litzaidake. Azken urteetan ikasi ditudan ekuazioen ebazpenen simetria-propietateak aztertu ditut, eta, duela gutxi, baita oso emaitza onak lortu ere. Lan hori nahiko teorikoa izan da. Orain, nire lankideekin sortu ditugun metodoak eta ideiak beste problema batzuetara aplikatzea gustatuko litzaidake, problema zehatzagoetara.

Bukatzeko, jakiundeko kide ere izendatuko zaituzte. Nola hartu duzu izendapena?

Poz handiz, noski. Ohore handia da Jakiunde bezalako erakunde ospetsuan sartzea, eta nola ez, Euskal Herrikoa izanda, plazer bikoitza!●

gure artean 
euskaraz

Euskara airean dago: egunerokoaren txoko guztietara zabaldu da, eta nahi duguna adierazteko eta lortzeko erabil dezakegu. Egin dezagun hegaz euskararekin eta euskaraz lagunekin, kideekin, neska-mutil berezi horrekin... noranahi heltzeko. Geure modura.



Ajerik gabe zahartzea helburu

EGOITZ ETXEBESTE ADURIZ
Elhuyar Zientzia

Kardiologoarenera orain, traumatologoa gero, neurologoa, onkologoa... Zenbat eta zaharrago, ajeak ugariago, medikutura maizago, eta botikina beteago. Baina, baliteke aje guztien kontrako erremedio bat egotea: zahartzeari aurre egitea. Gero eta indar handiagoa ari da hartzen ikuspuntu hori, eta lehen saio klinikoak dagoeneko martxan daude.

Proiektzio demografikoen arabera, 2020rako bost europarretik batek 65 urtetik gora izango ditu. Gero eta zaharragoak gara, baina zahartzaroko bizitza-kalitatea ez da neurri berean hobetu. “Osasuntsu zahartzea erronka da oraindik, askoz gehiago igo delako biziraupena, baldintza ego-kietan eta autonomiarekin daukagun biziraupena baino” dio Jon Irazusta EHUko ikertzaileak.

Horregatik, azken urteetan gero eta gehiago ari dira ikertzen zein diren zahartzearen gakoak. “Zahartzea eta zahartzearekin lotutako sindromeak oraintxe asko ikertzen ari den kontua da” dio Ander Matheu BioDonostia Osasun Ikerketa Institutuko ikertzaileak. “Orain arte gaixotasunak ikertu dira, bakoitza bere aldetik: minbizia, alzheimerra, parkinsona...; baina zahartzea bera prozesu bezala ikertzea azken urteetako kontua da”.

Askok ari dira ikertzen, eta baita aurreratzen ere. “Nire ustez, azken urteetako aurrerapen azpimarragarrienetako bat da zahartzea iragartzen duten sindrome batzuk oso ongi zehazten hasi garela; esaterako, ahultasuna eta sarkopenia”, azaldu du Matheuk. Sarkopenia muskuluaren endekapena da; eta ahultasuna, berriz, osasun-egoeraren adierazle zabalago bat, endekapen fisikoaz gain, kognitiboa ere kontuan hartzen due-

na. “Horien bidez zahartzea neur daiteke. Alegia, pertsona bat, duen adina duela, zenbateraino den zaharra neur daiteke. Hori oso garrantzitsua da; izan ere, kontuan izan behar da endekapen-maila altuagoa duten pertsonen arrisku handiagoa dutela gaixotasunak izateko. Horregatik, ikuspuntu klinikotik garrantzitsua da”.

Beste aurrerapen bat ere azpimarratzen du Matheuk: “zahartzearen kausa edo marka zehatz batzuk identifikatu direla”. Hamar prozesu biologiko dira; tartean, telomeroak laburtzea, zelula amak agortzea, zelulen arteko komunikazio-arazoak eta seneszentzia zelularra. “Badakigu prozesu horiek zahartzearekin batera gertatzen direla eta, kasu gehienetan, ez direla ondorio, kausa baizik. Prozesu horiek aztertuta identifikatu dezakegu zelula baten egoera, eta hobeto ulertu dezakegu zelulak nola zahartzen diren. Gero horrek ehunak zahartzea eragiten du, eta, azkenik, organismo osoa”.

Hamar prozesu horien arteko elkarrekintzak asko izan daitezke, eta oso konplexua da ikeritzeko. Baina Matheuk argi du: “prozesu horiek ikertzen jarri behar dugu indarra etorkizunean, zahartzea atzeratzeko tratamendu farmakologiko edo terapia posibleak bilatzeko”.



ARG.: © MARCELA JIROUSOVA/123RF

ZELULAK HILTZEN EZ DIRENEAN

Prozesu horietako bat seneszentzia zelularra da. Zelula batzuk, beren bizi-zikloaren amaierara iristean, edo hainbat arrazoiengatik kaltetzen direnean, hil beharrean seneszentzia-egoeran gelditzen dira. Eta pertsona zahartu ahala, ugariagoak dira egoera horretan dauden zelulak. Orain urte gutxi arte, zelula horiek zer egiten zuten oso argi ez bazegoen ere, orain badakigu paper garrantzitsua betetzen dutela zahartzean.

Besteak beste, hantura eragiten duten hainbat proteina eta konposatu jariatzen dituzte. Zahartzean, zelula seneszentek pilatu ahala, hantura hori kroniko bihur daiteke. Eta hanturarekin lotura estua dute zahartzearekin lotutako gaitz gehienek. Beraz, seneszentzia-egoeran dauden zelula horiek erasotzea izan liteke zahartzea atzeratzeko estrategia bat.

Aukera bat da zelula seneszenteen jario toxikoa etetea. Hori lor daiteke rapamizinarekin, organo-transplanteetan errefusa saihesteko erabiltzen den botikarekin. Gainera, ikusi da rapamizinak saguen bizia % 10 luzatzen duela. Arazoa da rapamizinak immunitate-sistema ahultzen duela (horregatik erabiltzen da transplanteetan) eta, beraz, gaixotzeko arriskua handitzen dela.

Hala, aukera seguruagoak bilatzen ari dira. Berriki, Novartis Institutuko (Massachusetts, AEB) ikertzaileek [aurkitu dute](#) rapamizinarekin antzeko konposatu bat, immunitate-sistema ahuldu ez, indartu egiten duena.

“Zahartzearen kausa edo marka diren 10 prozesu biologiko identifikatu dira”

Bestetik, Mayo Klinikako (Minnesota, AEB) ikertzaileek abuztuan [argitaratu zuten](#) minbiziaren kontrako bi botikak zelula seneszentek suntsitzen zituztela. Eta saguekin egindako esperimentuetan ikusi zuten nabarmen atzeratzen dutela zahartzea. Orain tximuetan probatzen ari dira.

OREKAREN GARRANTZIA

Dena den, ez dago hain argi seneszentzia erasotzea estrategia ona den, zelula horiek beste funtzio batzuk ere izan baititzakete. “Seneszentzia onuragarria da; besteak beste, minbiziaren kontrako defentsa-mekanismo garrantzitsuenetako bat da.”

Espezialistaz espezialista joan beharrean, orain kardiologoarenara, gero neurologoarenara, gero traumatologoarenara... aukera bat izan liteke zahartzea ikuspegi integral batetik tratatzea.

ARG.: ©DOLLARPHOTOCUB/ALEXANDER RATHS.



“Animaliekin egindako esperimentuek erakusten dute animalia zaharrei gazteen odola sartzean gaztetu egiten direla”

ko bat da” argitu du Matheuk. Eta, gehiago dio: “guk frogatu dugu seneszentzia modu kontrolatu batean aktibatzea lortzen bada, onuragarria dela zahartzearentzat ere”.

“Antzeko zerbait gertatzen da beste prozesu batzuekin; adibidez, telomeroekin” jarraitu du Matheuk. Telomeroak kromosomen muturretan dauden egitura batzuk dira, kromosomak degradatetik babesten dituztenak. Telomeroak laburtzeak lotura estua du zahartzearekin, beraz pentsa liteke hori saihestea izan litekeela estrategia bat. Esaterako, telomeroak mantentzen dituen telomerasa entzimaren jarduera handitu daiteke horretarako. Alabaina, “ikusi da telomerasaren gehiegizko jarduera minbiziarekin lotuta dagoela”, dio Matheuk. “Beraz, beti oreka bilatu beharra dago”.

Azken boladan hautsak harrotu dituen beste estrategia bat odol gaztearena da. Aspalditik datarren kontua da, eta mitotik ere asko izan duen arren, animaliekin egindako esperimentuek erakusten dute animalia zaharrei gazteen odola sartzean gaztetu egiten direla, nolabait.

2013an Harvard Unibertsitateko ikertzaile-talde batek [ikusi zuen](#) odoleko GDF11 proteinak zerikusi handia izan dezakeela efektu horretan. Batetik, ikusi zuten zahartu ahala odoleko GDF11 proteina-kopuruak behera egiten duela; eta,

bestetik, proteina hori sagu zaharren bihotzeko muskuluetan txertatuta, muskulua gaztetu egiten dela (punpatzeko gaitasuna handitzen zen). Horrez gain, iaz argitaratutako [beste bi](#) lanetan erakutsi zuten GDF11-k garunean odol-hodi eta neurona berriak sortzea eragiten duela, eta zelula amak kaltetutako muskulu eskeletikoa leheneratzera bultzatzen dituela. “Ebidentziak daude odol gaztea onuragarria dela —baieztatu du Matheuk—, eta garrantzitsuena da GDF11 bezalako faktoreak oso erakargarriak direla zahartzea atzeratzeko itu gisa”.

ZAHARTZEAREN KONTRAKO PILULAREN BILA

“Badira botika edo substantzia batzuk, esaterako, metformina, rapamizina eta resveratrola, zahartzea atzeratzen dutenak, animalia ereduetan ikusi denez” dio Matheuk. “Orain hurrengo pausoa gizakietara pasatzea da”. Izatez, pauso hori ematen hasiak dira; dagoeneko gazteen odol-plasmak alzheimerre duten gaixoetan zer eragin duen ikusteko saio kliniko bat egiten ari dira Stanforden, alzheimerre jotako 18 pertsonarekin.

Eta Estatu Batuetako FDA (Food and Drugs Administration) erakundeak argi berdea eman dio beste saio kliniko bati, diabetesa tratatzeko erabiltzen den botika batek, metforminak, zahartzea atzeratzeko balio ote duen ikertzeko. 60 urtetik gora dira metformina diabetesa trata-

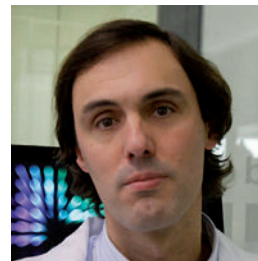
tzeko erabiltzen dela. Zizareetan eta saguetan bizitza luzatzen duela ikusi da, eta botika horrekin tratatutako diabetikoen datuek [iradokitzen dute](#) bihotz-gaixotasunak, minbizia, endekapen kognitiboa eta heriotza bera atzeratu ditzakeela. Horregatik, mediku eta ikertzaile-talde batek saio-kliniko hori jarri nahi dute martxan, 70-80 urteko 3.000 pertsonarekin.

Ekimen horiek kontuan hartuta, oraindik zein fasetan gauden azpimarratzen du Matheuk: “zahartzea tratatzeko lehen saio klinikoak planteatzen ari gara. Minbiziarekin edo parkinsonarekin, berriaz, urteak daramatzagu horretan”. Edonola ere, zahartzea atzeratzeko estrategiak bilatzea lehentasun bilakatzen ari da. “Izan ere, zahartzea tratatzeko eta atzeratzeko gai izanez gero, gainerako gaixotasunak murriztea lortuko litzateke. Zahartzea da gaixotasunak izateko arriskua gehien handitzen duena”.

AJEAK BEHARREAN, ZAHARTZEA TRATATU

Gaitz bakoitza bere aldetik tratatu beharrean, zahartzea bera tratatzea da, beraz, joera berria. EHUKo Jon Irazustaren ustez ere, “oso egokia da ikuspuntu hori, askotan pertsona nagusiak pluripatologikoak izaten direlako. Orduan, joan beharrean espezialistaz espezialista, batean onkologoarenera, bestean kardiologoarenera, bestean neurologoarenera, eta bakoitzak bere ikuspegia eta tratamendua eman, oso egokia litzateke zahartzea ikuspegi integral batetik tratatzea. Derrigorrezkoa da”. Gainera, pluripatologikak polimedikazioa dakar. “Zaharrek farmako pila bat jasotzen dute, eta teoriarik horiek haien biziraupena handituko dute, baina zenbaitek bizi-kalitatea jaitsi dezakete” gehitu du Irazustak.

Zahartzea tratatzearen helburua, hain zuzen ere, zaharren bizi-kalitatea hobetzea da. Ajerik gabe zahartzea. Eta, ez hainbeste, bizitza luza-



Ander Matheu Fernández
BioDonostia Osasun Ikerketa
Institutuko Neuro-Onkologia
Taldearen zuzendaria.



Jon Irazusta Astiazaran
EHUKo Fisiologian katedraduna
eta “Zahartze Osasuntsua eta
Bizi Kalitatea” unibertsitate-
masterraren arduraduna.

Odolarena ez da mitoa

Duela 150 urte, bi arratoi elkarri lotu, eta bien zirkulazio-sistemak konektatzea lortu zuen Paul Bert fisiologo frantsesak. Parabiosia deitu zioten teknika hori, eta XX. mendearen erdialdean modu horretan lotutako sagu eta arratoi-pareak erabili ziren hainbat fenomeno ikertzeko. Esaterako, balio izan zuen odoleko azukreak hortzetan txantxarra eragin zezakeen ustea baztertzeko. Lotutako bi arratoi-tako bati azukre askoko dieta eman zioten. Zirkulazio-sistema partekatzen zutenaz, biak azukre-maila bera zuten odolean, baina azukrea jaten zuenari soilik sortu zitzaion txantxarra.

1956an New Yorkeko Ithaca Unibertsitatean erabili zen lehenengoz teknika hori adin desberdineko arratoiak elkartzean zer gertatzen zen aztertzeko. [Ikusi zuten](#) arratoi

zahar bat eta gazte bat elkartzean, zahararen hezurrek gaztearen hezurren dentsitate bera hartzen zutela. Handik 15 urtera, berriz, Californiako Unibertsitatean egindako [beste ikerketa batean](#), arratoi gazteei lotutako arratoi zaharrak 4-5 hilabete gehiago bizitzen zirela behatu zuten.

Garai hartan, parabiosiarri esker aurrerapen handiak egin ziren beste arlo batzuetan ere; endokrinologian, tumoreen biologian, immunologian eta abar. Baina 1970eko hamarkadatik aurrera teknika ez zen gehiago erabili, ez dago argi zergatik. Duela urte gutxi berriz berpiztu da, ordea, eta berriz ere teknika garrantzitsua izaten ari da zahartzea ikertzeko. Azken urteotan, teknika horrekin egindako hainbat ikerketak baieztatu dute sagu gazteen odolak

sagu zaharren bihotza, garuna, muskuluak eta aztertu den ia edozein organo biziberritzen dituela; eta sagu zaharrak indartsuago, adimentsuago eta osasuntsuago bilakatzen direla.

Esaterako, iaz erakutsi zuen [ikerketa batek](#), odol gazteak adinarekin kaltetutako neuronon plastizitatea eta funtzio kognitiboak hobetzen dituela, eta, gainera, odol osoa partekatu beharrean, odol-plasma txertatuta ere gauza bera lortzen dela. Hori aintzat hartuta, alzheimerrearen duten gaixotzetan pertsona gazteen odol-plasmak zer eragin duen ikertzeko saio-kliniko bat martxan da.

Bestalde, odolaren gaztetzeko ahalmena odoleko zein faktoretan dagoen identifikatu nahian ari dira orain. Oraingoz, [oxitozina](#) eta [GDF11](#) dira susmagarri nagusiak.



ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/IRINA K.

tzea. “Batez besteko biziraupena handituko da agian —dio Irazustak—, baina maximoa handituko den ez dago hain argi”. Datu batzuekin azpimarratu du ideia Matheuk: “Oso pertsona gutxi iristen dira 110 urtetik gora, eta halako kasuak ezagutzen dira duela 100-150 urtetik. Batezbesteko biziraupena berriz, 60 urte ingurukoa zen duela 100 urte, eta 80 ingurukoa da gaur. Beraz, batezbestekoa 20 urte atzeratu da, baina maximoa ez da mugitzen”.

Batezbestekoa askoz gehiago atzeratuko denik ere ez dute uste adituek, Matheuk dioenez: “Hurrengo 100 urtetan 2 edo 3 urte atzeratzea espero da. Ikerketek iradokitzen dute ez garela askoz gehiagora iritsiko”. Horregatik, argi dute zahartzea ikertzearen helburua zein den. “Arazoa da, batezbesteko biziraupena hainbeste luzatzeak ekarri duela urte horietako askotan patologia asko izatea, kronikotasunak, mendekotasunak...” azaldu du Matheuk. “Horregatik, helburuak izan behar du patologiadun zahartzea murriztea, eta bukaeraraino oso ongi bizitzea”.

Hala ere, nola Irazustak, hala Matheuk aitortzen dute zahartzea gaixotasuntzat hartzeko arriskua ere egon litekeela. “Ez litzateke gaixotasuntzat hartu behar —dio Matheuk—, ez baita patologia bat, berez gertatzen den prozesu fisiologiko bat baizik. Baina gaixotasun ez izateak ez du esan nahi ezin denik ikertu eta modulatu. Gainera, asko hitz egiten dugu tratamendu farma-

kologikoei buruz, baina era askotako estrategiak daude, onuragarriak izan daitezkeenak”.

Ariketa fisikoa da horietako bat. Esaterako, “argi dago sarkopenia eta ahultasunarentzat tratamendu on bat ariketa fisikoa dela”, dio Irazustak. “Orain zehaztu behar da zein den protokolo egokiena zaharrei aplikatzeko, eta hori jasangarria izateko. Hau da, gauza bat da protokoloa aplikatzea zu hor zaudenean, eta bestea gero nola funtzionatzen duten beren kabuz”.

EHU-N ETA BIODONOSTIAN

Hain zuzen ere, horretan ari da Irazustaren EHUko ikerketa-taldea: “oraintxe bertan ari gara Matia Institutuarekin eta Biodonostiarekin batera, proba batzuk egiten, ikusteko zein diren protokolo egokiak ariketa fisikoarekin ahultasunari eta sarkopeniari aurre egiteko”. Horrez gain, “Tecnaliarekin eta IK4rekin batera ere egiten ari gara proiektu bat, jakiteko nola baloratu ahultasuna eta sarkopenia. Hau da, ze gailu erabil daitezkeen, ze proba, eta ze test”.

BioDonostian ere buru belarri dabilta zahartzea ikertzen. “Duela bi urte erabaki genuen zahartzea berariaz ikertzea” azaldu du Matheuk. “Izan ere, ikertzaile bakoitzak bere gaitza ikertzen zuen; neurologoak parkinsona edo alzheimerra, onkologoak minbizia, patologoak diabetesa, eta erabaki genuen, zahartzeak denei eragiten zienez, merezi zuela ikerketa-lerro hori sortzea”.

Zahartzea atzeratzeko era askotako estrategiak egon daitezke.

Adibidez, frogatuta dago ariketa fisikoa onuragarria dela.

ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/BILDERSTOCKCHEN.





Oso garrantzitsua da zahartze aktiboa izatea. Horretarako, zaharrek gizartearen parte izan behar dute.
ARG.: ©DOLLARPHOTOCUB/FAMILY BUSINESS.

Orain, esaterako, 100 urtetik gorako pertsonak ikertzen ari dira, haien arrakastaren gakoak zein diren aurkitu nahian. Bestetik, zahartze goiztiarra eragiten duten gaixotasunak, batez ere hiesa eta distrofia miotonikoa. Eta, zahartzearen gako biologikoak ere bai, zehazki, seneszentzia eta zelula amen agortzea.

Azken arlo horretan, berriki argitaratu du lan bat Science aldizkarian BioDonostiako Marcos Arauzok, nazioarteko beste ikertzaile batzuekin batera. Zelula ama neuronalen zahartzeari buruzkoa da. Zelula amak modu asimetricoan zatitzen dira, beste zelula ama bat eta neurona bihurtuko den beste zelula bat emateko. Zatiketa horretan zelula ama proteina onenekin gelditzen da, eta bestea txarragoekin; baina, lan honetan erakutsi dutenez, zahartu ahala aldatuz doa hori, eta zelula ama ere proteina txarragoekin gelditzen da. Horrek, aldi berean, zelula amak zahartzea eragiten du.

Bestalde, beste faktore batzuek zahartzean nola eragiten duten ere ikertzen ari dira, esaterako, elikadurak, bakardadeak edo aldarteak. Alderdi horrek garrantzi handia du Irazustaren ustez. “Dakiguna da, oso garrantzitsua dela zahartze aktiboa edukitzea. Eta horren barruan sartzen dira jarduera fisikoa, baina baita psikologikoa, kognitiboa eta soziala ere. Hau da, zaharrak gizartearen parte izatea”.

GIZARTEAREN PARTE IZATEAREN GARRANTZIA

Azken batean, dena lotuta dago. “Immunitate-sistema hormonekin oso lotuta dago, eta hormonek denarekin daude lotuta: estresarekin, jaten dugunarekin, egiten dugunarekin, gure harremanekin. Beraz, oso normala da kontu horiek osasunean eragina edukitzea”.

Gainera, “askotan, alde fisikoari garrantzi handia ematen diogu, eta ondo dago, baina kontua da, askotan, alde fisikoa ez dela zaintzen, alde soziala zaindu gabe dagoelako. Alegia, jende asko ez da etxetik ateratzen, ez dakielako norekin atera; ez da gimnasia joaten, ez duelako norekin joan, eta ez daudelako kiroldegi aproposak eta jarduerak aproposak jende nagusiarentzat”.

“Garrantzitsua da zaharrak gizartearen parte izatea. Hau da, ez izatea karga, baizik eta gizarteari zerbait ematea. Ikusi beharko litzateke nola, ea lanaren bidez den, edo boluntarismoaren bidez, edo nola den. Egia esan, egiten dute: bilobak zaintzen egiten duten lana ordainezina da. Baina horri buelta bat gehiago eman beharko litzaioke, oraindik aktiboagoak eta positiboagoak izateko. Alderdi fisikoa garrantzitsua da, baina gizarte-faktoreak ere badaude, eta alderdi kognitiboak era bai, eta bata bestea gabe ez du funtzionatzen”.

“Jende asko ez da etxetik ateratzen, ez dakielako norekin atera; ez da gimnasia joaten, ez duelako norekin joan”



IGOR LETURIA AZKARATE
Informatikaria eta ikertzailea

Automobilak ez dira berez ibiltzen, izenak dioenaren kontrara. Horrela deitu zitzaien mugitzeko indarrari zegokionez ez zutelako zaldi edo astoren batek tira egiteko beharrik, baina gizaki batek gidatu behar izaten ditu. Dena dela, ate-joka ditugu ibilgailu benetan autonomoak: hainbat ekoizlek erakutsi dute teknologia nahikoa aurreratua dagoela automobilak, laster, beren kabuz ibil daitezten. Baina oso azkar gertatzen diren aldaketa guztietan bezala, beharbada ez zaie nahikoa erreparatu horrek izan ditzakeen ondorio praktiko eta filosofikoei.

AUTOMOBILEGIAK?

Ibilgailu autonomoen arazo praktiko eta filosofikoez

Gaur egun, ohikoa da autoek gero eta osagai elektroniko, sentsore eta software gehiago izatea eta hainbat ataza egin ahal izatea: bakarrik apartatzea, larrialdiko balaztatzea, bide-ertzeroa hurbiltzearen abisua... [Ibilgailu erabat autonomoak](#) lortzeko lasterketa [Google-k abiarazi zuen 2012an, horretan ari zela iragarri zuenean](#). Gerortik, ekoizle ia denak batu dira lasterketara, eta datorren hamarkadako urteren batean espero dute denek ibilgailu autonomoak kalean jartzea. Lehenago, ordea, funtzio zehatz aurreratuak inplementatuko dituzte, hala nola autobideetako gidatze autonomoa. Urrian, [Tesla etxeak](#) bere S modeloaren softwarea eguneratu zuen, eta, horrekin, 2. mailako autonomia-maila duen lehen auto bihurtu zen (0 mailakoa une oro gidaria behar duen autoa da, eta 4. mailakoa erabat bakarrik dabilena; 2. mailan, gutxienez bi kontrolek funtziona dezakete aldi berean).

Argi dago ibilgailu autonomoen kontua oso azkar doala, eta ez dagoela gelditzerik. Baina litekeena da azkarregi ere joatea, aldaketa asko ekarriko baititu horrek maila askotan (praktikoak, moralak, legalak...), eta, agian, ez denak onak. Ez dakit horren inguruan nahikoa hausnartu dugun, eta prest ote gauden aldaketa horietarako.

KONTUAN IZAN BEHARREKO UGARI

Hasteko, autoek autonomoak izateko sistema konplexu ugari behar dituzte: sentsoreak, komunikazio-sistemak, softwarea... Horrek, batetik, asko garestitzen ditu automobilok eta euren konponketak; baina, bestetik, automobilak gero eta gauza gehiagoren mende daude funtzionatu ahal izateko. Praktikoak al da autoa erabiltzerik ez izatea osagai ugari horietako batek huts egin duela-soilik? Egia esan, beti izango da eskuz gidatzeko modu zaharraren aukera, edo ez; irits liteke aukera hori ere kenduko duten eguna, edo irits liteke eskuz gidatzen jakingo ez dugun eguna.

Bestalde, gidatze-sistema autonomoaren kalitatearen kontua ere badago. Nola jakin sistema bat ona edo txarra den, edo egin beharrekoa behar

bezala egiten duen? Gidatze-sistema txarra duen auto bat erostea ez da ontzi-garbigailu txar bat erostea bezala, gure segurtasuna eta etxe-koena baitago jokoan. Eta sistema bat hobea edo okerragoa dela jakinik ere, ziurrenik kostu ezberdina izango dute. Nola baloratu, beraz, gidatze-sistemaren kalitate horrek kostu-ezberdintasuna konpentsatzen duen?

Gainera, ziur, izango da inor gidatze-sistemez fidatuko ez dena, eta ez duena inoiz ibilgailu autonomorik gidatu nahiko. Nik pertsonalki pentsatzen dut automobil autonomoak askoz seguruagoak izango direla errepideetan barrena dabilen gizaki asko baino. Hala, frogatzen bada halako autoak seguruagoak direla eta trafikorauak beti betetzen dituztela, nahitaez izan beharko dute auto guztiek autonomo?

SEGURTASUNA (INFORMATIKOA)

Automobil horiek software bidez kontrolatzen eta komunikazio-sistemekin hornitzen diren neurrian, ordenagailu orok dauzkan segurtasun-arazo berberak ditu. [Uztailean, bi hackerrek frogatu zuten auto baten kontrol osoa erraz hartzeko gai zirela](#). Segituan konpondu zuten segurtasun-arazo hori, baina beti agertuko dira berriak, ordenagailuetan agertzen diren bezala. [Gainera, diotenez, ibilgailu autonomoen funtzionamendua optimizatzeko modua autoen arteko komunikazio-sistemak inplementatzea litzateke. Komunikazio horiek hautemanez gero, auto baten ibilbidearen segimendua egin daiteke](#). Eta ordenagailu edo telefonoekin bezala, [hor eongo dira birusak, autoak euren artean edo tailerretako ordenagailuekin infektatzea...](#)

Baina, akaso, arriskutsuenak ez dira kanpoko etsaiak, barnekoak baizik. Nola jakin autoaren softwareak ekoizleak dioena egiten duela? Hor dugu [Volkswagen afera](#). [Edo ez litzateke harritzekoa ekoizleek segurtasun-agentzia, gobernu edo polizientzako "atzeko atak" jartzea softwarean, gure autoen jarraipena egin ahal izateko edo euren kontrola hartzeko.](#)



IRUDIA: © DOLLARPHOTOCLUB/MARTIALRED

Ikusirik autoen softwareek, nahita ala nahi gabe, segurtasun-arazoak izan ditzaketela, logikoena litzateke softwareak ere ikuskatu ahal izatea edo, osagai mekanikoei bezala, softwareari ere azterketa teknikoak egin behar izatea, ezta? Baina, [autoen softwarea, copyrighta duen beste software guztiak bezala, egile-eskubideen legeak babes-ten du, eta inork ezin du behartu ekoizlea softwarea aztertzeke baimena ematera. Horregatik, automobilen softwarea kode irekikoa izan da-\[din\]\(#\)](#) eskatzen ari dira batzuk.

Erabiltzailearen askatasuna da beste eztabaida bat: gure ordenagailuan nahi dugun sistema eragile edo softwarea instala dezakegun bezala, ba al dugu gure autoan softwarea aldatu edo tuneatzeko eskubiderik? [Oraingoaz, AEBn bai; baina, gerta liteke hori ere aldatzea.](#)

Eztabaidagai da, halaber, istripuak gertatzean ardura norena den, ibilgailua bakarrik bazihoan. Edo aseguruak nork ordaindu behar dituen, autoak beti bere kabuz ibili behar badu.

Dilemarik zailena eta, aldi berean, interesgarriena da makina horiek nola programatu daitezkeen gizakiei kalterik ez eragiteko. [Asimov](#)-ek aspaldi eman zituen [robotikaren hiru legeak](#): 1.a, robot batek ezin diezaioke gizaki bati kalterik egin, ezta gizakiak kalterik jasan dezan utzi edo onartu ere; 2.a, robot bat behartuta dago gizakien aginduei men egitera, betiere lehenbiziko legea urratzen ez badu; 3.a, robot batek bere

burua babestu beharra du, betiere honek lehen eta bigarren legeak urratzen ez baldin baditu. Baina gauzak ez dira horren sinpleak. Lege horiek badituzte zenbait arazo, [tranbiaren dileman](#) ikusten direnak: tranbia baten burdinbidean bost pertsona daude eta tranbiak ezin du frenatu. Gauza bakarra egin daiteke: burdinbidez aldatzeko botoia sakatu. Zorritzarrez, beste burdinbidean ere pertsona bat dago. Kasu horretan, akzioz zein inakzioz kalte egingo zaie han dauden lagunei, eta, beraz, ezinezkoa da Asimov-en lehenengo legea betetzea. Horrelako kasuak gerta daitezke eguneroko erabileran, eta zer egin behar du, orduan, autoaren softwareak? Ezer ez egin eta hasiera batean hilko zirenak hil, edo ekintza bat egin eta hasiera batean salbatuko zirenak hil? Ahalik eta pertsona gehien salbatu? Adina kontuan izan behar du? Nola ziurta dezake lagun horien adina edo kopurua? [Eta ibilgailu autonomoen kasuan, ahalik eta pertsona gehien salbatu behar da edo auto barrukoak lehenetsi behar dira, edo kanpokoak, edo istripuan errurik ez dutenak? Bestalde, nork du errua istripuan bi ibilgailu autonomo badira tartean?](#)

Ikusten denez, ibilgailu autonomoek oraindik zalantza asko planteatzen dituzte, baina badago denbora horien inguruko erabakiak hartzen joateko. Nolanahi ere, arreta jarri beharko da gaian, horrelako kontu garrantzitsu batean erabakiak ez ditzaten soilik enpresek eta gobernuak hartu eta, ohi bezala, gizartea kalteturik atera. ●

“Dilemarik zailena da makina horiek nola programatu daitezkeen gizakiei kalterik ez eragiteko”

Itsaso bat PLASTIKOZKOA

ANA GALARRAGA Aiestaran
Elhuyar Zientzia

Aurten, plastikozko zorroak erabiltzea galaraziko duen lege bat onartu du Europar Batasunak. Bitartean, itsasoa plastikoen biltegi bihurtzen ari dela erakusten duten hainbat azterketa plazaratu dira. Beste ikerketa batzuek, berriz, plastikoen itsas bizidunetan eta ekosistemetan eragiten dituzten ondorio kaltegarriak azaleratu dituzte. Eta, hala ere, ohartarazi dute izebergaren tontorra baino ez dugula ezagutzen. Ezkutukoa argitu nahian dabilta ikertzaileak mundu osoan, baita Euskal Herrian ere.

Plentziako Itsas Estaziooko zuzendariorde Manu Soto Lopezen esanean, “ikusten direnak baino kezkarriagoak dira ikusten ez direnak”. Itsas biologia eta bioteknologia esperimentalen EHU-ren ikerketa-zentroa da Plentziako Itsas Estazioa, eta itsasoaren eta ekosistemen zein giza osasunaren artean dagoen elkarrekintza ikertzea du helburu nagusi. Horren barruan, itsasoko mikroplastikoak ari dira ikertzen, eta haiei buruzkoa da Sotok hasieran esandakoa, hain zuzen.

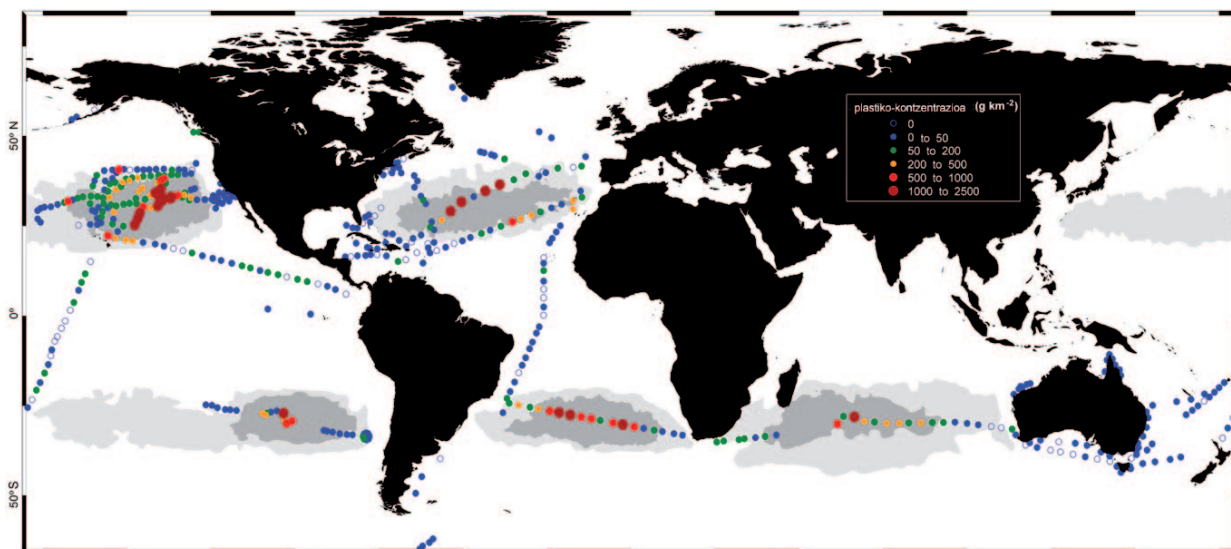
Azaldu duenez, Itsas Estazioan itsasoko poluitzaileak ikertzen dituzte: “Metalak, hidrokarburuak, nanopartikulak... ikertzen aritu gara azken

urte hauetan, eta orain mikroplastikoekin hasi gara. Izan ere, gero eta kezka handiagoa sortzen dute, eta Europako Batasunak haien eragina ikertzeko diru-laguntzak eskaintzen dituztela baliatuz, plastikoen mundura bideratu gara”.

Ezaguna da Ozeano Barearen iparraldean plastikozko uharte erraldoi bat dagoela. “Eta ez da bakarra”, dio Sotok. “Gutxienez bost uharte handi daude; justu, ur-lasterrak elkartu eta biratzen duten lekuetan. Ozeano Barearen iparraldekoaz gain, hegoaldean beste bat dago; Ipar eta Hego Atlantikoan, beste bana; eta bosgarrena, Indioan, Australia eta Afrika artean”.



Kalkulatu dute, gaur egun, espezie guztietako itsas hegaztien % 90 batek hondakin plastikoak dituela urdailean.
ARG.: CSIRO, BRITTA DENISE HARDESTY.



Hondakin plastikoen eremu nagusiak identifikatu zituzten Malaspina espedizioan. ARG.: CSIC.

[Malaspina espedizioak](#) eman zuen uharte horien berri, iaz PNAS aldizkarian argitaratutako artikululu baten bidez ([Plastic debris in the open ocean](#)). Espedizioan aurkitutako plastiko nagusiak polietilenoa eta polipropilenoa ziren; alegia, egunerokoan gehien erabiltzen diren polimeroak. Eta ohartarazi zuten bost eremu horietan metatutako plastikoa itsasoratzen denaren zati bat baino ez dela. Hau da, ikusi dutena baino askoz ere gehiago dagoela.

Hain zuzen, plastikozko uharteei ez ezik, mikroplastikoei ere erreparatu zieten ikertzaileek, eta mikroplastikoak kate trofikora eta ozeano hondora igarotzen ari direla susmatzeko zantzuak topatu zituzten.

Malaspinakoen susmoa indartzen du Britainia Handiko eta Catalunyako ikertzaile batzuek 2014ean Royal Societyn argitaratutako artikululu batek. Haren arabera, itsas hondoa mikroplastikoen hobi nagusietako bat da ([The deep sea is a major sink for microplastic debris](#)). Izan ere, Ozeano Atlantikoan, Mediterraneoan eta Indiako Ozeanoan egindako ikerketetan ikusi zuten mikroplastiko-zuntzak lau aldiz ugariagoak zirela itsas hondoko sedimentuetan, itsas azaleko ur kutsatuetan baino.

LEHORRETIK ITSASORA

Plastikoaren jatorriaz, berriz, Sotok ez du zalan-tzarik: “guztiok erabili eta botatzen dugun plastikoa da itsasoan azaltzen dena”. Otsailean argitaratu zen Science aldizkarian zenbat plastiko itsasoratzen den kalkulatzeko egin den lehen ikerketa ([Plastic waste inputs from land into the](#)

[ocean](#)). Nazioarteko talde batek egindakoa da, eta, haren arabera, 2010ean, 4,8-12,7 milioi tona plastiko iritsi ziren lehorretik itsasora.

Kalkulu hori egiteko, mundu osoko hondakin solidoen kantitatea, populazio-dentsitatea eta maila ekonomikoa erlazionatu dituzte, eta kalkulatu dute kostako 192 herrialdetan 275 milioi tona hondakin plastiko sortu zirela 2010ean. Kantitate horren % 1,75-4,6 itsasora heltzen dela ondorioztatu dute, batez ere, hondakinen kudeaketa ez delako ez egokia ez nahikoa.

Plastiko gehien itsasoratzen duten 20 herrialdeen zerrenda agertzen da artikuluan, eta denen buruan Txina dago. Jarraian datoz Indonnesia, Filipinak, Vietnam eta Sri Lanka, eta atzerago Afrikako zenbait herrialde ere badaude (Egipto, Nigeria, Hegoafrikako Errepublika...). Zerrendaren azken lekuan, berriz, Ameriketako Estatu Batuak daude.

Etorkizunera begira jarrita, hondakinen kudeaketa hobetu ezean, 2025ean itsasoratutako plastiko-kantitatea 2010ean baino 10 aldiz handiagoa izango dela iragarri dute egileek. Are gehiago: haien ustez, 2100 arte kantitatea handituz joango da; bereziki, Afrikan eta hirietan.

Horren aurrean, epe luzeko irtenbideak proposatzen dituzte artikuluaaren amaieran. Haien hitzetan, “funtsezkoa da hondakinen kudeaketarako azpiegitura hobetzea garatze-bidean dauden herrialdeetan; horrek baliabide eta denbora asko eskatuko ditu. Azpiegitura hori garatzen den bitartean, herrialde industrializatuak

 **Itsasoan ikusten den plastikoa baino askoz ere gehiago dagoela susmatzen dute.**

berehala has daitezke [neurriak hartzen], hondakinak gutxituta eta erabilera bakarreko plastikoen hazkundera apalduta”.



Manu Soto Lopez
Plentziako Itsas Estazioko
zuzendariordea.

Plastiko Ekoizleen Europako Elkartek [2014-2015eko txostenean](#) emandako datuen arabera, ordea, Europan, krisiarekin ondorioz ekoizpena txikitu egin bazen ere, orain bere horretan irauten du (57 milioi tona 2013an, 2012an bezalaxe). Munduan, berriz, gero eta gehiago ekoizten da (299 milioi tona 2013an, 288 2012an).

Izan ere, denean erabiltzen da plastikoa, baita kontsumitzailea ohartzen ez den produktuetan ere, esate baterako, hortzetako pastan eta beste kosmetiko batzuetan. [Estatu Batuetako zenbait unibertsitatetako ikertzaileek](#) ohartarazi dutenez, kosmetikoetan erabilitako plastikoen planktonaren neurri berekoak dira. Horrenbestez, itsasora iristean, planktonaz elikatzen diren animaliek jan egiten dituzte, eta kate trofikora igarotzen dira. Horren aurrean, 2020rako, kosmetikoetan 5 milimetro baino txikiagoko partikulak erabiltzea debekatzea eskatu dute.

ONDORIOAK, AGERIAN

Soto bat dator plastikoen mugatzeko arauak jarztearekin: “Norberak asko egin lezake, baina hori ez da nahikoa. Politika eraginkorrak eta zorrotzak behar ditugu. Bi norabideetan ekin beharko litzateke: behetik gora, eta goitik behera”. Sortzen duten kaltea agerikoa baita: “Denborarekin, plastikoa degradatzen joaten da, eta

mikro- eta nanoplastikozko gel-antzeko bat sortzen da. Arrain-espezie batzuk uretan dagoen materia hori jaten dute, eta asko hil egiten dira, plastikoa digestio-aparatuan edo zakatzetan metatzen zaielako, edo toxikoa delako”.

Arrainak ez dira kaltetutako bakarrak. [Hondakin plastikoen itsas hegaztietan duten eragina](#) ikertu dute Australiako CSIRO institutuak eta Londresko Imperial Collegek, eta kalkulatu dute, gaur egun, espezie guztietako itsas hegaztien % 90 inguruk hondakin plastikoen dituztela urdailean, eta 2050ean ia denek (% 99k) izango dituztela.



Ikerketa horiek erregulazio-politikak sortzeko balio beharko lukete.

Hain justu, [Sotoren taldea ere mikro- eta nanoplastikoen animalia itsasarratan sortzen dituzten ondorioak ikertzen ari da](#), Suediako Historia Naturaleko Museoarekin (Stockholmeko Unibertsitatea) elkarlanean. Izan ere, Stockholmen espezieen bilduma edo banku bat dute (ESB), 30 urtetan bildutako laginekin. Horrek atzera begirako analisiak egiteko aukera ematen du, baita leku batekoak beste edonongoekin alderatzeko ere. “Horregatik gaude haiekin”, aipatu du Sotok, “guk ere baitaukagu gure bankua (BBEB)”.

Orain, mikroplastikoen kantitatea eta banaketa ikertzen ari dira, muskuiluen zeluletan eta ehunetan, eta ikusten zer ondorio duen material ikusezin horrek haien osasunean. Sotok azaldu duenez, “helburua da ikerketa horietarako tresna egokiak sortzea. Adibidez, argi polarizatua duen mikroskopioak erabiltzen ditugu, haiei esker agerikoak baitira argi ikusgaiarekin ikusezina diren zenbait gauza”. Tresneria hori prest izandakoan, Stockholmeko bankuko laginak ikertuko dituzte, denboran atzera egiteko eta ikusteko noiz hasi ziren agertzen mikroplastikoen itsas animalietan.

Sotoren arabera, gaur egun Europan interes handia dago jakiteko zein den mikroplastikoen eragina, eta horren seinale da halako ikerketak bultzatzea. Aurrera begira, ikerketa horietatik ateratako ondorioek erregulazio-politikak sortu eta ezartzeko balio beharko luketela iruditzen zaio. “Behar bada oso baikorra naiz, baina hori da nire ustea eta nahia”, aitortu du Sotok. ●



ARG.: CHRIS JORDAN (ESTATU BATUETAKO ARRANTZA ETA BASABIZITZA ZERBITZUA) /CC BY 2.0

ALDIZKARIA
ERABERRITUA



ARGIA

txikitik eragiten

BULTZA kazetaritza independentea

Harpidetu:

ARGIA astero, hilean 12 € baino ez.

ARGIA hamabostero, hilean 7 € baino gutxiago.

ARGIA hilero, hilean 4 € baino gutxiago.

MARIO FEIJOO ANAKABE

Euskadiko Polio Elkartearen lehendakaria



POSTPOLIO SINDROMEA

arazoak eta proposamenak

Urriaren 24a poliomieltisaren aurkako nazioarteko eguna da. Egun hori baliatuz, guztiokin partekatu nahi ditu EPE-Euskadiko Polio Elkarteak poliomieltisaren ondorio berantiarak, eta, besteak beste, postpolio syndrome izeneko —horren mehatxupean bizi baikara poliomieltisaren epidemia jasan genuenok—, baita gaur egun ditugun arazoak eta proposatzen ditugun irtenbideak ere.

Postpolio syndromea dugunon arazoak definiziotik hasten dira. Izan ere, ematen zaizkion definizioak oztopo dira gure arazoei irtenbideak bilatzeko bidean, bai osasunari dagokionez, bai gerora alderdi soziolaboralei eragiten dieten legegintzako alderdiei dagokienez.

2010eko urtarrilean, Osasunaren Mundu Erakundeak G-14 kodea ezarri zion gaitzari, Gaixotasunen Nazioarteko Sailkapenaren ICD-10 bertsioan, nagusiki nerbio-sistemari eragiten dion atrofia sistematikoen barnean. Halaber, gaixotasun arraro gisa identifikatuta dago, ORPHA-2942 zenbakiarekin.

Franz Nollet doktoreak, ordea, definizioa berrikusi eta honela definitu zuen: "Syndrome postpoliomieltitiko edo postpolio syndromea (PPS) da poliomieltis paralitiko akutua izan, eta urte askoren buruan azaldu daitezkeen sintoma neuromuskularrak deskribatzeko erabili ohi den terminoa".

Horrez gain, hau zehaztu zuen: "Ez dago PPSa sendatzeko inolako tratamendurik. Hobe da diziiplina anitzeko kudeaketa egitea, eta helburua da muskuluak gutxiago erabiltzea eta muskulu-eskaeraren eta -gaitasunaren arteko oreka lortzea. Horretarako, ariketak egin behar dira, laguntza-gailuak erabiltzen dira eta bizimoduan aldaketak egiten dira. PPSaren etiologia ez da batere argia. Gaur egun indarrean dagoen hipotesiaren arabera, muskulu-zuntzek denerbazioa ja-

saten dute unitate motor handituen axoien endekapen distalaren ondorioz".

European Polio Union (EPU) elkarteak antolatutako Polioari eta Postpolioaren Syndromeari buruzko Biltzarretan ere ildo horretatik jo dute adituek. Iaz Amsterdamen izan zen biltzarra, eta aurten Londresen, maiatzaren 25ean. "Post-poliomyelitis Syndrome as a posible viral disease" izenburuko artikuluan, postpolio syndromeari buruz dagoen informazio guztia laburtzen da, eta garrantzia ematen zaio poliomieltisa izan dutenek izan lezaketen hantura kronikoari, eragin fisikoa eta neurologikoa baitu pertsona gaixoen osasunaren gainbeheran. Halaber, itxaropena pizten du postpolio syndromea duten gaixoen artean, aipatzen baitu zenbait ikerketa ari direla egiten polioa ezabatzeko erabiltzen ari diren konposatuekin, postpolio syndromeari aurre egiteko irtenbide gisa erabiltzeko.

Dokumentu horretan ageri da Espainian 45.000 lagun daudela bizirik poliomieltisa izan eta gero (2014ko populazioaren % 0,1). Baina, aldi berean, ez da aipatzen postpolio syndromea duten pertsonen inguruko ratorik (ez baitute datu hori). Nolanahi ere,

definizioan ezarritako ratioa aplikatuz gero, 11.250-33.300 lagunek izango lukete postpolio sindromea Espainian.

Irizpide horiek berak aplikatzen baditugu Euskal Autonomia Erkidegoan eta Nafarroako Foru Erkidegoan, datuak hauek lirateke: EAEn, 2.173 lagunek izan dute polioa, eta 543-1.609-k postpolio sindromea; Nafarroan, berriz, 641 eta 160-474 lirateke, hurrenez hurren.

Gaixo gehienek uste dute gobernuak nahiago dutela ezer ez egin eta zain egon, denborak aurrera egin dezan eta desager gaitzen; hala, ez dute ezarri beharko postpolio sindromea dutenentzat politika soziosanitariorik.

GOBERNUAREN “ZORRA”

1955ean baziren poliomieltisaren aurkako txertoak, baina Franco generalaren gobernuak erabaki zuen masiboki txertorik ez ematea 1963 arte.

1958ko martxoan, Gobernuak adierazi zuen Espainian ez zegoela polio-epidemiarik, eta 1959an, mailarik handienera iritsi zen epidemia Espainian. Gezurra besterik ez zuten esan. Baina, orduan, zer gertatu zen 1955etik aurrera txertaketa masiborik ez egiteko? Ez dakigu, eta ez dugu jakingo, harik eta 1968ko sekretuen legea indargabetu arte —zeina indarrean baitago 2015ean oraindik— eta ikertzaileek artxi-bategietarako sarbidea duten arte.

Gobernuaren erabaki axolagabe horren ondorioak bizi ditugu polioa izan dugun eta postpolio sindromea dugun gaixoei. Frankismoaren “biktima” gisa, uste dugu gaur egungo gobernuak, Francoren gobernuaren oinordeko izanik, zorretan dagoela gurekin duela 60 urte.

Frankismoak gure bizitzak hondatu zituen, baina demokrazia-garaiak badu bere erantzukizuna, bizi dugun mespretxuari eta utzikierari dagokionez. 2002an, Espainiako Parlamentuak aho batez eskatu zion Carlos III.a Osasun Institutuari txosten bat egiteko postpolio sindromearen egoeraren inguruan. Txostena idatzi eta aurkeztu zen, baina, harrezkeroztik, ez gobernuak



ARG.: ELHUYAR

ez alderdi politikoei ez dute ezer egin horren inguruan (IUK interesa agertu zuen, eta, duela gutxi, PSOEek ez-legezko proposamen bat aurkeztu du 1851/2009 ED aldatzeko).

“Europar 20 milioi haur daude polioaren aurkako txertorik hartu ez dutenak”

ESKAKIZUNAK

Eskaerak, funtsean, dira politika soziosanitarioak ezartzea polioa izan duten eta postpolio sindromea duten gaixoei artatzeko.

Hiru ataletan sailka daitezke eskaerak. Batetik, erakunde eta instituzio eskudunek postpolio sindromea gaixotasun gisa hartzea, eta, gainera, haren eraginei dagokien garrantzia emanez.

Bestetik, estatuburuaren eta Gobernuaren aldetik: Espainiako Gobernuak 1955-1963 bitartean polioaren epidemiarekin lotuta izan zuen axolagabetasuna aintzat hartzea; memoria historikoa berreskuratzea; eta gobernuaren axolagabetasunaren ondorioen ordainak ematea, polioaren ondo-

rio berantiarra eta postpolio sindromea baitira haren adierazgarri.

Azkenik, Carlos III.a Osasun Institutuak egindako txostena oinarri hartuta, Parlamentuak ziurtatuta eta Gobernuak (eta eskumenak dituzten gobernu autonomikoak) aitzindari izanik, lantaldeak ezartzea alderdi hauek lantzeko: sanitarioak, juridikoak, eta sozialak, ekonomikoak eta laboralak.

Halaber postpolio sindromea duten gaixoen egoera lantzeko, gutxienik poliomieltis eta postpolio sindromea elkarrekin leku izan behar dute lantaldeetan.

Amaitzeko, kontuan izan behar da polioa, berez, gaingaituta dagoela. Espainian 1989an ezabatu zen. Gogoan izan behar dugu arriskua oraindik badagoela, eta ez dela arinkiaz jokatu behar, OMEk 2014an gomendatu bezala; izan ere, Europar 20 milioi haur daude polioaren aurkako txertorik hartu ez dutenak (haietatik 80.000, Espainian). Gainera, globalizazioaren ondorioz, munduko pertsonen mugikortasuna handia da (gaur egun badira polioa ezabatzeko lortu ez duten herrialdeak).●



Irakurri testuaren
bertsio luzea

LAKOIZKETAKO ERUA

EGOITZ ETXEBESTE ADURIZ
Elhuyar Zientzia

IRUDIA: MANU ORTEGA/CC BY-NC-ND

Osaba zaharrari apetak eman zion iturri hartako ur freskoa edan nahi zuela, eta iloba bidali zuen bila. Mutikoak ekarri zion ura, eta baita iturri-ondoan aurkitu zuen lore bat ere. Osabak hainbeste eskertu zuen oparia, ezen eskura zuen diru guztia eman baitzion: hiru duro. Mutikoaren amak jakin zuenean, errieta egin zion bere anaiari: “Ez zara inoiz zuzenduko! Landareak biltzeko mania horren erruz galdu duzu zure fortuna, eta, orain, tabakotarako ematen dizudan dirua lore batengatik ematen duzu! Ero-tuta zaude!”

Ez zen horrela pentsatzen zuen bakarra; herrian eta inguruetan aspalditik deitzen zioten *Lakoizketako erua* Jose Maria Lakoizketari, herriko erretoreari.

Narbarteko Lakoizketa baserrian jaio zen 1831ko otsailaren 2an. Familia noble bateko seme zaharrena zen. 1855ean egin zen apaiz, eta, berehala, Elgorriagara joan zen, kolerak jotako gaixoak zaintzera; han aritu zen 17 hilabetez. Gero, bere jaioterriko erretorea hil, eta haren lekua hartu zuen, 26 urte zituela. 31 urtez izan zen Narbarteko erretore, 1888an gaixotu eta erretiratu behar izan zuen arte. Elbeteko Jarola jauregira erretiratu zen orduan, han biltzuen arrea. Hurrengo urtean hil zen, 58 urterekin.

Apaiz-lanak baino askoz gehiago egin zuen Lakoizketak. “Nire zerbitzuak bailara zoragarri honetan ematera destinatu nindutenean —idatzi zuen—, erabaki nuen objektu naturalak ikertzen ariko nintzela, apaiz-lanak dakartzan betekizun karitatetsu anitzek uzten zidaten denbora libre guztian. Landareak (...) izan

ziren nire jakin-mina gehien piztu zutenak, eta, hala, botanika izan da nire dibertimenduzko ikerketen nahiz meditazio aszetiko eta liluragarrien helburu”.

Ahal zuen guztietan, nola udan hala neguan, ateratzen zen Narbarteko erretorea bere letoizko kaxa, zeio, zizel eta mailuarekin. Eta herritarrek ikusten zuten erretorea belarrak biltzen, haitzartean galtzen, edo inor igotzen ez zen lekuetara igo eta mailu eta zizelaz liken bat zuen harkaitz-puska bat hartzen, altxor bat bailitzan. Hura zen *Lakoizketako erua*.

“Ikusten zuten belarrak biltzen, haitzartean galtzen, edo inor igotzen ez zen lekuetara igotzen, liken bat hartzeko”

Lakoizketaren lagun izandako Fermin Irigarai Iruritako medikuak honela idatzi zuen: “Hainbestekoa zen landareekiko zuen zaletasuna, ezen sarri izaten baitzuten hizketagai, baita gaian erabateko ez-jakinak zirenekin ere. Landareren bat ikustean, edonorekin zegoela ere, landarea hartu eta astiro behatuko zuen, eta hari buruz zekien eta sentitzen zuen guztia esango”.

Herritarrek erretorearen jokamoldeak oso ongi ulertu ez bazituzten ere, botanikarien artean izena izan zuen. Frantziako Botanika Elkarteko kide egin zuten 1877an, eta Espainiako Historia Naturaleko Elkarteko kide 1880an. Penintsularen

iparraldeko kriptogamoetan (iratze, goroldio, onddo eta liken) aditu handiena izatearen ospea izan zuen.

Beste botanikari askorekin izan zuen harremana Lakoizketak; bere paperetan 87ren izenak aurkitu ziren. Eta berak biltutako eta beste botanikariekin trukaturakoen artean, 2.500 espezie inguruko herbarioa osatu zuen.

1884ean Bertizaranako landareen katalogoa argitaratu zuen: “[Catálogo de las plantas que espontáneamente crecen en el valle de Vertizarana](#)”. Lan horretan bildu zituen 809 fanerogamo eta 495 kriptogamo; eta, azken horien artean, 186 liken. Estatuan inoiz argitaratutako liken-kopuru handiena zen.

Garai hartan kasu gutxi egiten zitzairen kriptogamoei, eta likenak identifikatzea bereziki zaila zen. Seguruenik mikroskopioa eta erreaktibo kimikoak erabili behar izango zituen Lakoizketak likenak aztertzeko. Nolanahi ere, likenetan maisu bihurtu zen. Argitaratuta zeuden Nafarroako 192 espezieetatik 186 berak argitaratu zituen.

Hizkuntzazalea ere bazen, eta hainbeste maite zituen euskara eta botanika uztartu zituen. “Fitografoek ez dituzte ahazten landareen izen arruntak. Espezieen deskribapenari gehitzen dizkiete haiek bizi diren eskualdeetan ematen zaizkien izenak” idatzi zuen Lakoizketak, 1888an argitaratu zuen “[Diccionario de los nombres euskeros de las plantas](#)” hiztegiaren hitzaurrean.

Eta honela jarraitzen du: “Ezin zaio ukatu euskarari horrelako lan filologo-botani-



koetan egoteko eskubide osoa, eta errukarria da botanika deskriptiboko tratatueta-ko isiltasuna hain gai garrantzitsuan. Eta ez da Euskal Herriak, zeina mendebaldeko Pirinioek zeharkatzen duten, ez daukalako interes fitologikorik, ez eta bertako seme-alabak, hain bikainak karrera guztietan, ez direlako nabarmendu landareen zientzian (...) Hutsune horiek betetzera, eta behar hauek asetzerara dator lan hau”.

Hiztegian landareen atal eta organoen euskarazko izenak ematen ditu lehenengo Lakoizketak. Gero datoz landareak. Landare bakoitzarentzat, lehenik izen zientifikoa, gero gaztelaniazko izen arrun-

ta eta sinonimoak, frantsesezko izen arrunta, euskarazkoa eta sinonimoak, euskarazko izenen etimologia, eta, azkenik landareari buruzko hainbat ohar. Eta “hizkuntza zientifikoarekin ohituta ez dauden nire herrikideek euskarazko izenen esanahia erraz aurki dezaten, izen horien aurkibide alfabetiko bat jarriko da bukaeran”.

Lakoizketak dio Bertizaranan, Bortzirietan, Baztanen, Nabarten eta abar landareei ematen zaizkien izenak jasotzen dituela hiztegian. Bestalde, aitortzen du euskarazko izenen jatorriak argitu nahi izateak bazituela arrisku batzuk. “Etimolo-

logiek asko izan dezakete arbitrariotik, asko ideal eta alegiazkotik, irudimenaren hegal arinek eramaten utziz gero”. Hori saihesteko hainbat arau ere jarri zizkion bere buruari, baina ezin esan irudimenaren hegalei ihes egitea guztiz lortu zuenik.

Edonola ere, Lakoizketak botanikan eta euskalgintzan egindako lanaren balioa ukaezina da. Eusko Ikaskuntzak ere aitortu nahi izan zuen Lakoizketako eruari lana, eta plaka bat jarri zuen haren base-rian, 1924ean: “Etxe ontako seme zen Lakoizketa jauna, landare jakintzan euskaldun nagusia. Euskaldunak zor diogun aipamenaz jasotako oroitarria”.●



ARG.: JESUS ARREGI

JESUS ARREGI BENGOA

Astrofisikaria

Jesus Arregi Bengoa (Aretxabaleta, 1958). Astrofisikan egin zuen doktore-tesia EHUn, eta, sortu zutenetik, Planeta Zientzien taldeko kidea da. Fisikako irakaslea da EHUn, eta hainbat liburu eta artikuluren egilea.

“Oso garbi dut zer gustatuko litzaidakeen: bizia aurkitzea”

ANA GALARRAGA Aiestaran
Elhuyar Zientzia

Jesus Arregik berehala erantzun dio Elhuyarren eskaerari. Hain zuzen ere, Elhuyarren ohiko kolaboratzailea da. Hala, sarritan parte hartu du aldizkarian, Norteko Ferrokarrilla irratsaioan, Teknopolis telebista-saioan zein Elhuyarren Zientzia eta Teknologia Hiztegi Entziklopedikoan, besteak beste. Oraingoan ere, ez du hutsik egin, eta erantzun mamitsuak eskaini ditu.

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

Egia esan, ez dago aurkikuntza edo gertakari zehatz bat. Orain, adibidez, New Horizon zunda Plutondik gertu-gertutik igaro dela eta, harrigarria egiten zait nola garen gauza horrelako asmakuntzak kontrolatzeko, bederatzi urtetan hortik zehar ibili, hara iritsi, eta gauzak guk pentsatu bezala egiteko. Laster erretiratzeko adina izango dudan arren, halakoek zurtu egiten naute oraindik.

Beste era batera, harritzen nau baita nola jendea ez den jabetzen zientziaren balioaz. Erabiltzen dituzte telefono mugikorrak, ohartu gabe halako bat lortzeko zenbat jende aritu den lanean lehenik oinarritzko zientzian eta gero garapen teknologikoan, zertarako, eta agian esateko zalantzarik dela gizakia ilargira iritsi zela.

Ni benetan harritzen nauena da zientziak berez duen garatzeko indarra. Galdera batek beste bat ekartzen du, erantzun batek beste norabait joateko atea irekitzen baitu. Horrek egiten du jakintzan sakontzea eta zabaltzea. Hori niri harrigarria iruditzen zait, eta uste dut gizartea ez dela ohartzen eta ez duela aintzat hartzen. Nire iritziz, zientziak berezkoa du garatzeko indarra, baita gu garatzekoa ere, indarra, eta niretzat hori gehiago da ona txarra baino.

Horrekin lotuta, niri txundigarria iruditzen zait, ordenagailuak zabaldu direnetik, zer indar eman dion horrek zientziari, aurrera egiteko, zabalatzeko eta sakontzeko.

Zer iraultzaren edo aurkikuntzaren lekuko izan nahiko zenuke zure ibilbidean?

Oso garbi dut zer gustatuko litzaidakeen: bizia aurkitzea. Gure planetatik kanpo, noski, eta nahiz eta oso bizi xumea izan. Baina, ilargira joan nahiko nukeen bezala, horixe da nire ametsa, bizia topatzea.

Eguzki-sisteman izango litzateke, oraingoz ezin baitugu joan beste izar batera, eta auskalo inoiz izango ote dugun hori egiteko aukera, distantzia izugarria baita. Baina eguzki-sisteman bertan badaude tokiak baldintza egoki samarrak dituztenak bizia garatzeko, oso modu xumean bada ere; adibidez, Jupiterren edo Saturnoren satelite-sistemetan. Badirudi han ura badagoe-la, likidoa gainera, beraz, tenperatura egokia izan daiteke... Nik hori nahi nuke.

Eta ez dut hain urruti ikusten. Gogoan dut duela urte batzuk, ez oso aspaldi, irratan esan nuela turismo espaziala ezagutuko genuela, eta handik gutxira jakin nuen bat joan zela espaziora, dirua ordainduta. Beraz, zergatik ez? Bizia topatuko bagenu, eta uste dut gerta daitekeela, iraultza kulturala izango litzateke. Gizartearen oinarriak aldatuko litzuke. ●

bat

Soziolinguistika aldizkaria

HIZKUNTZA NORMALKUNTZA ETA GLOTOPOLITIKA ALDIZKARIA

kluster@soziolinguistika.eus
http://www.soziolinguistika.eus
Soziolinguistika Klusterra
Martin Ugalde K.P.
20140 - ANDOAIN

BAT ALDIZKARIA 95 ZENBAKIA

Lurraldearen eta hizkuntzaren arteko loturak

Itxaso Olaizola

Hizkuntza-ekologia paradigma:
ekologiaren begirada hizkuntzen babeserako.

Iñigo Urrutia

Euskarazko udal jarduerak ba al dute lege babes
eraginkorrik? Normalizazio eredu berri baten bila.

Iñaki Iurrebaso

Udalerri erdaldunak euskalduntzen eta euskaldunak
erdalduntzen, arnaguneak arriskuan. EAE, 1981-2011.

Imanol Esnaola

Udalerri euskaldunen bilakaera
sozioekonomikoa.

Unai Fernandez de Betoño

Paisaia-politika ezarri berriaren aukeraz.

**Zigor Etxeburua eta
Mertxe Mugika**

Gipuzkoako foru aldundiaren hizkuntza
politikaren ebaluazio soziala: eragileen
parte hartze kritikoa sustatu eta
eskubideak bermatzeko eredu.

**Zigor Etxeburua eta
Maren Belastegi**

ELE - Eragin linguistikoaren
ebaluazioa.

**Arritxu Zelaia eta
Goizane Arana**

Tolosaldeko Lurraldearen
Zatiko Planaren Eragin
Linguistikoaren Ebaluazioa.
Kasu praktiko bat.

MUNDUKO
SOZIOLINGUISTIKAREN
LEIHOA

Beñat Garaio

Nola ikusten dute euskararen
biziberritzea atzerrian?
Hizkuntza gutxituekin diharduen
unibertsitate baten kasua: SOAS
unibertsitateko HRELP egitasmoa.



LDM: LURREKO TELEBISTA DIGITALAK BIZIRAUTEKO TEKNOLOGIA BERRIA, EHUREN ESKUTIK

JON MONTALBAN SANCHEZ
TSR ikerketa-taldea
EHUko Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa

EHUko TSR taldeak beste ikerketa-talde batzuekin batera garatu duen LDM teknologia erreferente da munduan. Besteak beste, Ipar Amerikako Lurreko Telebista Digitalerako standard berriak teknologia hau hautatu du. Hitz gutxitan, espektro erradioelektrikoaren erabilaren eraginkortasuna hobetzen duen partekatze-sistema digitala da LDM. Hari esker, era eraginkorrago batean transmiti daitezke hainbat zerbitzu baliabide gutxiago erabiliz.

AIREKO ERREPIDE IKUSEZINA: ESPEKTRO ELEKTROMAGNETIKOA ETA AUTO-ILARAK

Informazioaren gizartea da gurea. Aro hone-
tan, ezinbestekoa den informazio-fluxua
alde batetik bestera garraiatzen duten mila-
ka irriti uhinez inguratuta gaude une oro,
giza begirako ikusezina izan arren. Anaba-
sa horri ordena bat emateko, erakunde pu-

blikoek zehaztutako araudiaren arabera antolatzen dira haririk gabeko komunikazio guztiak, eta, bestea beste, espektro erradioelektrikoaren tarte bat egokitzen zaio bakoitzari.

Era sinplean azalduta, egunero gure sakelako telefonoetara edo telebista-antenetara informazioa daramaten garraibide iku-

sezinak dira uhin elektromagnetikoak, zeinak espazioan zehar hedatzen baitira eta osagai elektriko eta magnetiko elkarrekiko perpendikularrak baitituzte. Adibide batekin ulertzeko, kostaldean ikus ditzakegun itsa-soko uhinen oso antzekoa da uhinen hedapena, baina hedabidea ura izan beharrean airea izanik. Anplitudeaz eta uhin-luzeraz



ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/KENTOH

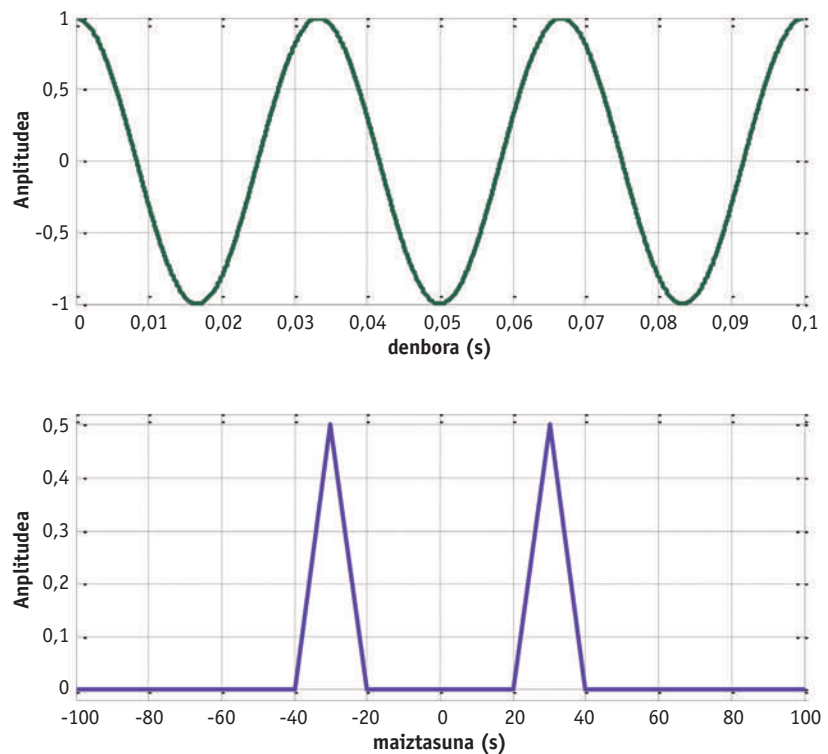


gain, maiztasuna ere bada uhin erradioelektrikoen berezko magnituda. Labur esanda, uhin baten frekuentziak edo maiztasunak adierazten du uhina bera segundoan zenbat aldiz errepikatzen den; horrenbestez, edozein uhin elektromagnetiko transmititzeko denbora-tarte bat libre izateaz aparte, dago-kion frekuentzia-multzoak ere libre egon beharko luke interferentziarik ez egoteko. Fenomeno horren azalpen grafikoa 2. irudian ikus daiteke.

Hala, hotzean, arrotz egin dakigukeen arren, egunerokotasunean sarritan egiten dugu topo maiztasunaren kontzeptu horrekin. Nork ez du buruan, esaterako, bere irati gogokoenaren frekuentzia zein den, gustuko duen programa sintonizatzeko orduan (100.1 MHz, kasu)? Edota, nork ez du azkenengo urte edo hilabeteetan telebista-seinalea berriz sintonizatu behar izan? Funtsean, galdera horren gakoa seinaleen antolaketa espektralean datza.

Orobat, uhinen ezaugarri horren ezaugarria —maiztasunarena, alegia— ezinbesteko tresna bilakatu da belaunaldi berriko teknologiak garatzeko. Ezaugarri horri esker, esate baterako, posible da aldi berean (denbora-tarte berean) antena bakar batetik hainbat telebista-saio aieratzea, bakoitzari espektrorrekentzialaren zati bat egokituz.

Jar dezagun adibide praktikoa: haririk gabeko transmisioa egungo garraio-sistemarekin pareka daiteke (ikus 3. irudia). Demagun informazio-iturri ezberdinek, zeinak irudian kamioi gisa adierazi baititugu, Bilbotik (antena igorletik) Donostiara (hargailura) bidaiatu behar dutela. Lehengo aukeran (1. kasua: TDM (Time Division Multiplexing)), errei bakarreko errepide nazionala baliatuz bidal genitzake (kostaldeko bidetik, adibidez), bakoitzari denbora-tarte bat esleituz, kamioi bakoitza bata bestearen atzetik jarritz. Argi dago intenbide hori ez dela oso eraginkorra auto-ilara handiak sor daitezkeelako, eta, horrenbestez, “informazio-jarioa” moteldu daitekeelako. Zein da, bada, intenbidea? Aukeretako bat litzateke espazio bera erabiliz kamioi edo informazio-seinale bakoitzaren maiztasuna baliatu eta informazio-jarioa errei (espektraren atal) ezberdinetan kokatzea. Hala, errei bakarreko errepidea errei anitzeko autobide bilakatu dugu, bidearen edukiera handituz (2. kasua: FDM). Liburu teknikoetan bilatuz gero, fenomeno horren atzean Frequency Division Multiplexing (FDM) edo Multiplexazio Frekuentziala



2. irudia. Uhin baten irudikapena denboraren eta frekuentziaren eremuan.

dagoela ohar gaitezke. Oso teknika erabilia da, besteak beste, egunero etxean jasotzen ditugun telebista-seinaleak horrela antolatzen baitira.

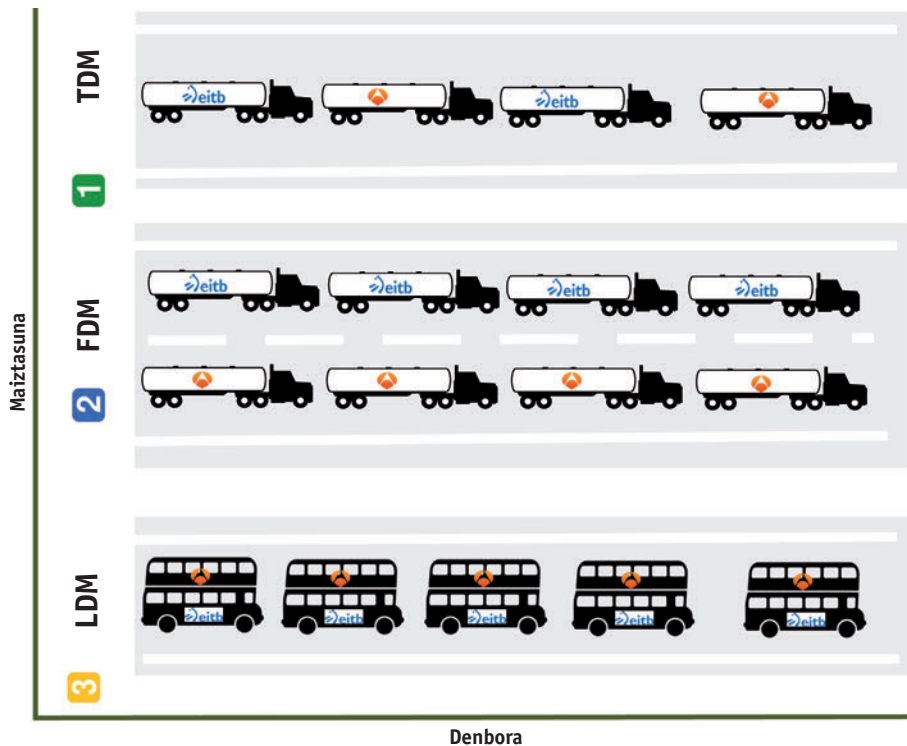
LDM MULTIPLEXAZIO-SISTEMA BERRIA: AUTO-ILARA GEHIAGORIK EZ

EHUn garatu den LDM multiplexazio-sistema berria (Kanadako Communication Research Centre eta Koreako Electronics and Telecommunications Research Institute taldeekin lankidetzan), esleitutako denbora-tartean eta maiztasun osoa aprobetxatuz banatzen da transmititutako potentzia, maiztasuna edo denbora partekatuta beharrean. Funtzionamendua sinplea da: informazio-fluxuak bata bestearen gainean kokatzen dira, eta bakoitzari potentziaren tarte bat egokitzen zaio. Egitura horri esker, seinaleak transmititzeko eskura dituzten baliabideak ehuneko ehunetan erabiltzen dituzte igorleek, bai denboraren eremuan bai frekuentziaren eremuan. Argiago ikusteko, har dezagun garraioen adibidea. LDM teknikak proposatzen duena zera da: eraginkortasuna handitzeko bi edo hiru solairuko ibilgailuak erabiltzea; hau da, kamioi arruntak

eraman beharrean, kotxeak eramango litzuketen kamioiak erabiltzea, edota autobus normalak erabili beharrean, espazio berbera hartuta informazioa garraiatzeko ahalmena bikoiztuko luketen bi solairuko autobusak baliatzea (3. kasua).

Teknologia hau ezinbestekoa izango da etorkizuneko LTDarentzat. Izan ere, espektrorradioelektrikoaren erabilerrari dagokionez, informazio-hedabide guztien artean azken urteotan eztabaidarik handiena sortu da telebista digitalak duen frekuentzia-tartearen esleipenaren inguruan. Aditu askoren arabera, telebistak ez ditu modu eraginkorrean kudeatzen hari esleitzen zaizkion baliabideak; hori dela eta, espektroraz arduratzen diren erakundeek zenbait proposamen jaso izan dituzte, telebistaren digitalizazioaren ondorioz libre geratu diren frekuentzia-tarteak beste zerbitzu eraginkorrrago batzuei eskaintzeko, telefonia mugikorriari, adibidez.

Horrez gain, telebista digitalaren lehenengo belaunaldiari, TDTari alegia, zerbitzu mugikorrek eskaintzeko gaitasunik eza leporatzen diote. Arazo hori biziki kritikoa da; izan ere, azkenengo ikerketen arabera, datu



3. irudia. Multiplexazio-sistema ezberdinen adibide grafikoa.

mugikorreren trafikoa hamaika aldiz handituko da 2015 eta 2018 bitartean; areago, epe horren bukaera aldera, trafiko osoaren bi heren bideo-streaming-ari egokituko zaizkio. Horrenbestez, datoen belaunaldietako irratibidezko hedapen-sistementzat, ezinbesteko baldintza izango da edonon ikusi ahal izatea bereizmen handiko telebista-hargailu mugikorreren bidez.

Arazo horiei aurre egin diezaioketen teknologien artean, adituak begi onez ari dira ikusten LDMa. Izan ere, sistema eraginkorra goa izateaz gain, egungo teknologiarekin guztiz bateragarria den soluzioa da, eta, berez, gaur egun dagoen teknologiarik aldageta gutxi batzuk egitea baino ez litzateke behar. Azpimarragarria da, halaber, eraginkortasun horri esker zerbitzu mugikorre baliabide gehiago eskaintzeko aukera dagoenez, multiplexazio-sistema honekin zerbitzu mugikorreren estaldura bikoiztu edo hirukoiztuko litzatekeela ohiko multiplexazio-sistemekin alderatuz gero.

Hala, Ipar Amerikako ATSC 3.0 Lurreko Telebista Digitalaren Standard berriaren talde teknikoak LDM teknologia aukeratu du bere hurrengo telebista belaunaldiako irtenbide teknologiko gisa. Horrenbestez, litekeena da etorkizun batean, besteak beste,

Ipar Ameriketara eta Hego Korean salduko diren telebista-hargailu gehienek Euskal Herriko Unibertsitateak beste talde batzuekin batera garatutako teknologia horren inplementazio bat izatea.

EHU-KO TSR TALDEAREN EKARPENAK LDM-AREN ARLOAN

EHUko Seinalearen Tratamenduaren eta Irrati-komunikazioen Taldea (TSR) —Manuel Velez Elordi eta Pablo Angueira irakasleen gidaritzapean— LDMaren hastapenetan egon zen, eta, horrenbestez, hasieratik ideia garatuko zuten taldeekin elkarlan estuan aritu zen. Are gehiago, multiplexazio-sistema berri honen lehenengo garapen teoriko/praktikoek TSR taldea izan zuten aitzindari; izan ere, hargailua diseinatze funtsezkoak ziren algoritmoak Jon Montalban Sanchezek EHU defandatutako doktore-tesiaren barruan garatu ziren. TSR taldean garatutako algoritmoek frekuentzia-kanal bakoitzean, edo autobus bakoitzean, bidalitako informazio-iturriak ezberdintzeko mekanismoak garatu zituzten. Sistema oso bat proposatu ez arren, etorkizun hurbilean LTDak aurre egin behar izango dien bi erronka nagusiei irtenbide zuzena eman diezaikeen teknologia zehatza planteatzen du, hots, arestian

aipatutako espektro erradioelektrikoaren erabilera eraginkorra eta zerbitzu mugikorreren eskaintza bermatuko lukeen multiplexazio-sistema berri bat.

Bukatzeko, aipatzekoa da TSR taldean hainbat ikerketa teoriko eta praktiko gauzatu direla proposamen horren baliagarritasuna frogatzeko. Aipatzekoa da, halaber, horretarako mundu mailan garatu den lehen LDM hargailua erabili izan dela. Gerora, Euskal Herriko Unibertsitatearen izena nazioarteko hainbat erakusketetara eraman du hargailu horrek, LDMaren onurak erakustera, besteak beste, Las Vegasen NABSHOWra 2015ean, non sektoreko 100.000 profesional baino gehiago batzen diren. Horrez gain, aurretiaz aipatutako tesian oinarritutako argitalpenek ekarpen onenaren saria eskuratu zuten 2014an Pekinen (Txinan) eta 2015ean Gantzen (Belgikan) ospatu ziren IEEE Broadband Multimedia Systems and Broadcasting nazioarteko biltzarretan. ●

BIBLIOGRAFIA

- MONTALBAN, J.; LIANG ZHANG; GIL, U.; YIYAN WU; ANGULO, I.; SALEHIAN, K.; SUNG-IL PARK; BO RONG; WEI LI; HEUNG MOOK KIM; ANGUEIRA, P.; VELEZ, M.: "Cloud Transmission: System Performance and Application Scenarios", *Broadcasting, IEEE Transactions on*, vol. 60, (June 2014), no. 2, pp. 170-184.
- BERG, K.; UUSITALO, M.A.; WIJTING, C.: "Spectrum access models and auction mechanisms", *Dynamic Spectrum Access Networks (DYSPAN)*, 2012 IEEE International Symposium on, pp.97-104, 16-19 Oct. 2012.
- WU, Y.; RONG, B.; SALEHIAN, K. GAGNON, G.: "Cloud Transmission: A New Spectrum-Reuse Friendly Digital Terrestrial Broadcasting Transmission System", *IEEE Trans. on Broadcasting*, (Sept. 2012), vol. 58, no. 3, pp. 329-337.
- IBANEZ, J.A.; THORSTEN, L.; DALIBOR, T. ZANIN, L.: *Mobile TV over 3 G networks-Service and enablers evolution*. 1, 2008.
- YIYAN WU; HIRAKAWA, S.; REIMERS, U.H.; WHITAKER, J.: "Overview of Digital Television Development Worldwide", *Proceedings of the IEEE*, vol. 94, (Jan. 2006) no. 1, pp. 8-21.
- Fox, B.: "The digital dawn in Europe [HDTV]", *IEEE Spectr.*, vol. 32 (Apr. 1995), no. 4, pp. 50-53.



berria astekaria

eskutik goaz

BERRIAren asteko artikulua hautatuak, ostiralero,
eskuko telefonoan eta tabletan



- > ASTEROKOA
- > BISUALA ETA IRAKURTERRAZA
- > ARTXIBO OSOA ESKURA
- > BANATZEKO AUKERA
- > JAKINARAZPENAK
- > DOAKOA

Deskargatu aplikazioa, erabili, zabaldu
edukia, eta lagundu zure ekarpenarekin
halako egitasmoak garatzen:
www.berria.eus/berrialaguna

deskargatu aplikazioa



Download on the
App Store



ANDROID APP ON
Google play

berria·mundua·euskarari·emana

SATELITE BIDEZKO KOKAPEN-SISTEMA ASKOTARIKOAK

XABIER ZUBIZARRETA ARANO
Fraunhofer IIS-ko Satellite Hargailuen
departamentuko ikertzailea
(Nurenberg, Alemania)

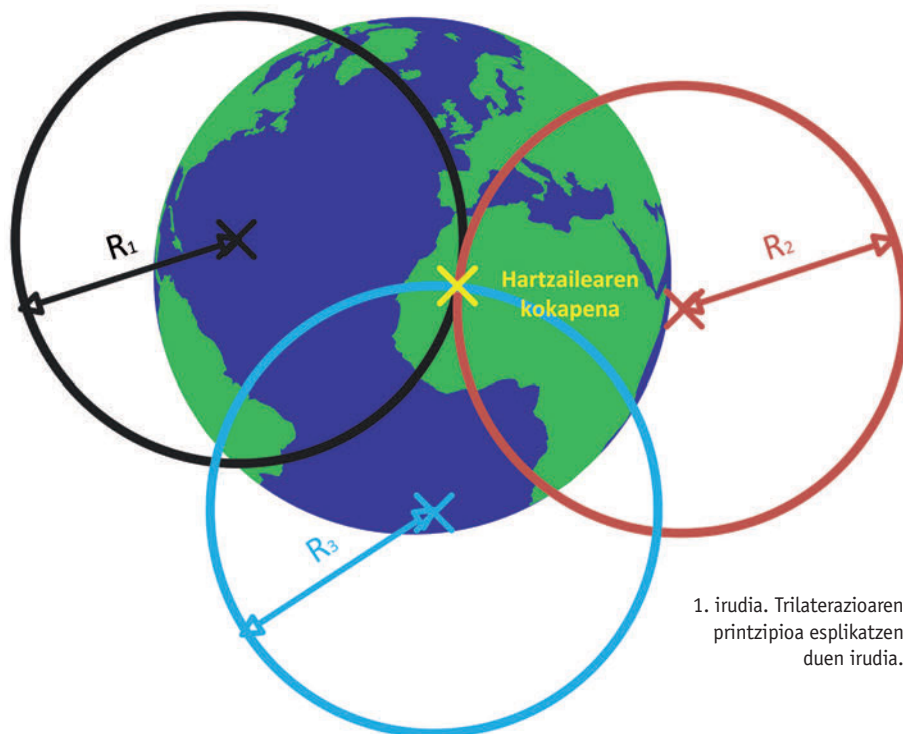
Duela urte gutxi arte, iparrorratz eta mapen beharrik gabe, satellite bidez orienta zitezkeen bakarrik gobernu-erakundeak ziren. Baina geroz eta esparru gehiagotara ari dira iristen satellite bidezko kokapen-teknologiak. Arraroa da gaur egun GPS gabeko mugikorrik aurkitzea merkatuan. Baina GPS amerikarra al da satellite bidezko nabigazioa eskaintzen duen sistema bakarra? Dударik gabe, Gerra Hotzaren testuinguruan, errusiarrak izan ziren aurrenak lehia horretan sartzen, beren GLONASS sistemaren bidez; baina, gaur egun, beste hamaika herrialdek dute beren satellite bidezko nabigazio-sistema.

A puntutik B puntura modu eraginkorrean bidaiatzeko, derrigorrezkoa da haien kokapena zehazki jakitea. Helburu hori lortu nahian dabil gizadia duela bi mila urtetik. XVI. eta XVII. mendeetako komertzio eta kolonizazioaren eta XX. mendeko gerra hotz eta beroen ondorioz, puntu horiek milimetro mailako zehaztasunez jakitera iritsi gara gaur egun. Horretarako, beharrezkoak izan dira matematika, astronomia eta erlojugintzako aurrerapenak.

Nabigazio egoki baterako, aurrena beharrezkoa da erreferentzia- edo koordenatu-sistema bat ezartzea. Antzinako greziarrek bazekiten Lurra esferikoa zela, eta, antza denez, haren tamainaren ideia hurbil bat ere bazuten. Aldaketa gutxiarekin, gaur egunera iritsi da haien erreferentzia-sistema: latitude- eta longitude-sistema, alegia.

Latitudea definitzea eta neurtzea erraza izan zen; izan ere, erreferentzia natural bat zegoen, ekuatorea, eta bi poloak 90° -ko distantzia berera zeuden ekuatorearekiko. Hori guztia neurtzea erraza zen iparrizarrari esker. Longitudea neurtzea, ordea, zailago gertatu zen, ez baitzen neurketarako inolako erreferentzia naturalik. Longitudea neurtzeko sistemak sortzea izan zen XVII. eta XVIII. mendeetako hainbat zientzialari eta artisaren lana. Longitudea zehaztasunez jakitea estuki lotuta zegoen denbora neurtzarekin, Lurrak 24 orduan 360° -ko itzulia ematen baitu, alegia, orduko 15° . Hartara, bi tokitako ordu lokalen arteko aldea jakiterik bada, haien arteko longitude-diferentzia ere jakin daiteke.

John Harrison (1693-1776) arotz britainiarra, 1761ean, 20.000 liberako saria —dirutza zen garai hartan— irabazi zuen, orduraino



1. irudia. Trilaterazioaren printzipioa esplikatzeko duen irudia.

asmatu zen erlojurik zehatzena sortzeagatik. Erlojuak 27 kg pisatzen zuen, eta egunean segundo bakarreko akatsa eragiten zuen. Konparazio baterako, mila urte igaro beharko lirarteke gaur egungo erlojuak datarmaten kuartzozko kristalak segundo bateko akatsa eragiteko. Harrisonen kronografoari esker, longitudea zehaztasun onargarriarekin neurtzea lortu zen lehen aldiz historian.

XX. mendean, bestalde, nabigazioaren mundua zeharo eraldatu zuen irrati-gailu eta irrati-uhinen aurkikuntzak. Berehala jabetu ziren irrati-uhinak abiadura jakin batean

hedatzen zirela. Zoritxarrez, berriro ere, denbora neurtzearen kontua suertatu zen arazo nagusia. Izan ere, irrati-uhinen hedapen-abiadura bizkorra zela medio, gero eta erloju zehatzagoak behar ziren zehaztasun nabari-ko neurketak egiteko. Funtsean, k transmisio-estazioaren kokapena (x_k, y_k, z_k) eta transmisio-unea zehazki jakinez gero, erraza litzateke haren eta hartzailearen arteko distantzia kalkulatzeko (d_k). Horrenbestez, trilaterazio deituriko prozedurari esker, hartzailearen kokapena (x, y, z) kalkulatu daiteke, gutxienez 3 transmisio-puntu eta -une jakinez gero.



$$\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2} = d_1$$

$$\sqrt{(x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2} = d_2$$

$$\sqrt{(x-x_3)^2+(y-y_3)^2+(z-z_3)^2} = d_3$$

Jakina, horretarako, denbora zehaztasunez neurtzea gakoa da. Gainera, hartzaileak irrati-uhinak jaso behar ditu, eta, horretarako, behar-beharrezkoa da transmisio-puntuak une oro eskura edo, hobe esanda, ikusgai izatea. 1957an, Sobietar Batasunak *Sputnik 1* satelitea orbitan jarri zuen unean bertan, mundu osoko zientzialariak jabetu ziren Lurraren inguruko orbita baino toki aproposagorik ez zegoela une orotan eta toki orotan eskuragarri leudekeen transmisio-reak ezartzeko. 60ko hamarkadako espazio-lehiaren ostean, GPS sistema ezaguna garatzen hasi ziren estatubatuarrek, baina 1995 arte ez zen erabilgarri izan eta 7 urte gehiago igaro ziren, harik eta Clintonen gobernuak militarren zehaztasun handiko seinalea publiko egin zuen arte. Handik gutxira, errusiarrak sartu ziren lehiari, baina ez zuten lortu GLONASS sistema % 100 erabilgarri izatea 2011 arte.

Nahiz eta Estatu Batuak eta Sobietar Batasuna izan aitzindariak satelite bidezko kopapen-sistemetan, gaur egun, hainbat espazio-agentzia eta gobernu ari dira euren sistema propioa eraikitzeko urratsak ematen. Besteak beste, 2000. urtean, Galileo sistema garatzen hasi zen ESA (Europar Espazio Agentzia). Nahiz eta hasiera batean 2008rako erabilgarri izan behar zuen eta mundu mailan 4 m-ko zehaztasuna eskaini behar zuen (GPSa baino 10 aldiz hobe),

proiektuko kide ziren estatuen tirabira politikoak eta Estatu Batuetako gobernuaren presioa direla medio, garapen-fasean dago oraindik. ESAREN azken iragarpenen arabera, 2020rako erabilgarri izatea espero da.

Txinak ere hainbat urrats eman ditu BeiDou deituriko sistemarekin. 2006an garatzen hasi ziren sistema hori, eta, dagoeneko, guztiz erabilgarria da Asia-Pazifikoko zonaldean. Japoniak eta Indiak ere beren sistema propioak dituzte, QZSS (Ia-Zenit Nabigazio Sistema) eta IRNSS (Indiar Eskualdeko Satelite bidezko Nabigazio Sistema), hurrenez hurren; nolanahi ere, sistema autonomoak izan beharrean, beste sistemen «laguntzailer» gisa baino ez dute funtzionatzen. Esate baterako, japoniar QZSSak seinale sendoago eskaintzen du ingurune jakin batzuetan. Konstelazioko satelite guztiak gorapen-angelu handi batean daude une oro, hargailuaren gainetik, eta hortik datorkio bere izena. Hala, eraikinek oztopatutako hedapen-bideak ekiditea lortzen da, eta garbi iristen da GPS seinalea Japonian horren ohiko diren *hiri-arroiletara*.

Espazio-agentzien aurreikuspenak uste bezala betetzen badira, ohiko sistemak hobetu eta sistema berriak abian jarriko dira urte gutxiren buruan. Hala, nabigazio-sistemen satelite-kopuruak gorakada nabaria izango du.

Nahiz eta gaur egun eskura dauden satelite-sistemak horren ugariak eta desberdinak izan, antzeko funtzionamendua dute guztiek, aurretiaz aipaturiko trilaterazioarena, alegia. Normalean, sateliteek, beren kopapena kalkulatzeko, Kepler orbita izaten dute eta denboraren parametroa duen mezua igortzen dute. Mezu hori luzera eta

maiztasun jakin bateko PRN (zarata pseudoaleatorioa) seinale zikliko batekin modulatu da. PRN seinaleak frekuentzia-domeinuan zarata zuriaren antzeko espektroa duen arren, aurretiaz ezarritako sekuentzia jakin bat jarraitzen du. Hartara, korrelazio bidez, seinalea PRN kodearen zein unetan jasotzen den kalkula daiteke. PRN kodeko unea denbora-unearekin erlazionatzen duen parametroak ere igortzen ditu sateliteak. Beraz, igortze-denbora eta hartze-denborak jakinda, berehala jakiten da seinaleak zer distantzia bidaiatu duen:

$$d_{\text{bidaiatua}} = (t_{\text{hartzea}} - t_{\text{igortzea}}) \times c,$$

non c argiaren abiadura baita.

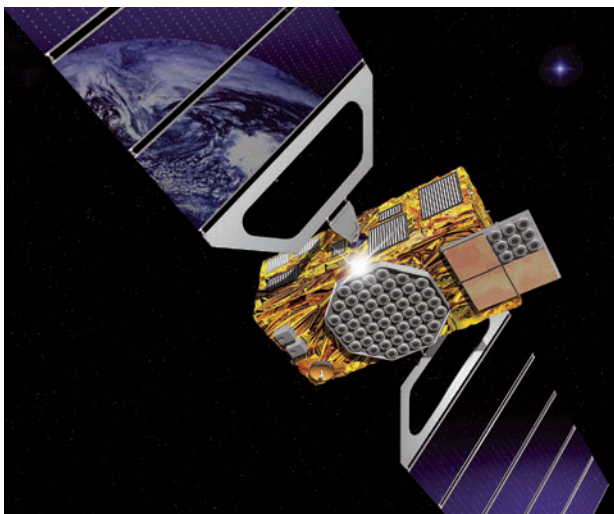
Alabaina, bi arazo nagusi ditu metodo honek: aurrena, nahiz eta sistema jakin bateko sateliteen erloju guztiak zehazki sinkronizatuak egon, satelitearen erlojua eta hartzailearen erlojua ez daude sinkronizatuta. Gainera, sateliteetako rubidiozko erloju atomikoen zehaztasuna ez dago konparatzerik gure mugikorrek duten kuartzozko erlojuarekin. Arazo horren konponbidea, ordea, erraza da. Trilaterazioaren prozedurari beste aldagai bat eranstean zaio, hartzaile eta igorlearen arteko denbora-aldea erakusten duena (δt). Beraz, kasu horretan, gutxienez lau satelite baliatu behar ditugu:

$$\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2} + \delta t = d_1$$

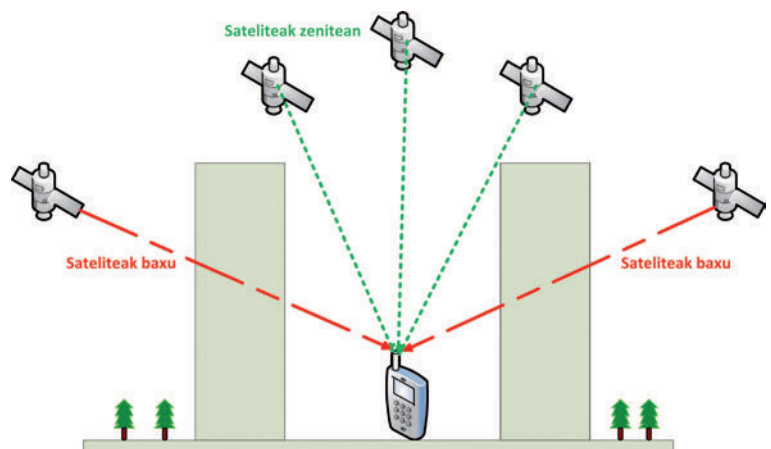
$$\sqrt{(x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2} + \delta t = d_2$$

$$\sqrt{(x-x_3)^2+(y-y_3)^2+(z-z_3)^2} + \delta t = d_3$$

$$\sqrt{(x-x_4)^2+(y-y_4)^2+(z-z_4)^2} + \delta t = d_4$$



2. irudia. Galileo satelitearen irudikapen artistikoa. ARG.: J. HUART/ESA.

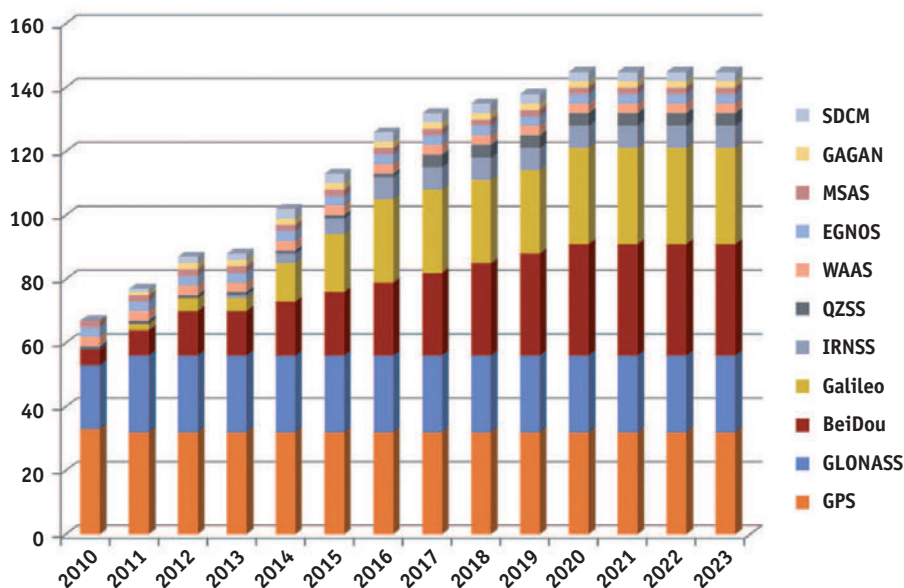


3. irudia. Sateliteen eskuragarritasuna *hiri-arroiletan*.

Bigarren arazoa, aldiz, konplexuagoa da. Izan ere, orain arte seinalearen hedapena uniforme eta konstantetzat jo dugu. Errealitatean, ordea, hainbat fenomenok alda dezakete seinalearen hedatze-bidea. Esate baterako, lurrazaletik 100 km eta 600 km bitarte aurkitzen den atmosferako geruza, ionosfera deitua, eguzki-erradiazioaren ondorioz ionizatutako partikulaz osatuta dago. Karga elektriko horrek aldatu egiten ditu irradi-uhinen abiadura eta hedapen-bidea. Bestetik, lurrazaletik gertuen dagoen atmosferaren zatian, troposferan, Lurraren atmosferaren masaren % 80 metatzen da. Gehienbat ur lurruna da, eta lurrinak ere airearen errefrakzio-indizea eta, beraz, uhinen hedapen-bidea aldatzen ditu. Azkenik, lurrazalean bertan, islapenak, bide anitzeko hedapenak (*multi-path propagation*) eta bideko oztopoek ere seinalea desbideratzen dute. Efektu horiek xehetasunez modelatzeko zailtasuna da satelite bidezko nabigazio-sistemaren zehaztasunaren errore-iturri nagusia.

Errore horiek neurri handi batean zuzendu daitezke DGPS sistema erabiliz (Mundu mailako Kokapen Sistema Diferentziala). Sistema horiek lurreko neurketa-estazio batzuetan oinarritzen dira. Neurketa-estazioek euren posizioa kalkulatzeko GPS sistemako sateliteak edo satelite propioak erabiliz, eta beren kokapena aurretiaz zehatz-mehatz badakitenez, kalkulaturako kokapenaren eta kokapen errealearen arteko aldea kalkulatzeko dute. Ondoren, efektu atmosferikoen errorea zenbatu daiteke, eta irratia bidez transmititu, interesatu dakiokeenari. Sistema horren bitartez, kokapen-zehaztasuna 10 m-tik 0,2 m ingurura hobetzea lortu daiteke. Zer esanik ez, DGPSaren erabiltzaile nagusiak abiazioaren alorretik, kartografiatik eta esparru militarretik datoz. Herrialde edo erakunde bakoitzak bere DGPS sistema propioa darabil, adibidez: WAAS estatubatuarra, EGNOS europarra, GAGAN indiarra, MSAS japoniarra eta SDCM errusiarra.

Beraz, bistan dago eskura dauden sistema guztiak erabiltzera joko dela etorkizunean, hainbat satelite-sistema batera erabiltzeko gaitasuna duten hargailuen bitartez. Hargailu horiek abantaila ugari eskaintzen dituzte. Adibidez, zerbitzu fidagarriagoa eskaintzen da, zenbait satelite-sistema, nahita edo nahigabe, erabili ezin geldituko balira ordezko beste hainbat hautabide izango bailirateke. Esan gabe doa, satelite-kopurua handituz gero, hargailua eraginkorra izango litzatekeen zonaldea ere



4. irudia. Hainbat nabigazio-sistemak eskaintzen duten satelite-kopuruaren bilakaera.
ITURRIA: HIROAKI TATESHITA.

zabalagoa izango litzateke. Gainera, sistema anitzetara egokituta egoteaz gain hainbat frekuentziatako seinalea jasotzeko ahalmena balu hargailuak, interferentziekiko sendagoa izango litzateke. Bestalde, esan beharra dago halako hargailuek alde txarrik ere badutela; izan ere, konplexutasun handiagoa izateaz gain, satelite-sistema guztiak ez dira bateragarriak izateko pentsatu. Hau da, batzuetan, bi sistemen sateliteen kokapena oso antzekoa dela eta eskaintzen duten hobekuntza edo informazioa erredundantea izan daiteke.

Satelite anitzeko hargailuak ezin izan dira duela gutxi arte praktikoki garatu, GPSa baitzen sistema erabilgarri bakarra. Azken urteetan, ordea, GLONASS eta BeiDou merkatura zabaldu izana lagungarri izan da halako hargailuak ager daitezen. Esate baterako, Apple eta Samsung-en azken mugikor-modeloek GPS + GLONASS bidezko kokapena eskaintzen dute, eta Xiaomi fabrikatzaileak —zeina gorabidean baitoa— BeiDou sistema gehitu dio binomio horri bere azken modeloetan.

Non gauden jakitea betidanik izan da gizakion nahia eta beharra. Garai batean ezjakintasunean galduta egotetik, gure kokapena edonon eta edonoiz azkar eta zehatz jakitera igaro gara. Azken hamarkadetan, gainera, satelite bidezko kokapen-teknologiek gorakada itzela izan dute. Beste behin ere ikusi da nazio eta erakunde anitzen elkarlanari esker aurrerapen nabariak izan daitezkeela esparru zientifiko, tekniko zein sozialean ere. ●

BIBLIOGRAFIA

- BONET, B.; ALCANTARILLA, I.; FLAMENT, D.; RODRIGUEZ, C. & ZARRAOA, N.: "The benefits of multi-constellation GNSS: reaching up even to single constellation GNSS users" In *Proceedings of the 22nd International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation*, 2009, S. 22-25.
- BORRE, K.; AKOS, D. M.; BERTELSEN, N.; RINDER, P. & JENSEN, S. H.: A software-defined GPS and Galileo receiver: a single-frequency approach. *Springer*, 2007.
- "GPSWorld: Interchangeability Accomplished" In *GPS World* (2014).
- "GPSWorld: Galileo: A Constellation of One?" In *GPS World* (2014).
- MISRA, P. & ENGE, P.: "Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance Second Edition". *Lincoln, MA: Ganga-Jamuna Press*, 2006.
- MONTENBRUCK, O.; STEIGENBERGER, P. & HAUSCHILD, A.: "From China with Love - The BeiDou Navigation System" In *Satellite Navigation Seminar TUM.*, 2013.
- RUEGAMER, A.; FOERSTER, F.; STAHL, M. & ROHMER, G.: "A Flexible and Portable Multiband GNSS Front-end System" In *ION GNSS 2012*, 2012.
- SOMESWAR, G. M.; RAO, T. S. C. & CHIGURUKOTA, D. R.: "Global Navigation Satellite Systems and Their Applications" In *International Journal of Software and Web Sciences (IJSWS)* (2013), S. 17-23.

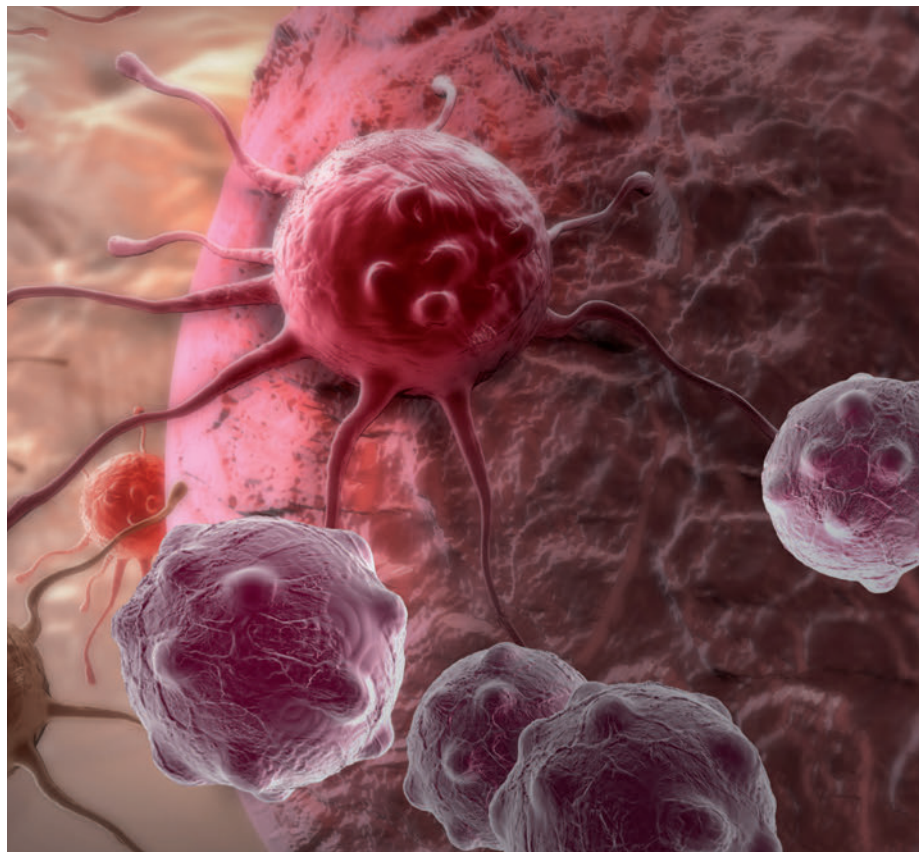
<http://gpsinformation.net/main/altitude.htm>.

GURE GORPUTZA, MINBIZIAREN KONTRAKO ARMA BOTERETSUA

NEREA OSINALDE MORALEJA
SDUko (University of Southern Denmark) Biokimika eta
Biologia Molekularra Saileko ikertzailea eta EHUko
Biokimika eta Biologia Molekularra Saileko irakaslea

MIREN J. OMAETXEABARRIA IBARRA
EHUko Biokimika eta Biologia Molekularra Saileko
irakaslea eta ikertzailea

Minbiziaren aurka egiteko estrategiak nabarmen aldatu dira azken bi hamarkadetan; minbizi-zelulen kontra inesppezifiko jarduten duten agente kimiko edota erradioaktiboak ohikoenak izanik ere, zelula-mekanismo zehatzak itu dituzten tratamendu sofistikatuak erabiltzeko bideak urratzen ari dira ikertzaile eta medikuak. Immunoterapia da, gaur egun, minbiziari eraso egiteko estrategiarik itxaropentsuena, zeinak norbanakoaren immunitate-sistema indartuz tumoreak suntsitzea duen helburu. Baina zergatik indartu gure berezko babes-mekanismoak? Ez al dira berez eraginkorrak?



ARG.: ©DOLLARPHOTOCLUB/VITANOVSKI

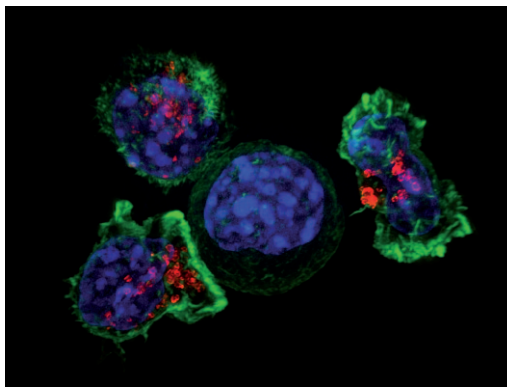
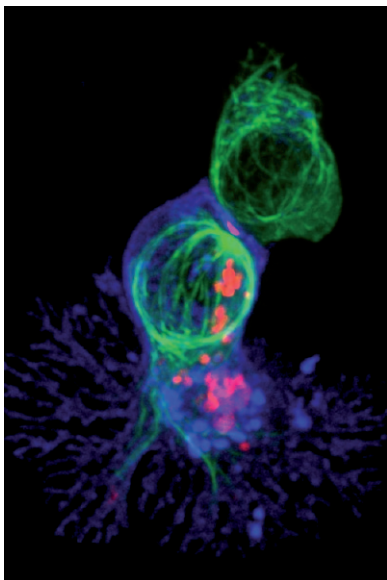
Biziaren oinarritzko piezak dira zelulak; zenbat eta hobeto ezagutu zelulen egitura, funtzionamendua eta elkarrekin edota euren ingurunearekin dituzten elkarrekintzak, orduan eta gehiago ikusten ditugu perfekzioetik hurbil dauden makinerien gisara. Zelulok gai dira milaka aldiz zatitzeko, eta oso konplexua den zatiketa-prozesua izugarri zehatz den arren, noizbehinka akatsak suerta daitezke. Akats horiek konpontzeko mekanismo ugari dituzte zelulek, baina, maiztasun txikiarekin bada ere, zenbait kasutan akatsak konponezinak dira. Halakoetan, zelulak kontrolik gabe zatitu daitezke, eta, hilezko bihurtu; alegia, minbizia gara daiteke.

Tradizionalki, minbiziari agente kimiko edota erradioaktiboen bidez egin zaio eraso. Terapia horiek, hazkuntza azkarreko minbizi-zelulen DNA kaltetzeaz gain, zelula osasuntsuen DNAn ere badute eragina, eta, ondorioz, terapiak iraun bitartean kudeatu

behar izaten dira terapia horien toxikotasuna eta albo-ondorio desatseginak. Hori horrela izanik, azken urteetan, aurrerapauso garrantzitsuak ematen ari da komunitate zientifikoa eta komunitate medikoa hain olakorak ez diren terapia eraginkorrak eta espezifikoak garatzen. Bide horretan, immunoterapia da nabarmen gailendu dena. Hain da itxaropentsua immunoterapiak urratu duen bidea, ezen Science aldizkariak 2013an urteko aurrerapen izendatu baitzuen [1]. Minbizia tratatzeko guztiz bide berria zabaltzen du immunoterapiak, zeinetan, tumorea bera itu izan beharrean, immunitate-sistema hartzen den helburu. Tumoreen immunozeintzaz hitz egitean, ostalariaren tumorearen kontrako immunitatearen eraginkortasunaz ari gara. Hori bermatzeko, ezinbestekoa da immunitate-sistemako zelula-mota desberdinek modu koordinatuan jardutea; izan ere, elkarri lotutako makina

bat prozesuren ondorio konplexua da erantzun immunea.

Konplexutasun horretan, T zelulek edo T linfzitoek garrantzi handia daukate erantzun immunologikoaren garapenean. Milioika T zelula ari dira une oro odolean bidaiatzen, elementu arrotzak daudenetz behatzen. Koilarakada bat odoletan 5 milioi inguru T zelula egon daiteke, ugariak bezain txikiak baitira. Batez beste, 10 mikrometroko luzera daukate, giza ile baten lodieraren hamarren bat dira, alegia. Pertsona osasuntsuetan, loaldian egon ohi dira T linfzitoak, baina arrotza den osagai edo zelularen bat detektatutakoan, hala nola minbizi-zelula bat, T zelulak zatitzen hasiko dira haren kontra egin eta suntsitzeko helburuarekin. 2. irudian ikus daiteke zer gertatzen den T zelula batek minbizi-zelula bat hautematen duenean. Behin T zelula (berdez) minbizi-zelulari (urdinez) lotzen zaionean, lehenagoak zitotoxina ize-



2. irudia. T zelulak (berdez) minbizi-zelula bat (urdinez) detektatzean, suntsitu egiten du, zitotoxinak (puntu gorriak) txertatuz.

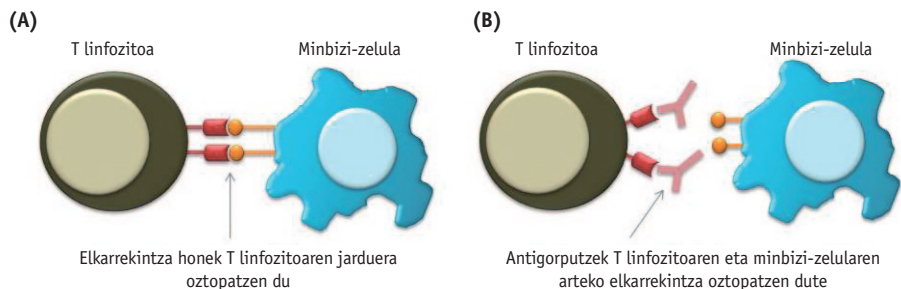
naz ezagutzen diren proteina “pozoitsuak” (puntu gorriak) barneratzen dizkio minbizi-zelulari. Horren ondorioz, minbizi-zelula hil egiten da, eta T linfzitoa prest dago bere hurrengo biktima bilatzen hasteko.

Arestian esan bezala, elementu arrotza suntsitu aurretik, T linfzitoak zatitu egiten dira, kopuruz handitu eta erantzuna eraginkoragoa izan dadin. Immunitate-sistemak berak sintetizatzen duen 2-interleukina (IL-2) izeneko molekula txikiak ematen du T zelulak zatitzen hasteko seinalea [2]. IL-2ak T zelulak ugalarazteko zer gaitasun duen ikusirik, azaleko minbizia zuen emakume baten tratamendurako erabili zen, orain hiru hamarkada. Aurretik inolako hobekuntzarik ekarri ez zioten hainbat tratamendu jasotako zen emakumea. IL-2az tratatutakoan baina, tumorearen ertzeko zelulen heriotza masiboa gertatu zela behatu zuten. Tumoreak uzkuritu egin ziren bi hilabeteko epean, eta hilabete batzuen ondoren, minbizi-zantzurik ez zen hauteman. Hurrengo 29 urteetan emakumeak ez du bestelako minbizirik garatu. Hori izan zen IL-2 bidezko tratamenduen eraginkortasunaren frogatzat hartutako lehen lana, eta, hortaz, gaixoaren immunitate-sistemak tumoreak suntsitzeko duen gaitasunaren frogatzat [3]. Lan horien ondotik, 1992tik aurrera, Droga eta Elikagaien Administrazioak (FDA) onetsita, IL-2a da azaleko minbizia eta giltzurrunetako minbiziaren kontrako ohiko tratamendua.

TUMOREEK IMMUNITATE-SISTEMA SAIHESTEKO ERABILTZEN DITUZTEN TRIKIMAILUAK

Baina zergatik bultzatu behar da T zelulen ugalketa? Ez al dute berez minbizi-zelulak

ezagutzeko eta erasotzeko gaitasunik? Erantzuna ezezkoa da tamalez, eta, hori azaltzeko, tumorearen mikroingurunearen bereizitasunei erreparatu behar diegu. Minbizia saiaturiko da ostalariaren erantzun immuneari ihes egiten edota hura aldarazten, bere biziraupena eta garapena ziurtatuko badu, eta besteak beste horretarako gako diren T zelulen inhibizioa eragingo du. Kontraesan badihudi ere, tumoreetan T linfzitoek gain gaixoaren immunitate-sistemako makina bat zelula daude, baina tumorearen mikroingurune baldintza bereziak direla eta, zelula horien jardura oztopatuta dago. Esaterako, tumoreetan, minbizi-zelulek eurek jariatzen dituzten eta immunitate-zelulen hazkuntza oztopatu edota haien heriotza eragiten duten molekulen kopurua izugarri handia da (TGF-beta, IL-10, E2 prostaglandina...); tumorean bertan dagoen oxigeno-kantitatea, berriz, urria da, eta baldintza horietan, tumore-zelulek bizitzeko mekanismoak garatzen dituzte, baina immunitate-zelulek ez dute horretarako gaitasunik.



3. irudia. (A) T zelulen mintzeko hartzailea (gorriz) minbizi-zeluletak ligandoari (laranjaz) lotuko zaio, eta, ondorioz, T zelulek ezingo dute beren funtzioa bete. (B) Sintetizatutako antigorputzak T linfzitoen hartzaileetara lotuko dira, eta, ondorioz, T zelulen eta minbizi-zelulen arteko elkarrekintza oztopatu egingo da, eta T zelulek aktibo iraungo dute.

Gainera, erantzun immuneari ihes egiteko ahalegin horretan, minbizi-zelulek euren gainazaleko molekula-konposizioa ere aldatu egingo dute, eta, hala, sistema immunearentzako ikusezin bihurtzen dira. Hori guztia gutxi ez balitz, minbizi-zelulek immunitate-zelulen jardura blokeatzeko ahalmena ere garatzen dute (3. irudia). Uste da mekanismo horiek guztiek elkarlanean dihardutela eta immunitate-sistemak berez minbiziari aurre egiteko duen ahalmena mugatzea lortzen dutela. Horrenbestez, ezinbestekoa da mekanismo horiek guztiak gainditzea minbizia deuseztatzeko immunoterapia eraginkoragoak garatuko badira. Eta hori da, hain zuzen ere, gaur egun jorritzen ari den bidea: immunitate-zelulen jardura manipulatzeko, tumorearen mikroingurunean izan daitezkeen kontrako baldintzak gainditu eta tumorea suntsitzeko. Hurbilketa sofistikatuaren artean daude, alde batetik, T zelulen antigeno jakin batzuen kontrako antigorputz blokeatzaileen erabilera, eta, bestetik, genetikoki eraldatutako T zelulen erabilera. Bi estrategia nagusi horiek dira arestian aipatutako Science aldizkariaren aitortpena jaso dutenak 2013an.

NORBANAKOA, MINBIZIARI ERASO EGITEKO ARMARIK INDARTSUENA

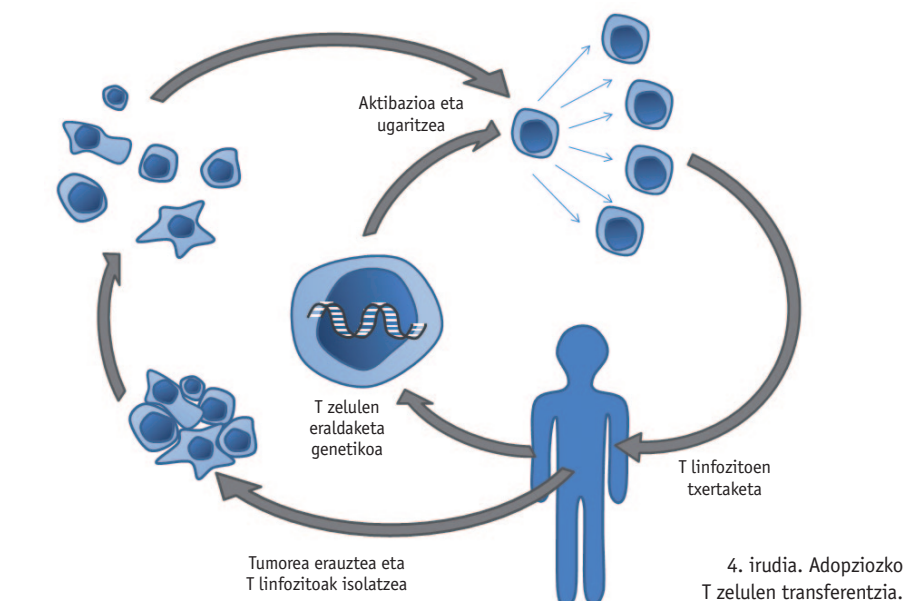
Esan bezala, immunitate-zelulak ez dira gaitzen tumorea deuseztatzeko, hein handi batean, minbizi-zelulek haien jardura blokeatzen dutelako, horretarako bide bat edo beste erabiliz. Tumoreetan ageri diren immunitate-zelulek, tartean T linfzitoek, maiz, proteina edo hartzaile bereziak adierazten dituzte gainazalean. Aldi berean, tumoreko minbizi-zelulek hartzaile horietara lotzen diren molekulak adieraz ditzakete. Kasu horietan, minbizi-zelulen eta T linfzitoen artean elkarrekintzak sortzen dira, zeintzuek T linfzitoen jardura blokeatuko duten (3A. irudia).



Minbizi-zelulen eta T zelulen arteko elkarrekin kaltegarri horiek oztopatze aldera, zenbait antigorputz sintetizatu dira azken urteotan (3B. irudia). Orain arteko frogak erakutsi dutenaren arabera, arrakastatsuenak T linfozitoen PD-1 eta CTL4 hartzaileetara lotzen diren antigorputzak dira [5]. 2011. urtean, CTLA-4 hartzaileak blokeatzen dituen farmakoa, ipilimumab deitutakoa, onetsi zuen FDAk azaleko minbizia tratatzeko. Hasiara batean, bai ipilimumab bai IL-2arekin lortutako emaitzak parekoak izan baziren ere, gerora ikusi izan da ipilimumabekin tratatutako gaixoetan tratamendua luzaroago dela lagungarria. Opdivo edo nivolumab farmakoa, zeinak T linfozitoen PD-1 hartzailea blokeatzen duen, 2014an onetsi zuen FDAk melanoma tratatzeko, eta urtebete geroago, biriketako minbiziari aurre egiteko ere onartu zuten.

Adopziozko T zelulen transferentzia ize-neko estrategia berritzailearen garapenak ere izugarriko bultzakada eman dio minbiziaren kontrako borrokari. Terapia horretan, gaixoiari erazutako tumoreko T zelulak isolatzen dira. T zelula horiek genetikoki manipulatu egingo dira, gene berriak txertatuz edota berezkoak eraldatuz, tumorearen mikroingurunean modu eraginkorragoan hazi eta jardun dezaten. Hobetutako T linfozitoen hazkuntza IL-2az sustatu ondoren, gaixoiari sartuko zaizkio berriro (4. irudia).

Horren erakusle da AEBko Maryland estatuko ikertzaile-talde batek egindakoa: T zelulak genetikoki eraldatu zituzten, hantura eragiten duen IL-12 adieraz zezaten. Behin tumorean txertatuta, eraldatutako T zelulek IL-12 jariatzen dute, eta erantzun immunea oztopatzen duten minbizi-zelulen jardura galarazten du horrek. Saguetan egindako esperimentuetan lortutako emaitza itxaropentsuak aintzat hartuta, IL-12 adierazten duten T zelula genetikoki manipulatuak ari dira lehen froga klinikoak egiten, melanoma duten gaixoei [6]. Immunoterapia eraginkorrak bermatzeko, tumoreetan ohiakoa den T linfozitoen gehiegizko hilkortasuna ere gaingitu beharreko arazoa da. Horri aurre egiteko, T linfozitoak genetikoki eraldatu ditu ikerketa-talde berak, haien heriotza ekiditen duen Bcl-2 molekula adieraz dezaten. Molekula hori adierazten duten T linfozitoak manipulatu gabekoekin alderatuz, frogatu zuten heriotzarekiko erresistenteagoak direla lehenengoak [7]. Arestian esan bezala, maiz, tumorearen mikroingurunean erantzun immunea oztopatuta egoten da zelula immuneak ez direlako gai tumorearen ezagutzeko eta, ondorioz, horri aurre egiteko. Horren harira, frogatu dute posible



dela tumoreetan dauden T zelulak genetikoki manipulatzeko etengabe molekula kitzikatzaileak adieraz ditzaten eta, ondorioz, tumorea bera hauteman gabe T zelulak aktibatuta egoteko eta, hala, tumorea suntsitzeko [8].

Aipaturiko terapia horren arrakasta nabarmena izan da hasieratik, eta, ikerkuntzak aurrera egin ahala, haren eraginkortasuna areagotuz doa.

Berriki frogatu da adopziozko T zelulen transferentziarako terapia nabarmen eraginkoragoa dela, minbizi-gaixoiak tratamendu horretan murgildu aurretik kimioterapia edota erradioterapia bidez tratatuz gero. Izan ere, terapia horiek deuseztatu egiten dute gaixoiaren berezko linfozito-populazioa, eta, horren ondorioz, txertatu diren T zelula genetikoki eraldatuak modu eraginkorragoan eta denbora luzeagoz jarduteko gai dira. Tamalez, horrek baditu desabantailak ere; gaixoi batzuk ez dira gai T zelularik gabe ko egoera horretan aurrera egiteko.

ORAINDIK ASKO DAGO HOBETZEKO

Nahiz eta azken urteetan ikerkuntzan zein medikuntzan aurrerapauso garrantzitsuak eman diren, oraindik ere minbizia da munduan heriotza gehien eragiten duen gaitzeta bat. Ezinbestekoa izango da immunitate-sistema sakonago ezagutzea eraginkoragoak, espezifikagoak, iraunkoragoak eta hain oldarkorrak ez diren terapia hobeak garatzeko. Ezinbestekoa izango da estrategia desberdinen arteko konbinazioak egitea, ikuspuntu biologikotik hain heterogeneoa den gaitzari behar bezala aurre egin ahal izateko. ●

BIBLIOGRAFIA

1. COUZIN-FRANKEL, J.: "Breakthrough of the year 2013. Cancer immunotherapy". *Science*, 342(6165) (2013), p. 1432-3.
2. BOYMAN, O. AND SPRENT, J.: "The role of interleukin-2 during homeostasis and activation of the immune system". *Nat Rev Immunol.*, 12(3) (2012), p. 180-90.
3. ROSENBERG, S.A., ET AL.: "Treatment of 283 consecutive patients with metastatic melanoma or renal cell cancer using high-dose bolus interleukin 2". *JAMA*, 271(12) (1994), p. 907-13.
4. RABINOVICH, G.A.; GABRILOVICH, D. AND SOTOMAYOR, E.M.: "Immunosuppressive strategies that are mediated by tumor cells". *Annu Rev Immunol.*, 25 (2007), p. 267-96.
5. PARDOLL, D.M.: "The blockade of immune checkpoints in cancer immunotherapy". *Nat Rev Cancer*, 12(4) (2012), p. 252-64.
6. KERKAR, S.P., ET AL.: "IL-12 triggers a programmatic change in dysfunctional myeloid-derived cells within mouse tumors". *J Clin Invest*, 121(12) (2011), p. 4746-57.
7. CHARO, J., ET AL.: "Bcl-2 overexpression enhances tumor-specific T-cell survival". *Cancer Res*, 65(5) (2005), p. 2001-8.
8. STEPHAN, M.T., ET AL.: "T cell-encoded CD80 and 4-1BBL induce auto- and transcostimulation, resulting in potent tumor rejection". *Nat Med*, 13(12) (2007), p. 1440-9.
9. DUDLEY, M.E., ET AL.: "Cancer regression and autoimmunity in patients after clonal repopulation with antitumor lymphocytes". *Science*, 298(5594) (2002), p. 850-4.

EKINEAN



ANE WYSSENBACH IBARRA Neurozientzialaria

“Ikerketan ezer ezin da bukaturat eman”

Biologian eta Biokimikan lizentziatu zen Nafarroako Unibertsitatean. Neurozientzia sailean egin zuen doktore-tesia, eta, gaur egun, Achucarro Basque Center for Neuroscience zentroan ikerketa eta dibulgazio-lanak egiten ditu (...)

ALBISTEAK



Saguzar hatz-luzeak desberdin arrantzatzen ditu intsektuak eta arrainak

Saguzar hatz-luzeak arrainak eta intsektuak nola bereizten dituen eta, harrapakin-mota bakoitzerako, ekokokapen-pultsuak eta arrantza-teknika nola egokitzen dituen argitu du EHUko ikertzaile-talde batek. [Scientific Report aldizkarian argitaratu dute lana](#). Saguzar hatz-luzea (*Myotis capaccinii*), intsektuz gain, arrainez ere elikatzen dela dakigun Europako saguzar bakarra da (...)

ALBISTEAK



Industriarako 3D inprimagailu handiena aurkeztu dute Ibarmiak, EHUK eta Tecnaliak

Industriarentzat 3D inprimaketa bidezko fabrikazioa eta doitasunezko mekanizazioa konbinatzen dituen inprimagailua aurkeztu dute Ibarmiak, EHUK eta Tecnaliak. Hain zuzen, elkarlanean aritu dira inprimagailua garatzeko. Ezaugarri horiek dituen lehena da Espainian. ADD+PROCESS izena du makinak, eta (...)

Martxora arte



aldizkaria.elhuyar.eus



www.facebook.com/elhuyar.aldizkaria



@elhuyaraldizk

Argitaratzailea:

elhuyar
Zientzia

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

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

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

Hizkuntza-arduradunak: Alaitz Imaz, Saroi Jauregi.

Erredakzio-taldea: Egoitz Etxebeste, Ana Galarra.

Zenbaki honetako kolaboratzaileak:
Mario Feijoo, Igor Leturia, Jon Montalban,
Miren, J. Omaetxebarria, Manu Ortega, Nerea Osinalde,
Xabier Zubizarreta.

Jatorrizko diseinua: BLANCO soluzio grafikoak

Azalaren diseinua: BLANCO soluzio grafikoak

Azaleko argazkia: © DollarPhotoClub/Sondem

Diseinua eta maketa: Virginia Larrarte

Inprimatzailea: Leitzaran Grafikak

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

Harpidetza: Izaro Lanberri, harpidetza@elhuyar.com.

Paperean eta edizio digitala:

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

Euskal Herria eta Espainia: 16 €.

Beste herrialdeak: 28 €.

Edizio digitalaren harpidetza: 7 €.

Ale digitala: 3,50 €.

CC BY-SA-3.0 Elhuyar Fundazioa

Lege-gordailua: SS-769/85

ISSN: 2255-4998

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

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

Aldizkariari diruz lagundu dioten erakundeak eta enpresak:



**EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO**

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



Gipuzkoako Foru Aldundia

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



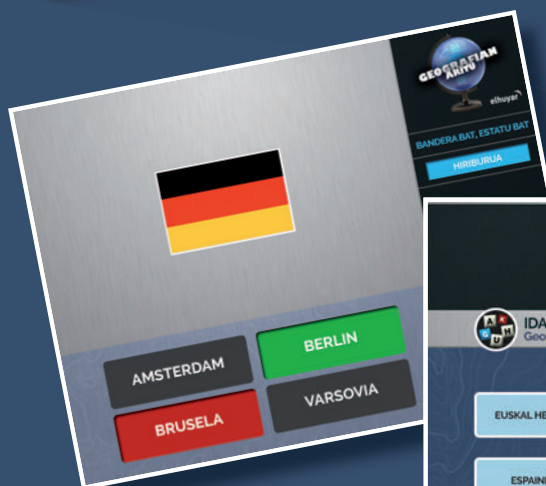
elhuyar

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

12
urtetik
aurrera



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



Android eta iOSerako aplikazioa

1,5 €



CAF
ELHUYAR
SARIAK
2015

Jarri txertoa
kultura zientifikoaren alde



LANAK AURKEZTEKO:
cafelhuyarsariak@elhuyar.com

INFORMAZIOA ETA OINARRIAK:
cafelhuyarsariak.elhuyar.eus

ANTOLATZAILEAK

CAF elhuyar

LAGUNTZAILEA

