

262

2010eko martxoa

ELHUYAR

zientzia eta teknologia

4,50
euro



zientziaren
ELHUYAR
komunikazioa

Liburu elektronikoak

**Epel uzten ez duten
gailuak**

Jomuga:

Motor molekularrak

UNIBERTSO BAT BAINO GEHIAGO. IZAN LITEKE?



ZIENTZIA UDALEKUAK 2010



12-14 urte
14-16 urte

Izena eman eta presta zaitez
uda zientziarrigarri bat bizitzeko

Esperimentuak, abentura, naturaren
ezagutza, ur-jolasak, irteerak...
Zientzia da uda honetarako planik onena!

Izena emateko epea:
martxoaren 15etik 31ra

Informazio gehiago eta izen emateak:
udalekuak.elhuyar.org
tel.: 943 36 30 40



zientziaren
ELHUYAR
komunikazioa



“**S**egur aski klonatutako animaliak ari gara jaten.”

24

“**B**erdin zait badagoen edo ez dagoen, inoiz ezingo baitut frogatu”

38



“**U**nibertso bat baino gehiago izanda, dena da posible”

41

“**S**okatiran aritu ziren birusarekin”

45

“**K**lik hotsa gero eta gehiago entzungo da mundu zabaleko laborategietan”

51

Hipotesi, burutazio, ala metafisika?

Multibertsoa, kasurik onenean ere, muga-lurralde bat da. Izan ere, fisikaren, kosmologiaren eta zientziaren beraren mugan daude ezagutzen dugun honetaz gain beste unibertso batzuk egon daitezkeela pentsatzea, bai eta haiek ikertzea ere. Eta ez badaude mugan, mugaz gaindi daude; existituko balira ere, ez baitauekagu haiek detektatzeko erremintarik, matematikaz aparte. Eta hori ez da aski; are gutxiago matematika horiek herrenak badira.

Ondorioz, batzuek jainkoaren lurralde berekotzat jotzen dute multibertsoa. Beste unibertsoei atzeman ahal izatea ezinezkoa delako. Multibertsoaren teorian ere unibertsoak ez direlako elkarrekin komunikatzen, ez diotelako elkarri eragiten. Nola jakin, orduan, existitzen direla, gu haietako baten barruan isolatuta bagaude? Eta, ezin badugu jakin, zentzuzkoa da ezinezkotasunak definitutako muga-lurralde hori ikergai zientifikotzat hartzea?

Sona handiko kosmologo batzuek garbi dute baietz, eta, beren itzalen babesean, aintzat hartuak izatea lortu dute. Gainera, zuzena izatekotan, ez luke nolanahiko hutsunea beteko multibertsoak, grabitatea eta mekanika kuantikoa bateratzeko nahiak eta beharrak erditutako hipotesietako bat baita multibertsoarena. XX. mendeko fisikaren obsesioetako bat da, hain zuzen ere, bi horiek bateratzea. Baina, nahi eta behar horiek justifikazio aski dira halako hipotesiak garatzeko? Askok uste dute ezetz. Eta hipotesizat baino, burutaziotzat dute multibertsoa.

Ezin jakin ezinezkotasuna posible bilakatuko duen abangoardia bat osatzen ote duten kosmologo mugalariek, edo unibertso itsu batean harrapatuta hilko ote den multibertsoa. Beharbada koiunturala da multibertsoari antzemateko ezintasuna, garai batean zulo beltzei antzematea bezalaxe, edo estrukturala da agian, edo baliteke ez existitzea gureaz beste unibertsoarik. Ezin ukatu, ordea, giza gogoia erakartzeko osagai aproposak dituela multibertsoak. Aukera-sorta liluragarria ekartzen dio irudimenari, eta erronka handi bat ulermenari. Muga-lurralde peto-petoa, ezbaierik gabe.



Eider Carton Virto

*Elhuyar Zientzia
eta Teknologia
aldizkariaren
zuzendaria*

zientzia eta teknologia



Ngorongoro

Ngorongoro kraterrak 20 km-ko diametroa du. Kraterraren barruan 25.000 ugaztun eta hegazti bizi dira: zebrak, gazelak, elefanteak, antilopeak, flamenkoak, ostrukak... Tanzaniako paradisuak.

18



UNIBERTSO BAT BAINO GEHIAGO. IZAN LITEKE?

32

Inork ez daki gure unibertsoa bakarra den ala gehiago dauden. Nolanahi ere, ezin da beste unibertsoarik ikusi, antzeman edo neurtu. Materia azaltzeko dugun teoria onena egia baldin bada, ordea, badago unibertso bat baino gehiago daudela pentsatzeko arrazoirik. Eta horretan ari dira aditu ospetsu batzuk. Unibertso bat baino gehiago existitzen bada, nolakoak ote dira ezagutzen ez ditugunak? Ez dago jakiterik. Baina bai zientziak bai fikzioak horren inguruko espekulazioak egin dituzte.

24

Kazetariak

amantal zuria jantzita

Astebetez, Europa osoko hamabost kazetari, amantal zuria jantzita, laborategian sartu eta zientzialari bihurtu gara. Aitzakia, bioteknologia, eta, eszenatokia, Hungariako Gödöllő herriko BioTalentum laborategia.



Epel uzten ez duten gailuak

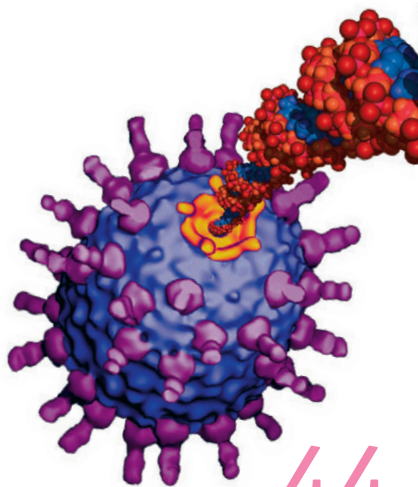
Antartika izotzua eta Afar eskualde gorria ez dira lurralde debekatuak, teknologiari esker. Puntako gailuez gain, egunerokoan erabiltzen ditugun tresna batzuk ere egokitzen dira muturreko baldintzetara.



22

Liburu elektronikoak eta DRM

Liburu digitalaren industriak DRMaren (Digital Rights Management) aldeko apustua egin du. Formatu digitaleko abesti eta filmen kopiak ekiditeko erabili izan den sistema beraren aldeko apustua, alegia.



Jomuga: motor molekularrak

Motor molekularrak mugimenduarekin lotuta dauden prozesu zelular guztietan daude sartuta. Haiek zehatz-mehatz ezagutzeak aukera asko eman ditzake; hala nola hainbat organismoren kontra egitea, ezinbesteko dituzten motor horiek deuseztatuz.

aurkibidea

4 FLASHA Bizkarroia mihi

6 ALBISTEAK

18 MUNDU IKUSGARRIA Ngorongoro

22 MUNDU DIGITALA Liburu elektronikoak eta DRM

24 **Kazetariak, amantal zuria jantzita**

26 **Epel uzten ez duten gailuak**

32 **UNIBERTSO BAT BAINO GEHIAGO. IZAN LITEKE?**

34 **Multibertsoaren bila**

39 **Alex Vilenkin: "Seguru asko, gure unibertsoa oso berezia da, bizia existitu baitaiteke"**

40 **Beste unibertso batzuk**

44 **Jomuga: motor molekularrak**

49 GAI LIBREAN Klik: Lego-molekulen hotsa

ANALISIA

52 **McDonald's ala Arzak?** ARTURO ELOSEGI.

54 **Zelula amak neuroendekapenezko gaitzentzat.** ROSARIO SANCHEZ.

56 GOGOETAN Informatika genetikoak

58 ISTORIOAK Konputagailu mekanikoen ametsa

60 LIBURUTEGIA Begirada ospetsu bat neurologiari

61 UMORE GRAFIKOA Satorrak Ilargian

62 ASTRONOMIA

64 HURRENGO ZENBAKIAN

Materiala lumetan igotzen da Lurraren barrenetik

Lurraren mantu sakonetik ateratzen ari den arroka beroko luma baten irudia lortu dute Hawaii Unibertsitateko geologo batzuek Hawaiiko uharteetan. Adierazi dutenez, aurkikuntza horrek baieztatzen du mantuko lumak existitzen direla.

Orain arte, geologoek ezin izan dute azterketa zuzenik egin mantuan, eta lumak existitzen zirela susmo bat besterik ez zen, eredu teorikoek eta egindako ikerketek hori iradokitzen baitzuten. Neurketa zuzenak egiteko, seismoak neurtzeko esperimentu bat egin zuten Hawaiiko ikertzaileek. Izan ere, uhin sismikoak mantsoago hedatzen dira material beroak zeharkatzen dituztenean hotzak zeharkatzen dituztenean baino.

Hala, ozeanoaren hondoan uhin sismikoen hedadura-abiadurari antzemateko sentsoreak jarrita, 1.500 kilometroko sakonera arteko lurrazalaren eta Lurraren mantuaren egitura argitu ahal izan dute. Ikusi dute, besteak beste, lurrazalera iritsi ahala luma zapaldu egiten dela, eta lurrazalera iristeko 200 bat kilometro falta zaizkionean opil-itxura hartzen duela. Han, urtu egiten dira materialak, hedatu, eta zirrikituetatik gora igotzen dira. ●



Horrelako hainbat sismometro jarri zituzten itsas hondoan Lurraren mantuaren egitura ezagutzeko. ARG.: GABI LASKE, SCRIPPS OZEANOGRAFIA ERAKUNDEA.

Erleek dieta orekatua behar dute erlauntza osasuntsu mantentzeko



MIKE EDWARDS, UK

Polen-mota bakarraz elikatzen diren erleek erlauntza infekzioetatik babesteko gaitasun txikiagoa dutela ondorioztatu dute Frantziako Nekazaritza Ikerketa Institutuko ikertzaileek.

Askotan erleek polen-mota bakarra izaten dute eskura, labore bakarreko lurretan bizitzen baitira. Eta horrek eragin kaltegarria izan dezake erlauntzetan, ikerketa honen arabera.

Ondorio horretara iristeko, erleak taldetan hazi dituzte, eta talde bakoitza polen-prestakin desberdinez

elikatu dute; batzuk landare-mota bakarreko polenarekin prestatuak, eta beste batzuk zenbait landaretako polena nahastuz. Erle horien immunitate-sistemaren lau adierazle kimiko neurtutakoan, ez dute alderik topatu. Baina, ikusi dute zenbait landaretako polenaz elikatutako erleetan glukosa oxidasa hormonaren maila % 40 handiagoa dela. Erleek hormona hori erabiltzen dute larben elikagaiak babesteko, eta, ondorioz, erlauntza infekzioetatik babesteko. ●

Izar batzuk gazte nola mantentzen diren argitu dute

Gazte-itxura mantentzen duten izar batzuen "sekretua" argitu berri dute Boloniako Unibertsitateko eta Wisconsin Unibertsitateko zenbait ikertzailek. Izar urdin atzeratu deitzen zaien izarrak (*blue stragglers*), adin handikoak badira ere, espero zitekeen baino beroagoak eta argitsuagoak dira;

alegia, izar gazteagoen antza dute. Astronomoek ikusi dute gaztetasun hori inguruko izarrei zor zaiela. Izan ere, badirudi izar horiek hidrogenoa absorbatzen dutela inguruko izarretatik, masa-transferentziaren nahiz izarren arteko talken bidez. ●



ZIENTZIA ETA TEKNOLOGIA GUZTIA KLIK BATEAN

Orain, *Elhuyar* aldizkaria bertsio digitalean ere bai.

Urteko harpidetzarekin* doan izango duzu edizio digitalerako sarbidea.

Bestela, harpidetu edizio digitalera 19 €ren truke, edo eskuratu ale digitalak, bakoitza 3,50 € ordainduta.

Hots egin 943 363 040 zenbakira edo sartu <http://www.zientzia.net/elhuyar> orrian.

*Urteko harpidetza:

Euskal Herria eta Espainia: 49,50 €. Beste herriak: 74 €.

Bigarren urtetik aurrera % 15eko beherapena.



zientziaren
ELHUYAR
komunikazioa

Larruazaleko eta biriketako minbizi-zelulen genomak deskodetu dituzte

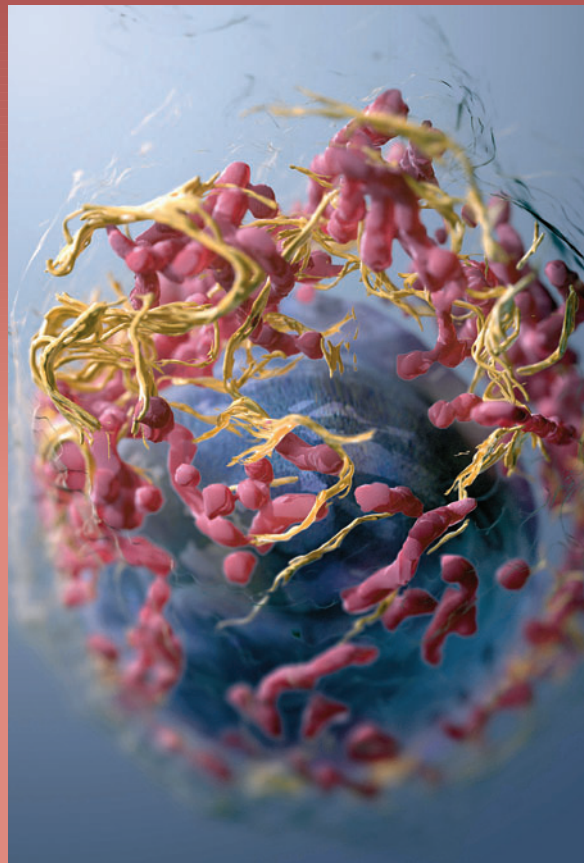
Eguzkia eta tabakoa minbizi-eragile direla berretsi dute

Britainia Handiko Minbizi Genoma Proiektuko ikertzaileek melanoma gaiztoaren eta biriketako minbizi mota baten (biriketako kartzinoma mikrozitikoaren) zelulen genomak deskodetu dituzte. Azken mota horretakoak izaten dira biriketako minbizien % 15, eta horrek eta melanoma gaiztoak urtean 250.000 pertsonaren heriotza eragiten dute.

Hainbat pazienteren zelulen genomak deskodetuta, kalteak jasateko arrisku handiena duten geneak identifikatzeko helburua zuten ikertzaileek. Horrez gain, DNA konpontzeko mekanismoak ulertzea eta botikak garatzea ere bilatzen zuten.

Ikerketaren emaitzak *Nature* aldizkarian argitaratu dituzte. Besteak beste, mutazio asko identifikatu dituztela jakinarazi dute: 33.345 melanomaren kasuan, eta 22.910 biriketako minbizian. Gainera, ikertzaileen arabera, lana lagungarria da argitzeko minbizi-eragileek zuzenean eragiten ote dituzten mutazioak, edo DNA konpontzeko mekanismoa eragozten ote duten. Hain zuzen, ikusi dute mutazio gehienak base baten ordezkapenak direla, zuzenean tabakoan dauden substantzia batzuek edo izpi ultramoreek sortuak.

Beste ondorio bat ere ateratu dute hortik: bi minbizi-mota horiei aurre hartzea posible da. Hori baino zailagoa da, ordea, haien aurkako botikak garatzea, ikerketaren emaitzetan oinarrituta. ●



Melanoma-zelula baten 3D irudia. ARG.: DONALD BLISS AND SRIRAM SUBRAMANIAM; NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE, NIH.



Oinutsik korrika egitean, lehenago jartzen dira lurrean oinetako kuxinak orpoak baino. ARG.: KATHARINE HEATHCOCK.

Oinutsik korrika egiteko jaioak gara

Korrika oinutsik aritzen direnek asko arintzen dute lurraren kontrako talka

Korrika oinutsik eginez oinetakoekin baino hobeki arintzen dugu oinek lurraren kontra egiten duten talka. Ondorio horretara iritsi dira Harvard Unibertsitateko ikertzaile batzuk Estatu Batuetako eta Kenyako hainbat korrikalariren korrika-saioak aztertuta.

Azaldu dutenez, oinetakoak jantzita aritzen diren korrikalariek zuzenean orpoen kontra eragiten dute urrats bakoitzeko talka. Orpo bakoitzak jasaten duen talkaren indarra gorputzaren pisuaren halako hiru izatera irits daitekeela ikusi dute,

oinetakoek motelgailuak badituzte ere.

Korrika oinutsik aritzen direnek, aldiz, oinetako kuxinekin jotzen dute lehenengo lurra. Horri esker, oineko eta hankaren azpialdeko giltzadurek, tendoiek eta giharrek talka arintzeko aukera dute, eta, ikertzaileen arabera, orpoek jasaten duten talka gorputzaren pisuaren % 60ra jaisten da. Noski, abantaila horiek guztiak oinutsik korrika egitera ohituta daudenek bakarrik dituzte; alegia, oinak indartuta eta gogortuta dituztenek. ●

Mikrouhinak erabil litezke barazki-kontserbak prozesatzeko

Mikrouhinen bidezko tratamenduak abantaila interesgarriak ditu, ohiko galdarraztatze- edo irakite-sistemen aldean, nekazaritzako elikagaiak prozesatzeko. Hori da Luis Ruiz de Ojeda kimikariak Nafarroako Unibertsitatean egindako tesian ateratako ondorio nagusietako bat.

Lanaren helburua izan da ikertzea zer erabilgarritasun duen teknologia garbi berri horrek zerbak, alkatxofak, borrajak, karduak eta lekak prozesatzeko lanetan.



© ISTOCKPHOTO.COM/LABORER

Ohiko galdarraztatzea ordezkatzeko izango litzateke helburua; izan ere, barazki-kontserbak egiteko asko erabiltzen da, baina energia eta ur asko kontsumitzen ditu, eta isuri-bolumen handiak sortzen ditu. Sistema berriak, gainera, ohiko galdarraztatzeak baino denbora gutxiago behar du elikagaiak prozesatzeko.

Zientzialariaren arabera, mikrouhinen bidez tratatzean, lehengaiek ezaugarri fisiko egonkorak dituzte, ohiko galdarraztatzearen bitartez prozesatuta izango lituzketen ehundura eta kolore bertsuak dituzte, eta mantenugaiei hobeki eusten diete. Are gehiago, frogatu du kondizio arinetan barazkien ehunak tinkotu egiten direla pixka bat. Hori bai, tratamendua luzatzen joan ahala, barazkiak biguntzen joaten dira pixkanaka. ●

NORTEKO FERROKARRILLA

Elhuyar Fundazioaren eskutik
Zientzia
gertuago



Euskadi Irratian:
Astearteetan 21:00etan

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

 **eitb**
euskal irrati telebista



zientziaren
ELHUYAR
komunikazioa

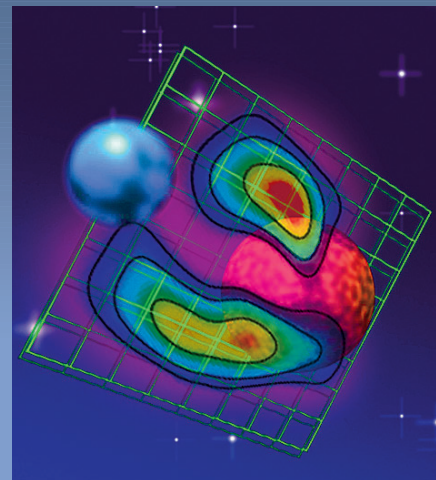
Eguzkia ez den beste izar baten eremu magnetikoa behatu dute lehen aldiz

Eguzkia ez den izar baten eremu magnetikoaren irudiak argitaratu ditu *Nature* aldizkariak. Orain arte, astronomoek zeharkako zantzuei esker baino ez zekiten beste izar batzuek ere bazutela eremu magnetikoa. Azkenean, Iowako Unibertsitateko astronomo Bill Petersonek eta bere taldeak lortu dituzte zuzeneko irudiak. "Sekulako lorpena da", *Science*-ren webgunearen arabera.

Astronomoek irudietan jasotako eremu magnetikoa Algol sistemaren izarretako batek sortzen du. Sistema 93 argi-urtera dago, eta bi izarrek osatzen dute. Baten masa Eguzkiarenaren halako hiru da, eta, besteara, Eguzkiarena baino pixka

bat txikiagoa. Izarrak oso-oso hurbil daude elkarrengandik: 9 milioi kilometro. Izar txikiena da eremu magnetikoaren eragilea, eta eremua Eguzkiarena baino 1.000 aldiz handiagoa bada ere, bi teleskopio-sare eta bi irati-teleskopio behar izan dituzte eremu magnetikoak sortzen dituen seinaleak jasotzeko.

Irudiak aztertuta, astronomoek ikusi dute eremu magnetiko horrek begizta erraldoi baten itxura duela, eta beste izarren ipar eta hego poloetaraino hedatzen dela. Sei hilabetez behatu dute, eta denbora horretan guztian ez da aldatu. Horretan ez du Eguzkiaren antzik, haren eremu magnetikoa bat-batean hazi eta txikitu egiten baita. Biak alderatuz izarren



Algol izar-sistemaren eta eremu magnetikoaren irudi artistikoa. ARG.: PETERSON *et al.*, NRAO/AUI/NSF.

eremu magnetikoak hobeto ezagutzeara espero dute astronomoek, eta, hala, eguzki-ekaitz magnetikoak aurrikusteko gai izatea, adibidez. ●

Garuneko eskanerraren bidez, koman dagoena komunikatzeko gai ote den ikus daiteke

New England Journal of Medicine aldizkarian argitaratutako lan batean, koman daudenak zenbateraino dauden

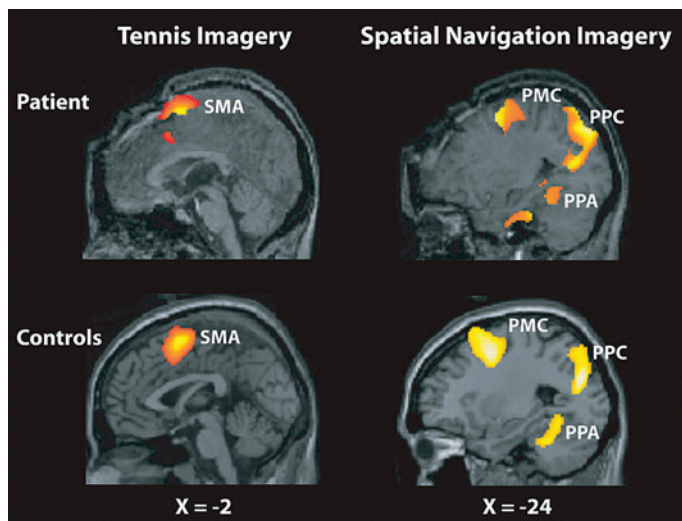
kontziente ikusteko modua dagoela frogatu dute neurozientzialari batzuek. Ikertzaileak Cambridgeko Ezagutza eta Garun Zientzien

Unitateko Owen neurozientzialariak abiatutako lanean oinarritu dira. Hain zuzen, erresonantzia magnetiko bidezko irudigintza funtzionalarekin, ustez erabat inkontziente zegoen emakumezko bat aginduak betetzeko gai zela frogatu zuen Owenek 2006an: eskanerrak jasotako irudiak oso desberdinak ziren emakumezkoari tenisean jokatzeko imajinatzea eskatzen ziotenean, edo etxe baten barruan zebilela irudika zezala eskatuta.

Lan hura *Science* aldizkarian argitaratu zuten, eta kontziente egotearen definizioa eztabaidan jarri zen. Ordutik, Owenek eta haren lantaldeak lanean jarraitu dute, eta 54 pazienteri jarraipena egin

ondoren, koman dagoen inor kontziente ote dagoen jakiteko garuneko eskanerra baliagarria dela ondorioztatu dute.

Kasu batean, gainera, egoera begetatiboan bost urte daramatzan paziente batekin komunikatzeko gai izan dira. Eskaner bidez ezinezkoa denez pertsona bat bai edo ez pentsatzen ari ote den bereiztea, bai erantzun nahi zuenean tenisean jokatzan ari zela imajinatzeo eskatu zioten; kontrakoa adierazteko, berriz, etxean zebilela irudikatzeo. Gero, galdera errazak egin zizkieten, esate baterako, "Zure aitaren izena Alexander da?" Eta sei galderatik bosti zuzen erantzun zien; seigarrena erantzunik gabe utzi zuen. ●



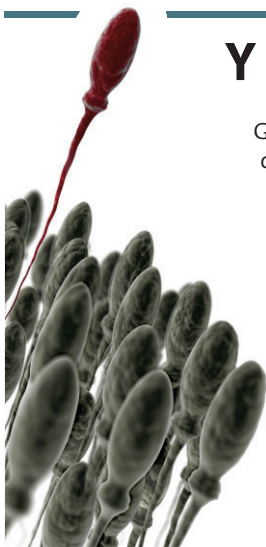
Owenek 2006an ustez erabat inkontziente zegoen emakume bati eskaner bidez jasotako irudiak. Garuneko jardura desberdina zen emakumezkoari tenisean jokatzan edo etxe batean zebilela imajinatzeo eskatuta. ARG.: OWEN *et al.*/SCIENCE.

Hiztegiak,
zientzia-dibulgazioa,
CD-ROMak, Elhuyarren katalogoa
klik batean!



www.elhuyar.org/edizioak

Elhuyarren produktu guztiak on line erosteko
aukera erosoagoa eskaintzen dizugu.



Esperma-produkzioa hobetzeko estrategia bat izan liteke Y kromosoma oso aldakorra izatea. ARG.: © ISTOCKPHOTO/CHRISTIAN ANTONY

Y kromosoma, denetan aldakorrena

Goitik behera sekuentziatu dute txinpantzearen

Y kromosoma

Massachusettsko

Ikerketa

Biomedikoetarako

Institutuan,

eta, gizakiaren

Y kromosomarekin

alderatzean,

ikusi dute gainerako

kromosomak

baino askoz

desberdinagoak

direla elkarrekiko.

Nature aldizkarian

argitaratu dituzte

lortutako emaitzak.

Y kromosoman behatu dituzten desberdintasunak bi taldetan bereizi dituzte ikertzaileek. Batetik,

esan dute txinpantzeen

Y kromosomak hainbat gene galdu dituela, eta gizakienak beste

hainbat bereganatu dituela. Horren ondorioz, gizakien kromosomaren

gene-kopuruaren bi heren baino ez du txinpantzeen kromosomak,

eta gizakietan proteinak kodetzen dituzten zatien % 47 bakarrik ditu

txinpantzeen Y kromosomak.

Bestalde, Y kromosoman

berrantolaketa handiak izan

dituzte bai gizakiak, bai

txinpantzeak. Hala, txinpantzeen

Y kromosomaren % 30 ezin da

parekatu edo homologatu gizakiaren Y kromosomarekin. Gainerako kromosometan, berriz, % 2an baino ez da horrelakorik gertatzen.

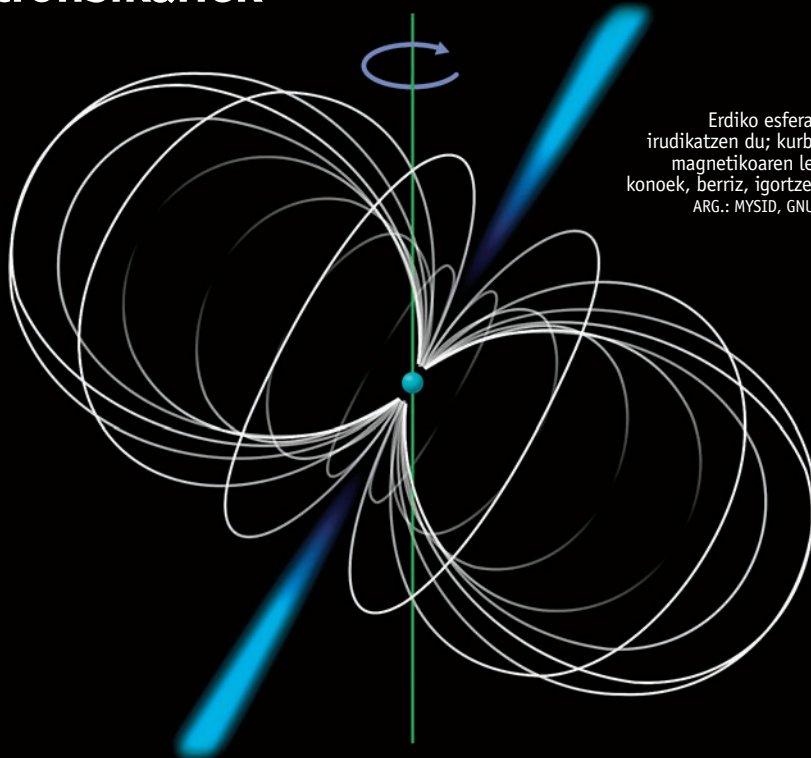
Aldakortasun-maila hori azaltzeko, ikertzaileek bi mekanismo proposatu dituzte. Batetik, esan dute gene berriak garatzeak aukera eman dezakeela esperma-produkzioa hobetzeko. Eta, bestetik, azaldu dute Y kromosomak ez duela errekonbinaziorik egiteko aukerarik X kromosomarekin, eta, hortaz, beste bide batzuetatik jotzen duela bere sekuentzian aldaketak sartzeko. ●

Itxuraz argiaren abiadura gainditzen duten pultsuak detektatu dituzte astrofisikariek

Texasko Unibertsitateko astrofisikariek abiadura superluminala (argiarena baino abiadura handiagoa) detektatu dute espazioan. Sakabanaketa anomaloarekin lotutako fenomeno bat da, eta, beste arlo batzuetan ikusi izan den arren, lehen aldia da naturan behatzen dutela.

Hain juxtu, 10.000 argi-urte baino urrunago dagoen pulsar baten jarraipena egiten ari ziren astrofisikariak. Pulsarrak oso azkar biratzen duten neutroi-izarrak dira, eta oso tarte labur eta erregularretan errepikatzen diren uhin elektromagnetikoak igortzen dituzte. Espazioa zeharkatu ahala, pultsuak aldatzen doaz, eta, horretan oinarrituta, kosmosa hobeto ezagutzeko aukera dute astrofisikariek. Orain, Arecibo behatokitik (Puerto Rico) ikusi dute pulsar horren pultsuen talde-abiadura argiarena baino handiagoa dela, sakabanaketa anomaloaren ondorioz.

Jesus Arregi astrofisikariaren esanean, aurkikuntzak garrantzia badu ere, "ez da berebizikoa". Izan ere, pultsu horien bitartez ezingo litzateke informazioa transmititu, eta, beraz,



Erdiko esferak pulsarra irudikatzen du; kurbak, eremu magnetikoaren lerroak, eta konoek, berriz, igortze-eremuak. ARG.: MYSID, GNU LIZENTZIA.

fenomenoak ez du zalantzan jartzen erlatibitatearen teoria —teoriak dio informazioa ezin dela transmititu argia baino azkarrago—. Hala ere,

ikerketa interesgarria dela uste du Arregik, bidea irekitzen baitu izarrarteko ingurunea aztertzeko. ●

TEKNOSKOPIOA LEHIAKETAREN BIGARREN FASEA MARTXAN DA

Sortu zure bloga,
eta irabazi
ordenagailu
ultraeramangarri
bat!

14-18 urteko
gazteentzako
lehiaketa

Bigarren fasearen
epea: otsailaren 1etik
martxoaren 31ra



<http://www.zientzia.net/teknoskopioa>



ELHUYAR
fundazioa

innobasque
berrikuntzaren
euskal agentzia
agencia vasca
de la innovación

theWeek
Astea la
Semana 9

Vaccinia birusa: berekoia bai, baina lagunkoia ere bai

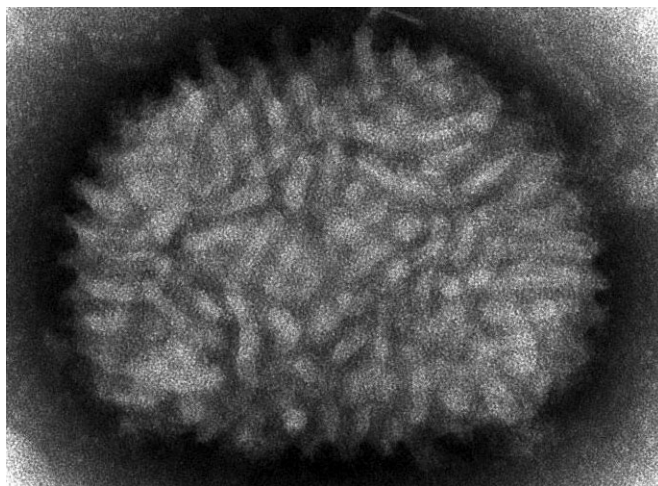
Infektatutako zelulan birus gehiago sartzea eragoztearekin bat, infekzioari hedatzen laguntzen diola jakin dute

Vaccinia birusak zelula bat infektatzen duenean, egitura bat sortzen du, gainerako birusek zelula bera infektatzea galarazteko. Mikrobiologoek orain frogatu dutenez, beste ondorio bat ere badakar horrek: gainerako birusei beste zelulak infektatzen laguntzen die. Horrenbestez, espero baino azkarrago hedatzen da infekzioa.

Hain juxtu, hortik abiatu zen Londresko Imperial Collegeko mikrobiologoek egin duten ikerketa. Vaccinia birusak baztanga sortzen duenaren antz handia du, baina ez du gaitzik sortzen gizakietan. Hala ere,

antzekotasun hori oso baliagarria izan da medikuntzan, horretaz baliatu baitziren baztangaren aurkako txertoa sortzeko. Eta gaur egun ere birusa ikertzen jarraitzen dute, beste gaitz batzuen aurkako txertoak garatzeko helburuarekin.

Hala, Londresko mikrobiologoak konturatu ziren bere erreplikazio-zikloaren arabera espero zitekeena baino lau aldiz azkarrago hedatzen dela birusa. Ikertzen jarraituta, ikusi zuten vacciniak bi proteina ekoizten dituela zelula bat infektatu eta berehala. Proteina horiek egitura bat sortzen dute



Vaccinia birusaren mikroskopio elektroniko bidezko irudia. ARG.: CDC/CYNTHIA GOLDSMITH.

zelularen azalean, eta horrek eragotzi egiten die beste birusei zelula berera sartzea; hau da, superinfekzioa galarazten dute.

Hain zuzen, beste birus batzuk iristen direnean zelula horretara, beste proteina batek, aktinak, beso luze batzuk sortzen ditu, eta, horien bidez, bidali egiten

dituzte birusak. Horri esker, bestela baino azkarrago hedatzen da infekzioa.

Ikertzaileek Science zientzia-aldizkarian argitaratu dute lana, eta beste birus batzuek ere antzeko estrategia erabil dezaketela adierazi dute, herpes birus arruntek, esaterako. ●

Bering itsasarteak zeresan handia du izotz-aroetako kliman

Errusiaren eta Alaskaren arteko 80 kilometroko Bering itsasarteak izan dituen gorabeherak eragin handia izan dute ipar-hemisferioko kliman izotz-aroetan, Estatu

Batuetakoa Atmosfera Ikertzeko Zentro Nazionalean egindako ikerketa baten arabera. Dirudienez, eragin zuzena du itsasarteak agertzeak eta desagertzeak izotz-

aroetan izotz-geruzak izandako gorabeherekin.

Inguru horretako itsasoko sedimentuak aztertuta, eta superordenagailu bidezko ereduak erabilia, lotura horren azalpen bat eman dute. Azaldu dutenez, izotz-aro bat hasten denean, eta izotz-geruza handiak sortzen direnean, Bering itsasarteak desagertu egiten da. Izan ere, izotz-geruza horietan ur asko biltzen da, eta itsasoaren mailak behera egiten du.

Bada, egoera horretan, eten egiten da Ozeano Pazifikotik Ozeano Artikora egon ohi den ur-fluxua, eta, horren eraginez,

askoz ur gehiago sartzen da Artikora Ozeano Atlantikotik. Ozeano Atlantikoko ura gaziagoa eta epelagoa denez Pazifikokoa baino, inguru horretako klima epeldu egiten da, eta izotza urtzea eragiten du Ozeano Artikoaren ertzean. Urtzeen ondorioz, Ozeano Artikoko ur-maila igo egiten da, eta, une batetik aurrera, berriz irekitzen du Bering itsasarteak. Hala, Pazifikoko ur hotza sartzen hasten da berriz ere, klima hoztu egiten du, eta berriz hasten da prozesua. ●



Bering itsasarteak Ozeano Pazifikokoaren eta Artikokoaren artean dago. ARG.: NASA.

Prioiak nerbio osasuntsuak osatzeko ezinbestekoak direla frogatu dute

Nature Neuroscience aldizkarian argitaratutako artikulu baten arabera, prioi osasuntsuek (PrP proteinekin) funtzio onuragarriak dituzte nerbio-sisteman; are gehiago, beharrezkoak dira nerbioak estaltzen edo biltzen dituen mielina sortzeko.

Behi eroen krisia gertatu zenean, ikertzaileek deskubritu zuten egitura galdua zuten prioi desitxuratuek sortzen zutela gaitz hura, bai eta Creutzfeldt-Jakob gaixotasuna ere (pertsonak duten pareko gaitza). Prioiak gaixotasunekin lotu zituzten, beraz.

Alabaina, zientzialariek susmatzen zuten PrP proteinak funtzioaren bat izan dezakeela. Duela lau urte, Adriano Aguzzi Zuricheko Unibertsitateko neuropatologoak ikertzaile japoniar

batzuek 1999an argitaratutako lan batean jarri zuen arreta; lan hartan jakinarazten zutenez, PrP proteina falta zuten saguek kalteak zituzten nerbio periferikoetan.

Aguzzi eta bere taldeak bide horretan ikertzen jarraitu dute, eta frogatu dute PrP proteina beharrezkoa dela saguetan, nerbio-sistema periferikoko neuronak mielinaz ondo bil daitezen. Prp proteinarik gabe, berriz, mielina ez da osatzen, eta, horren ondorioz, nerbio-sistemako gaixotasunak garatzen dituzte saguek.

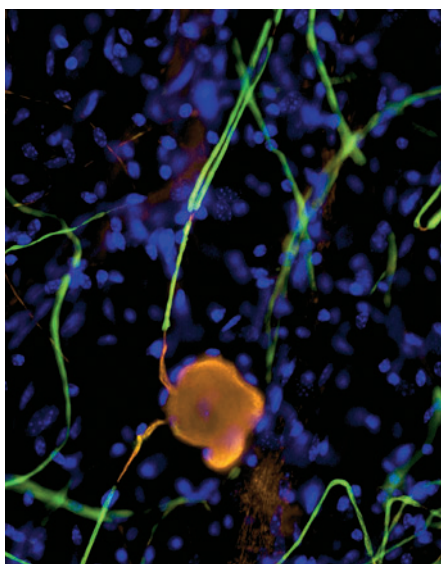
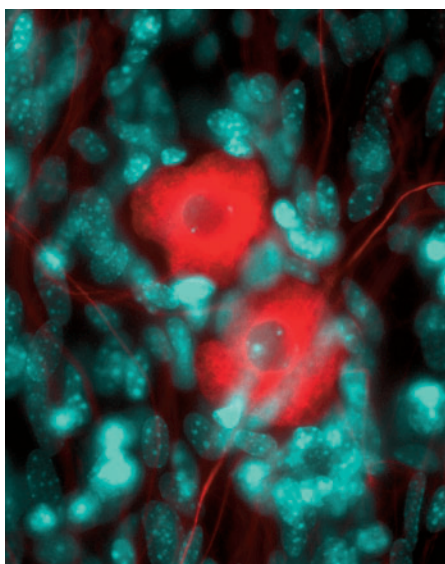
Ikertzaileek uste dute PrP proteina garrantzitsua dela mielinaren galerarekin lotutako hainbat giza gaixotasunetan, hala nola esklerosi anizkoitzean. Horrenbestez, "ikertzen jarraitzeko asmoa" dutela adierazi dute. ●

Exoplaneta baten atmosfera neurtu dute lehenengo aldiz

Kanadako eta Alemaniako zenbait astronomok HR 8799c exoplanetaren atmosferako espektroa neurtu dute. Lehenengo aldia da exoplaneta batek igortzen duen erradiazioa zuzen-zuzenean neurtzen dutena.

Helburua da exoplaneta horren atmosferaren konposizio kimikoa neurtzea. Izan ere, horrek planetaren eraketari eta eboluzioari buruzko informazioa ematen du.

Torontoko Unibertsitateko Markus Jansonek zuzendutako taldeak ikusi du espero zitekeen baino metano gutxiago dagoela goi-atmosferan, eta, beraz, karbono gehiena karbono monoxido gisa metatzen dela. Horrek esan nahi du litekeena dela planeta elementu astunetan aberatsa izatea, haren izarrearekin alderatuta. Horrenbestez, ondorioztatu dute exoplaneta gure eguzki-sistemako planeten antzera sortu zela. ●



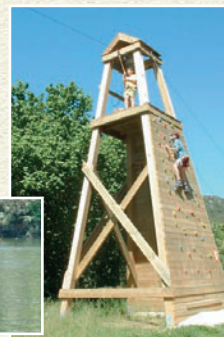
Ezkerrean, sagu osasuntsu baten nerbio-sistema periferikoko nerbioak ikusten dira; eskuinean, PrP proteinarik gabeko sagu batenak (ez dute mielinarik). ARG.: AGUZZI, et. al. NATURE NEUROSCIENCE.



Etor zaitetz ezkutuko ingurune natural hau ezagutzera eta abenturaz goatzera

Sobrongo abentura-zentroa

kanoa, kayak, paintball, mendi-ibilaldiak, orientazioa, mendi-bizikleta, arku-tiroa, igerilekuak...



Eskola-umeentzako prezio bereziak

01423 Sobron (Araba)
tel.: 945 359016
faxa: 945 359137
<http://www.aventurasobron.com>
h. el.: info@aventurasobron.com

Txerto hirukoitza eta autismoa erlazionatzen zituen artikulua kendu du *The Lancet*-ek

Artikuluak zioena okerra zela frogatu ondoren kendu du, argitaratu eta hamabi urte geroago



1998an *The Lancet* medikuntza-aldizkari ospetsuak argitaratutako artikulua bat ez dela zuzena erabaki du Britainia Handiko Medikuntza Kontseilu Orokorrak. Horren ondorioz, artikulua kentzea erabaki du *The Lancet*-ek.

Artikulu hark txerto hirukoitzak —elgorritik, errubeolatik eta hazizurritik babesten du— hesteetako arazoak eta autismoa eragin zitzakeela iradokitzen zuen. Oihartzun handia izan zuen, bereziki Britainia Handian, eta guraso batzuek beren haurrak ez txertatzea erabaki zuten. Jarrera

horrek hiru gaixotasun horien kasuak areagotzea ekarri du azken urteotan.

Batzuek hasieratik jarri zuten zalantza ikerketa, baina 2004an *The Times* egunkarian plazaratutako erreportaje batek hauspotu egin zuen eztabaida. Haren arabera, ikerketan parte hartu zuten haurrak (3 eta 10 urte bitarteko 12 haur), nahita aukeratu zituzten ikerketa hartarako. Horrez gain, haurrei beharrezkoak ez ziren proba gogorak egin zizkieten, bilatzen zutena frogatu nahian.

Ikerketa sinatu zuten 13 ikertzaileetatik 10ek atzera egin zuten, baina

ikerketa-buruak, Andrew Wakefield gastroenterologoak, aurre egin zien salaketei. Bitartean, Britainia Handiko Medikuntza Kontseilu Orokorrak ikerketa bat zabaltzeko erabaki zuen. Azkenean, Wakefielden ikerketak akats onartezinak zituela ondorioztatu du kontseiluak, eta, beherahala, *The Lancet*-ek artikulua kendu duela jakinarazi du ohar baten bidez.

Artikulu hura txertoen aurkako mugimenduaren jatorria izan zen, eta guztia Wakefielden aurkako konspiraziotzat jotzen duenik bada oraindik. ●

Karbono erradiaktiboaren bidezko datazioa doitu dute

Kalibraketa-kurba berri baten bidez, karbono erradiaktiboaren bidezko datazioa doitu egin du INTCAL nazioarteko ikerketa-taldeak.

Karbono-14aren metodoa landareek nahiz animaliek atmosferako karbono dioxidotik absorbatzen duten karbono-14 erradiaktiboaren neurketetan oinarritzen da. Baina atmosferako karbono-14aren kontzentrazioa aldatu egiten da eguzki-jardueraren eta Lurreko eremu magnetikoaren arabera. Horrenbestez, karbono-14aren bidezko datazioan kontuan izan behar dira aldaketa horiek, eta horretarako ezinbestekoa da gorabehera horiek kontuan hartzen dituen kalibraketa-kurba bat.

Hainbat urte daramatza INTCAL ikerketa-taldeak kalibraketa-kurba hori kalkulatzeko lanetan. 2004an argitaratu zuten kurbak 26.000 urte arterainoko datazioetarako balio zuen. Orain 2004koa baino zehatzagoa den beste bat argitaratu dute *Radiocarbon* aldizkarian, eta 50.000 urte arterainoko datazioetarako balio du. Kurba berri horrek gizakien eboluzioaren inguruko zenbait kontu argitzen lagun diezake ikertzaileei, hala nola klima-aldaketaren eragina gizakion moldaeran eta migrazioetan. ●

- Fundazioa bultzatu nahi baduzu
- Iritziak eta ideiak eman nahi badituzu
- Gure proiektuetan lan egin nahi baduzu
- Elhuyarren ekintza eta ekitaldietara etorri nahi baduzu



Izan
Elhuyar
Fundazioko

BAZKIDE
www.elhuyar.org/bazkidetza

Elhuyar Fundazioa
Zelai Haundi kalea, 3
Osinalde industrialdea
20170 Usurbil
Tel (+0034) 943363040
m.tapia@elhuyar.com







Tanzaniako paradisua

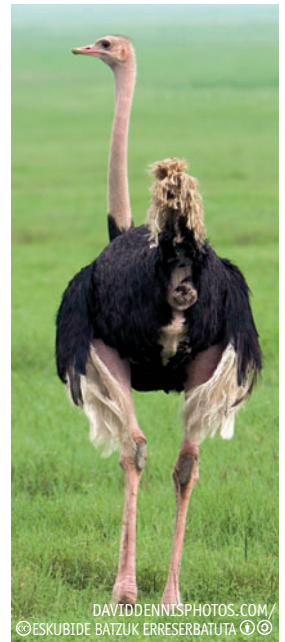
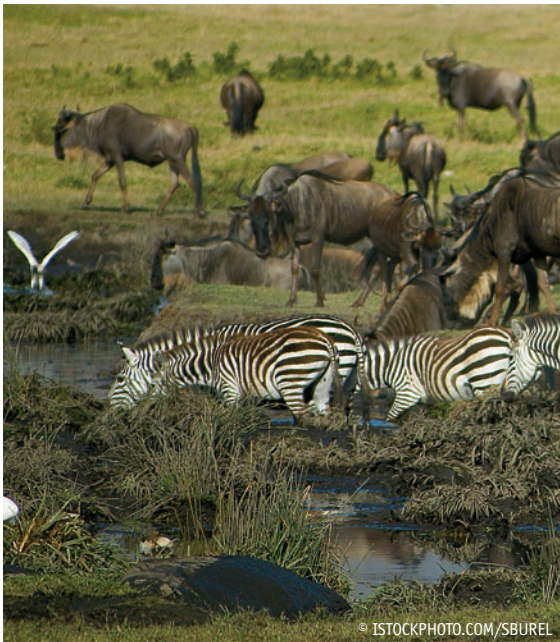
NGORONGORO

Basapiztiekin liluratuta dauden bidaiariek Afrikako kontinentea dute jomuga gustukoena, eta Tanzania nahitaezko herrialdea da natura bizi-bizirik sentitzeko eta gozatzeko. Bertako paraje natural garrantzitsuenetako bat Ngorongoro Kontserbazio Gunea da. 8.300 km²-ko azalera du, Gipuzkoaren hedadura halako lau, eta Arusha eskualdean dago, herrialdeko iparraldean.

Gune babestu horren bihotza Ngorongoro kraterra da. 20 km-ko diametroa du, eta Tanzaniako paradisua deitzen diote. Sumendia duela milaka urte itzali zen eta, orain, haren

kraterraren barnealdea basanimalien erreserba oso garrantzitsua da: Afrika kontinente osoko faunaren lagin bizia da: zebra, gazela, elefanteak, antilopeak, flamenko arrosak, lehoiak... Kalkulatzen da krater osoan 25.000 ugaztun eta hegazti inguru bizi direla.

Gaur egun, gune babestu horretan bizi ahal izateko baimena duten pertsona bakarrak masaiak dira. Sumendiaren oinarrian bizi dira. Euren tunika gorri dotorea eta marfilezko lepokoak jantzita, sabanako lautadan aritzen dira ganadua larratzen, beti prest bidaiariari irribarrea eskaintzeko. ●





Bi batera,
sarea eta papera



.info

aukera ezazu bizi euskaraz



IGOR LETURIA AZKARATE
Informatikaria eta ikertzailea

LIBURU ELEKTRON

musika- eta bideo-industrien akatsak errepikatzen

lazko irailean, DRM (Digital Rights Management) sistemei buruz hitz egin genizuen; formatu digitaleko abesti eta filmen kopiak ekiditeko erabili izan diren sistemez, alegia. Orduan genioen euskarri horietan DRMa hilda zegoela, baina mundu digitalerako lehen pausoak ematen ari zen liburu-industrian agian berpiztuko zela. Geroztik pasatu den urte-erdi eskasean, agente asko (on line liburu-dendak, argitaletxeak edo hardware-fabrikatzaileak, Euskal Herrikoak nahiz kanpokoak) liburu digitalen negozioan sartu dira, eta panorama argitu egin da: liburu digitalen industriak DRMaren aldeko apustua egin du.

10 urte alferrik pasatu balira bezala, liburuaren industria musikarenak eta bideoarenak DRM sistemekin egin zituzten akats berberak errepikatzen ari da. Izan ere, joan den irailean genioenez, bi arazo nagusi dituzte sistema horiek: batetik, erabiltzaileei arazo ugari sortzen diete, eta diskoak, pelikulak edo liburuak erostera bultzatu beharrean, P2P sareetatik eta horrelako beste bide batzuetatik lortzera bultzatzen dituzte; bestetik, sistema horiek alferrikakoak izaten dira, eta beti egongo da norbait babesu gaineztea lortuko duena.

ERABILTZAILEENTZAKO MUGAK ETA ARAZOAK

Liburu digitaletan jartzen diren DRM sistemak honetan dautza: hasteko, liburu digitalak irakurtzeko erabiliko diren gailuak (liburu elektronikoa, ordenagailua, telefono mugikorra...) erregistratu egin behar dira saltzailearenean, gehieneko kopuru batekin; gero, obrak irakurri ahal izateko, irakurgailu horietan software jakin bat instalatu behar da, liburuak legalki erosi direla ziurtatzen duena; eta liburu digital bat erosi eta deskargatzen denean, enkriptatuta dator eta erregistratutako gailu horietan eta programa horrekin soilik irakur daiteke. Azken finean, ez da liburuaren erosten, liburuaren baldintza jakin batzuetan irakurtzeko lizentzia baizik, softwarearekin bezala. Eta paperezko liburuekin genituen eta legeak bermatzen zizkigun eskubide asko murriztu egin zaizkigu: guk geuk gure gailuetan ikustea da egin dezakegun gauza bakarra, eta ezin diegu familiakoei edo lagunei liburuak utzi, edo liburutegietatik maileguan hartu... Kontrol erabat orwelldarra da.

Kontrol hain hertsia egin nahi izateak, gainera, eragozpen-mordoa eragiten du. Adibidez, DRM sistema batzuk irakurri ahal izateko softwareek gailu edo sistema eragile jakin batzuetarako bakarrik balio dute. Bestetik, ordenagailu, telefo-

no edo liburu elektronikoko bat aldatzean, aldeketa hori erregistratu egin behar da liburuak erosi ditugun dendetan, eta gailu berri horretan irakurri ahal izango diren liburuak berriz deskargatu behar dira, baina gailu-aldaketa onartua izateko denbora bat pasatu behar da, eta, kasu batzuetan, deskarga-kopuru maximoa gainditu egin daiteke gailua askotan aldatzen badugu.

Horrez gain, hainbat DRM sistema daude, elkarren artean bateraezinak. Amazon on line liburu-dendak eta haren Kindle irakurgailuak sistema bat erabiltzen dute; baina Barnes & Noble dendak eta haren Nook irakurgailuak, beste bat; eta beste argitaletxe askok (liburu digitalen negozioan oraingoz dauden euskal argitaletxe bakarrak barne: Elkar eta Alberdania), Adobe-rena... Gainera, inork ez du argi esaten DRMa erabiltzen duen edo ez, eta, hala bada, zein sistema erabiltzen duen, zeinekin den bateragarria eta zeinekin ez. Beraz, horietakoren baten aldeko aukera eginez gero, beti bertan jarraitu beharko dugu, erositako guztia ezertarako ez izatea nahi ez badugu. Eta guztiek katalogo hain ezberdinak izaki, aukeratu behar hori arazo handia da. Mundu analogikoan ez da halakorik gertatzen.

Azkenean, sortzen dituzten arazo guztiekin, erabiltzaileak liburuak sarean dohainik bilatzera bultzatzen dituzte, eta, hala, lortu nahi zena, hau da, *pirateria* ekiditearen, kontrako efektua lortzen da.

DENA ALFERRIK

Gainera, lehenago edo beranduago, erabiltzaileek DRM sistema guztiak *krakeatzea* edo deuseztatzea lortzen dute. Horrela gertatu zen musikaren eta filmen kopiak ekiditeko sistemekin, eta horrela gertatzen ari da liburuarekin. Amazonen eta Barnes & Nobleren DRM sistemak

IKOAK eta DRM



© ISTOCKPHOTO.COM/CLAUDIO BRAVO

deuseztatuta daude jada. Bestalde, liburuak ere badute zulo analogikoa, ezerk ezin du ekidin liburu bat orriz orri eskaneatu eta OCRratzea (karaktere-ezagutzaile bat pasatzea, irudia testu bihurtzeko). Hala, eMule eta halako P2P sareak liburu digital komertzialez josita daude.

Duela gutxi Apple ere agertu da liburu elektronikoen eszenatokian bere iPad-arekin: funtsean liburu-irakurgailu elektronikoen antzeko gailua da; bereizgarriak nabarmenena koloretako ukipen-pantaila du, eta, horregatik, argazkidun egunkariak eta aldizkariak irakurtzeko egokiatzat aurkeztu dute. Egunkarien esperantza da paperean gainbehera doan negozioa altxatzea iPad-ak, lehen iPod-iTunes binomioak musikarena jaso zuen bezala; testuinguru honetan soilik uler daiteke medioek batere berritzailea ez den gailu honi egin dioten neurritz kanpoko harrera ona. Eta jakina da Apple-k ez duela inon-

Argitaletxeek, dendek eta hardware-fabrikatzaileek planteatzen duten eredu horrek ez du etorkizunik.

go eragozpenik edukien industrien nahietara makurtu eta bere gailuak DRMz betetzeko.

Hala ere, argitaletxeek, dendek eta hardware-fabrikatzaileek planteatzen duten eredu horrek ez du etorkizunik. Musika- eta bideo-industrian huts egin zuen, eta hala egingo du liburuarenean ere. Nahiz eta oraindik hori guztia hasi berri den, eta oraingoz DRMaren aldeko apustua den nagusi, hasi dira jadanik bestelako mugimenduak agertzen. Adibidez, Sony Reader irakurgailuek eta haren on line dendek, hasieran Adoberen DRMa erabiltzen bazuten ere, kendu egin dute jada. Gainera, denda eta argitaletxe txiki askok DRMrik gabeko liburuak saltzen dituzte. Besteak saiaturko dira oraindik egoerari eusten, baina DRMa desagertzea denbora-kontua besterik ez da. ●



LOREA ARAKISTAIN AIZPIRI
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

ZIENTZIAREN GIZARTERATZEAN TREBATU ETA
LAN EGITEKO ELKARTU GARA HUNGARIAN

KAZETARIAK

amantal zuria jantzita

Astebetez, Europa osoko hamabost kazetari, amantal zuria jantzita, laborategian sartu eta zientzialari bihurtu gara. Aitzakia, bioteknologia, eta, eszenatokia, Hungariako Gödöllő herriko BioTalentum laborategia. Zelula amekin egiten dute lan, animaliak klonatzen dituzte... eztabaida sor dezakeen eszenatokia, eta, beraz, erakargarria kazetariontzat.

Baita herrialdea ere. Hungariak 2004an egin zuen bat Europako Batasunarekin; eta, 2005ean, Hungariako gobernuak zientzia-estrategia definitu zuen; izan ere, Hungariako gobernuak Europako liderra izan nahi du bioteknologiaren alorrean, Asiarekin eta Estatu Batuekin lehiatzeko. Alorra ez da berria herrialde honetan; bioteknologia terminoa hungariar batek erabili zuen lehen aldiz 1919an, Karoly Ereki izeneko ingeniariak. Eta hark irekitako bideari darraizkio BioTalentum laborategian, Hungarian dauden bioteknologiaren alorreko 70 enpresetako batean.

Gero zer etorriko den jakin gabe eta zero azpitik 10etik beherako tenperaturei aurre egiteko prestatuta elkartu gara goizeko 9.00etan Ingalaterra, Holanda, Italia, Bulgaria, Lituania, Txekia, Polonia eta

beste zenbait herrialdeetatik iritsitako 15 lagun. EURAC erakundeak hautatu gaitu, My Science programan parte hartzeko. Helburua, bakarra: Europako herritarren zientziaren ulermena areagotzeko lanean bitartekari izango diren profesionalak trebatzea eta euren jardunerako baliabideak ematea. Hautatuek bi ezaugarri komunean: kazetariak eta gazteak.

 *Etikaz, kazetaritza egiteko moduaz eta zientziaren komunikazioaz aritu gara. Sintonia erabatekoa da: ezagutza konpartitu egin behar da.*

Andras Dinneys zientzialariak egin digu harrera. BioTalentum enpresaren sortzailea da bera, eta bere lehen hitzekin ulertu dut zergatik gauden laborategi honetan. Hemen jaio zen Klonilla sagua, Hungarian klonatutako lehen animalia. Ondoren untxia etorri zen, Tapsilla. Ez da

kasualitatea. Dinneysek Dolly klonatu zuten institutuan egin zuen lan, eta baldintza egokiak zeudela iruditu zitzaionean itzuli zen bere herrira.

Amantal zuria jantzi aurretik, etikaz, kazetaritza egiteko moduaz eta zientziaren komunikazioaz aritu gara. Sintonia erabatekoa da: ezagutza konpartitu egin behar da. Zailtasunak izango dira. Zientzialariak beti nahiko du albistea baikorra izatea; kazetariak, ez derrigorrez. Eta, kazetariaren muga sarri epemuga izango da, prentsa-ohar bidez jaso duen 20 urteko ikerketaren emaitza 24 orduan kontrastatu beharra. Arazoak, ordea, ez du irtenbide errazik.

Atzetik etorri dira ikertzaileen aurkezpenak. Etiket bertatik, Zientzia eta Teknologiarentzako entziklopedian kontsulta errazak, batzuk; eta, joko gehiago eman duen besteren bat, tartean. Titular kutsuko esaldiren bat ere bota dute: “Segur aski klonatutako animaliak ari gara jaten”, edo “gizartean erabat onartuak ez diren teknikekin ari gara. Baina, Asia eta AEB ere horretan ari dira eta lehia hor dago. Zer egin behar dugu, guztiaz ahaztu eta gero handik inportatu?”



VERA GOTSEVA

Ondoren, prozedurak. Tamalez, zuzenean beharrean, pisu bat gorago dagoen laborategian grabatutako bideo baten bidez ezagutu ditugu animaliak. Eta animalien etxea ezagutzeko gogoz geratu naiz ni neu. Kuxkuxeroegia? Baliteke. Gizakiongan egin aurretik sagu batean egindako ebakuntza entseatzen ikusi ditugu pantailan. Anestesia, bisturia... Teknopolis telebista-saiorako erabili dezakedala pentsatuta, bideoa eskatu dut. Eskatzea libre da... ez ematea ere bai. “Hau ez da show bat” erantzun dit Ana Claudia Carstea doktoreak. Beldur da, aktibisten beldur. Ez du uste gizartea animaliekin egiten den lana ikusteko prest dagoenik. Bada, horrek behar luke gure lana, edozein kazeraren lana.

Bi egun, informazio asko, apunte pila eta beste horrenbeste kaferen ostean, laborategira sartzeko prest gaude. Amantal eta eskularru zuriak jantzita, oinarri-oinarizko lanetan aritu gara. Mikroskopiotik begiratu, eta “hara, espermatozoideak abiada bizian”. Beste edozer ere izan zitekeen... baina sexuak beti funtzionatzen du titularretan. Pipetak, zentrifugagailuak, esterilizazioaren garrantzia, DNA mozteak... lan mekanikoetan aritu gara.

Itxuraz txikiak baina dirutan garestiak diren tresnekin gauza handiak egiten dira laborategietan.

 *Nola kontatuko diogu jendeari ez ikusi ez zuzenean eman ezin izan dugun lasterketa? Kontatu digutena kontatu dezakegu...*

Jolasean aritu gara. Eta guk ukitutako guztia zakarrontzira joan da. Badaezpada! Astebete eman dugu laborategi barruan; baina kanpoan, garagardo bat eskuan —zergatik ez—, luze eta zabal hitz egiteko beta hartu dugu. Hungariako zientzialariek euren ezagutza eta lana erakutsi digute. Konplexu barik kontatu digute guztia, kamerarik aurrean ez zegoenean. Kamera aurrean, hitz egiteko prest dago Szilard Bodo doktorea; bere bizitza pribatuaz hitz egiteko, ordea, ez lanaz. Ez ei du horretarako baimenik,

lasterketa irabazteko estrategia beharrezkoa da.

Informazioa baliotsua da. Eta arerioari —edo lehiakideari kasu honetan— indar guztiak erakustea sekula ez da irabazteko estrategia ona izan. Arrazoi. Baina, estrategia errespetatu arren, guk nola kontatuko diogu jendeari ez ikusi ez zuzenean eman ezin izan dugun lasterketa? Kontatu digutena kontatu dezakegu, amantal zuria jantzi dezakegu, Europako programetan parte hartu dezakegu, baina lasterketa dagoeneko amaitutakoan emango diogu jendeari lasterketaren berri. Egingo zenik ere ez zekiten.

Ikertzaileak ez dira lasterketetan aritzen diren bakarrak, dena den. Erredakzioetan ere lehenak izan nahi ohi dugu, noski. Ikertzaileekin, gai zail eta korapilatsuekin lan egiten duten ikertzaileekin, bizitzeko esperientzia ona izan da. Esperientzia ona litzateke amantala kendu eta astebe- te zientzialariak erredakzioan sartzeko? Desafioa botata dago. Nahi duenak har dezala. ●



Epel uzten ez duten GAILUAK

AMAIA PORTUGAL GONZALEZ
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

Urruti geratu dira Lurra laua zela uste zireneko garaiak. Ez dago munduaren bukaerarik. Baina geografia alde batera utzita, Fiserratik haratagokoak diruditen tokiak badaude gure planetan. Antartika edo Etiopiako Afar eskualdea, esaterako; munduko gune hotzena bata, beroena bestea. Jende gutxi erakartzen dute bi toki horiek, baina beti ibiliko da bertan ikertzaileen bat erantzun bila edo kirolariren bat erronka berri bat gainditzeko amorratzen. Eta gizakia non, teknologia han.

Antartikan, inolako babesik gabe itsasora eroriz gero, gizakiak ez du hiru minutu baino gehiago iraungo bizirik. Baina kontinente izoztua ikerketarako tentagarria da, saihesteko. Punta-puntako teknologiak bertan baldintza txukuntan bizirautea erraztu die ehunka zientzialariri, bai eta egoera apartekoa izan arren haientzat ohikoak diren ikerketak egitea ere.

Zientzialari horietako askok itsasontzi bat izaten dute bizileku. Ez dira ontzi arruntak: hasteko, izotza hausteko gai izan behar dute, derrigor. Alemaniako Polarstern ontzia, adibidez, metro eta erdirainoko lodiera duen izotza zeharkatuz nabigatzeko gai da. 14.000 kilowatt-erainoko indarra har dezaketen lau motor dauzka, eta horrek ematen dion potentziak eta abiadura handiak (ia 30 kilometro orduko egiteko gai da) ahalbidetzen dute halako izotz plakak hautsi ahal izatea.

Gotzon Arribas kameralaria, Pou anaien 7 pareta, 7 kontinente proiektuaren baitan Antartikara egindako espedizioan. ARG.: JABI BARAIAZARRA.



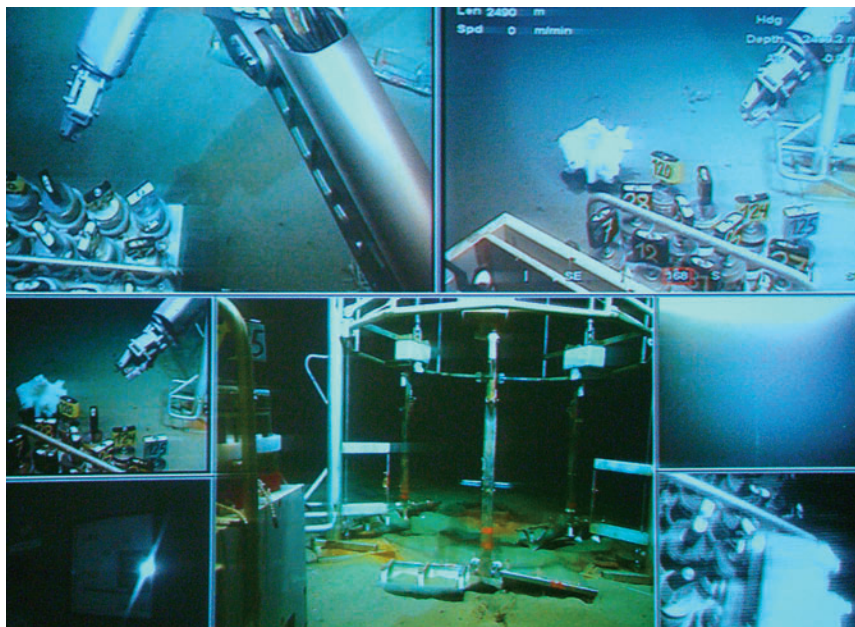
Alemaniano *Polarstern* ontzia metro eta erdiko lodiera duen izotza zeharkatuz nabigatzeko gai da.
ARG.: MICHAEL TRAPP/ALFRED WEGENER INSTITUT.

Zero azpitik 50 gradu jasan dezakeen altzairu berezi batez egina dago *Polarstern*. Izan ere, altzairu arrunta hauskor bihurtu ohi da zero azpitik hamar gradura iristean. Altzairuari nikel-kontzentrazioa handituta, ordea, hauskortasun hori gutxitu egiten da; eta propietate mekanikoak hobetu egiten dira, karbonoaren kontzentrazioa handituz gero.

PUNTA-PUNTA KO ONTZIA

Bere tankerako ontzietan sofistikatuena da *Polarstern*. Haren ardura du Alemaniako Alfred Wegener Polo eta Itsasoen Ikerketarako Institutuak (Helmholtz Elkartearen parte ere bada Institutua).

Itsaspeko robot baten kontrol-panela, *Polarstern* ontzian.
ARG.: MARUM/UNIVERSITÄT BREMEN.



Zero azpitik 50 gradu jasan dezakeen altzairu berezi batez egina dago *Polarstern*.

Hamaika arlotara bideratutako ikerketak egiten dira ontzian, horrek dakarren tresneria guztia-ekin. Nabarmenezkoa da *Hydrosweep DS II* izeneko ekozunda, besteak beste itsasoaren kartografia egiteko datuak hartzen dituena. Itsaso sakontzat, hala nola Antartikakoa, ezin egokiagoa da, itsas mailatik 10.000 metro beherago dauden datuak ere hartzeko gai baita.

“*Hydrosweep DS II* izpi anitzeko ekozundak 59 izpi erabiltzen ditu, eta horietako bakoitzak itsas hondoaren banakako ekorketa egiten du”, dio Saad El Naggat doktoreak, Institutuko logistikako langileak. “Izpi horiek guztiak batuta,

itsas hondoari buruzko informazio sakona ematen dute, 90 edo 120 graduko angelu zaba-lean, itsasoaren sakoneraren arabera”.

Polarstern ontzian erabili duten beste tresna berritzaileenetako bat First Navy sistema da, infragorrien termografiaren bidez baleak aurkitzen dituen sistema. Iazko uztailan probatu zuten lehen aldiz. Baleek arnas egitean botatzen duten ur txorrotadaren berotasuna baliatzen du sistema horrek. Olaf Boebel doktoreak, akustika ozeanikoaren ikerketa-taldeko buruak, eman ditu xehetasunak: “Infragorri bidezko termografiak gorputz bakoitzetik datorren beroaren erradiazioa erregistratzen du. Pantaila batean erakusten du hori, zuri-beltzean. Puntu bat zenbat eta argiagoa izan, orduan eta beroagoa da. Eta bale baten txorrotada beroa erraz bereizten da Antartikako ur hotzen gainean”.

Infragorrien termografiaren bidez baleak aurkitzen dituen sistema erabili dute ontzian.

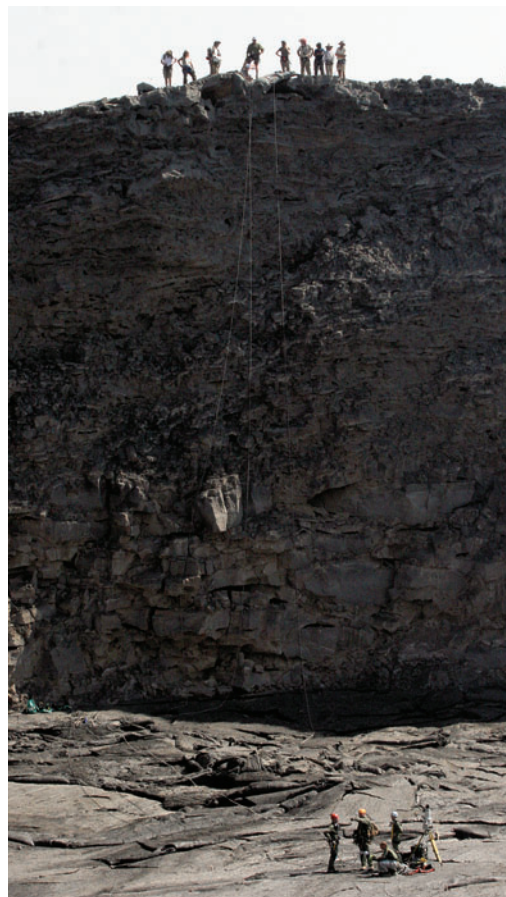
SUMENDIA, HIRU DIMENTSIOTAN

Munduko toki hotzenean ez ezik, beroenean ere erabiltzen da izpi bidezko teknologia. Esaterako, sumendi baten barrualdea irudikatzeko. Hala egin zuen Dougal Jerram Durhameko Unibertsitateko Lur Zientzien departamentuko irakasleak, BBC telebista-kateko hainbat kiderekin batera Afar triangelura egindako espedizioan. Afar triangelua Etiopian dago, Afrikako adarra deitutakoaren ondo-ondoan. Geologiari dagokionez, oso gune ezegonkorrean dago, eta Itsaso Gorriak irentsia izango da noizbait. Lurreko gunerik beroena izaki, Jerram doktoreak berak 55 gradurainoko tenperatura jasan zuen 2007ko urte bukaeran.

Espedizioaren helburu nagusia, aurrenekoz labazko laku aktibo baten hiru dimentsioko irudia ateratzea zen. Horretarako, historian lehen aldiz 80 kiloko ekipamendua sartu beharra zegoen sumendi baten kraterrean, Erta Ale sumendian. Laser bidezko eskanerra egiteko tresneria zen ekipamendu hori. “Eskanerrak milioika laser izpi bidaltzen ditu 360 graduko angeluan, ingurunearen argazki birtual bat erakitzeko”, azaldu du Jerram doktoreak. Eskaner horrek argazki-kamera arrunta du txertatuta,

eta, laser izpiek bidalitako puntu mordoa kamera hark ateratako irudiekin alderatuz, kolore erreala ematen zaio hiru dimentsioko irudiari.

Jerram doktoreak adierazi bezala, lanik zailena 80 kiloko ekipamendua garraiatzea izan zen. Sumendiaren gailurreraino iristeko gameluak erabili zituzten, baina kraterrearen ertzetik barrurako prozesua gizakiaren esku geratu zen. Hori bai, teknologiaren laguntzaz: “P640 motako termo-kamera bat erabili genuen, kraterrean sartu aurretik ikusteko bertako zein gunetan zegoen tenperatura segurtasun-neurrietatik kanpo”. Izpi infragorriak darabiltza kamerak honek, eta, grabatzen duena pantailaratzean, gune bakoitzaren tenperaturaren arabera erreproduktzioa egiten du, kolore-intentsitate desberdinak erabiliz. Kamera honi esker, alde aurretik jakin ahal izan zuten espedizioako ki-deek kraterrean sartzean zein gune saihestu behar zituzten, bereziki beroak eta arriskutsuak izateagatik.



Argazkiaren behealdean, Dougal Jerram eta beste zenbait espediziokide, Erta Ale sumendiaren kraterrean.
ARG.: DOUGAL JERRAM.

Kamerak, ez horren apartekoak

Pou anaiak erronka bete zuten Antartikan, 2008ko urtarrilean. 7 pareta, 7 kontinente proiektuaren baitan, Azken Paradisua izeneko bidea ireki zuten kontinente izoztuan, aurrez eskalatu gabea zen Zerua Peak mendian. Jabi Baraiazarrak eta Gotzon Arribasek jaso zuten horren testigantza, argazki eta bideo bidez.

Baraiazarrak azaldu bezala, punta-ko tresneria eraman zuen, baina ez apartekoa. Izan ere, hotza ez da horren elementu kaltegarria ohiko kamerentzat: “Oso lubrifikatzaile onez hornituta daude eta gutxitan huts egiten dute. Kalterik handiena hezetasunak eta hautsaren eta haizearen arteko konbinazioak egiten dute. Kondentsazioak lurrina sor dezake lenteetan, eta argazkiak ateratzea galarazi. Horrez gain, barruko osagarri txiki eta sentiberak herdoil ditzake. Hautsa, berriz, zirrikitu txikienetatik sartzen da”.

Balentriaren irudiak hartzea bezain garrantzitsua zen espedizioarentzat gero horiek bidaltzea. Antartikan zeuden, baina Argentinaren aspiko penintsulan, eta horrek gauzak erraztu zituen. Inmarsat satelite-sistemak Lurra ia bere osotasunean estaltzen du, eta 78 graduko latituderainoko estaldura du gutxi gorabehera, planetaren iparraldean zein hegoaldean. “Ez genuen arazo handirik izan materiala bidaltzeko. Iridium telefonoak, berriz, ez zuen oso estaldura ona lortzen eta seinalea eten ohi zen”, dio Baraiazarrak. Hala ere, Iridium sistema da ikertzaileek erabili ohi dutena, Inmarsat iristen ez den Antartikako tokietan.

Rod Paulek, bestalde, hamarkada bat darama kameralari Middle Awash izeneko proiektuan. Afar triangeluaren inguruan lanean diharduen nazioarteko eta arlo askoko ekimen zientifikoa da. Proiektu horren baitan aurkitu dute, esaterako, Ardi, orain arte topatutako gizakiaren arbaso zaharrena.

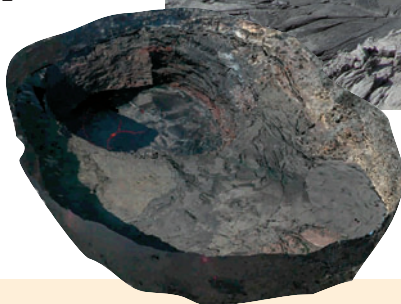
Kalitate handia duten baina beroa jasateko aparteko ahalmenik ez duten kamerek ondo funtzionatu dute munduko gunerik beroenean ere, Paulek dioenez. Beroarekin eta hondar mehearekin kontuz ibili beharra dago, hala ere: “Lurrez egindako bidaiak zakarrak ziren, eta, beraz, dena paketatuta beharra zegoen, baita ibilbide laburretan ere”. Eta, batez ere, dena beren kabuz egin behar zutela gogoratu du, kanpo-laguntzarik gabe: “Gertuen zeuden eraikinetatik edo elektrizitatetik hainbat miliatara geunden. Beraz, bateriak kargatzeaz gogoratzea oso garrantzitsua zen”.

Behin neurri guztiak hartuta eta krateraren kanpoaldea ondo eskaneatuta, berotik babeste-ko trajea jantzi eta tresneriarekin kraterrean behera egin besterik ez zegoen. Azken urrats hori beteta, erronka gaindituta zegoen jada, halako tramankulu bat sumendi batean sartzea eta labazko laku bat hiru dimentsiotan eskaneatzea lortu baitzuten lehen aldiz. Hala ere, beste erronka bat bazuen Jerram doktoreak, eta azken gailu bat erabili zuen han behean zegoela: “Sumendiaren tenperatura neurtzen saiatu ginen, 1.500 gradurainoko tenperatura har dezakeen termopare baten bidez. Magmak 1.150 eta 1.200 gradu bitarte izango zuen, gutxi gorabehera”.

Gutxi gorabehera dio, azkenean ez zuelako bere helburua lortu: ez zuen termoparea behar bezain luze jaurtitzerik izan, magma barruan ondo sartu eta haren tenperatura har zezan. Teknologia-rik puntakoenak ere baditu bere mugak. ●



Goian, laser bidezko eskanerra, Erta Ale sumendiaren ahoaren ertzean. Ezkerrean, krateraren hiru dimentsioko irudi osoa. ARG.: DOUGAL JERRAM.



Lau basamortu, teknologia bera

Carlos Garcia Prietok badaki zer edo zer muturreko baldintzetan lan egiteari buruz. *Racing the Planet* ekimeneko antolatzaileetako bat da. Bertako arduradunek astebeteko lasterketak antolatzen dituzte urtero munduko lau basamortu gogorrenetan; alegia, basamorturik beroenean (Sahara), haizetsuenean (Gobi), lehorenean (Atacama) eta hotzenean (Antartika).

Parte-hartzaileek, eraman behar dituzten eta eraman ditzaketen gauzen zerrenda zehatza jasotzen dute, gailu teknologikoak barne. Esaterako, baldintzak muturrekoak izan arren, toki hauetan ondo funtzionatzeko kame- rek, musika entzuteko tresnek edo GPSek. Kontuan izan behar dute, ordea, horretarako eguzki-panel eramangarriak ere sartu behar ditzutela motxilan, eta horrek zama handiagoa dakarrela. Horregatik, antolakuntzak sakelako teknologiarik buruzko aholkuak ematen dituen arren, ez du horrelakorik eramateko gomendiorik egiten, ezta gutxiago ere. “Atletak galdu ez daitezten, ibilbidea banderatxo arrosekin markatzen dugu. Ez dizkiegu ibilbidearen GPS koordenadak ematen”, dio Garcia Prietok.

Antolakuntzak beti daramatza sorgailu elektriko bat edo bi, batez ere webgunea eguneratzeko eta parte-hartzaileek mezu elektronikoak jaso eta bidal ditzaten beharrezkoa baitute. “Satelite bidezko konexioa erabiltzen dugu. Konexioa ez dago irekita, oso garestia baita. Orduan,

bidali beharreko guztia biltzen dugu eta Internetez paketetan bidaltzen dugu”.

Gainera, muturreko baldintzak jasateko gai diren ordenagailu eramangarri bereziak dituzte atletentzat. Berez, eskola-haurrentzat merkaturatu ziren ordenagailu txiki eta arin batzuk

dira, kolpeen ondorioz berehala honda ez daitezten prestatuak. Beste bereizgarri batzuen artean, solido egoerako unitatea dute (SSD); hau da, memoria ez dago jiraka dabilen disko baten menpe, eta iraunkorragoa da.



Argazkiko ordenagailu eramangarri horrek ederki eusten die Antartikako baldintza gogorrei.

ARG.: RACING THE PLANET.

Hizkuntza- baliabideak, -tresnak eta -zerbitzuak sarean, Elhuyar Fundazioaren eskutik

- ➔ Hiztegi-konsulta eleaniztuna
- ➔ Plugin-ak
- ➔ Euskara-gaztelania hiztegia mugikorrera jaisteko aukera
- ➔ Hizkuntza-konsultak
- ➔ Corpus-baliabideak eta -tresnak
- ➔ Terminologia erauzteko web-zerbitzua
- ➔ I+G+B unitatearen artikulua eta argitalpenak
- ➔ Hizkuntza Zerbitzuen bloga
- ➔ Eta abar



www.elhuyar.org/hizkuntza-zerbitzuak



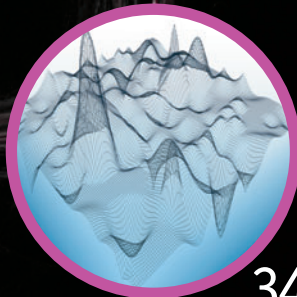
hizkuntza
ELHUYAR
zerbitzuak

GUILLERMO ROA ZUBIA
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

UNIBERTSO BAT BAINO GEHIAGO izan liteke?

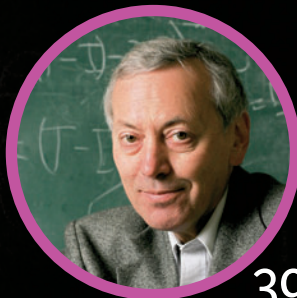
Unibertso bat baino gehiago. Multibertsoa. Oso ideia konplexua eta xelebrea da, askorentzat zalantzan jartzeko modukoa. Zergatik existitu beharko luke unibertso bat baino gehiago? Agian, burutazio teoriko bat besterik ez da. Gainera, oso kosmologo gutxi ari dira multibertsoa ikertzen. Kosmologiaren barruko adar marjinala da. Hala ere, lan horretan ari direnak goimailako zientzialariak dira. Eta haiek ari baldin dira multibertsoa ikertzen, arrazoi sendo bat izango dute.

**Bada multibertsoan
sinesteko arrazoirik**



34

**Alex Vilenkin, beste
unibertso batzuen
bilatzaile handia**



39

**Beste unibertso
batzuk aukeran**



40

MULTIBERTS

ORAINDIK EZ DU GUZTIZ ULERTZEN GIZAKIAK INGURUAN DUEN UNIBERTSOA,
ETA DAGOENeko BESTE UNIBERTSO BATZUEN BILA DABIL

Idazleek eta zientzialariek asmatu zuten multibertsoaren kontzeptua. Fikzioa idazten dutenek unibertso paralelo terminoaz hitz egiten dute, eta kosmologok multibertso hitza erabiltzen dute, baina, azken batean, kontzeptu bakarra da: unibertso bat baino gehiago existitzearen ideia. Fisikak bideak ematen ditu ideia hori azaltzeko, edo unibertso bat baino gehiago daudela pentsatu ahal izateko. Eta, agian horregatik, unibertso bat baino gehiagoren kontzeptua argialetxeetara eta laborategietara iritsi zen.

“Ez dago argi zein den ideiaren jatorria. XIX. mendearen bukaeran, H. G. Wells idazleak unibertso paraleloaren gaia erabiltzen du, nahiz eta ez guk gaur egun ulertzen dugun bezala. Lau garren edo bosgarren dimentsioaren ideia erabiltzen du” dio Kataluniako Unibertsitate Politeknikoko Manuel Moreno fisikariak, zientzia-fikzioan adituak. “Wellsek oso gustukoa zuen ideia. Beste mundu batzuekin (beste dimentsio batzuetan bizi direnekin) kontaktatzeari buruzko istorioak idatzi zituen.

Unibertso paraleloen ideia modernoa Princeton Unibertsitatean sortu zen, Hugh Everett fisikariaren tesian, 1957an. Berez, fisika kuantikoaren interpretazio berri eta heterodoxo baten ondorioa zen, eta ez zuen harrera ona izan garai hartako fisikarien artean. Zientzia-fikzioak, aldiz, segituan bereganatu zuen. “Literaturan, batez ere: Isaac Asimovek, Robert Heinleinek eta beste idazle batzuek istorioak idatzi zituzten unibertso paraleloen ideiekin. Baina Everetten lana argitaratu baino geroago idatzitakoak dira”, dio Morenok.



OAREN BILA

MULTIBERTSOA LABORATEGIAN

Denborarekin, Everetten ideiak kosmologoen artean ere zabaldu ziren. Azalpen berriak eta planteamendu berriak agertu ziren, eta horretan lan egiten zuten fisikarien kopurua hazi egin zen. Baina ez asko. Oraindik ere, multibertsoaren ikerketa oso marjinala da kosmologiaren barruan.

Jon Urrestilla EHUko kosmologoak multibertsoa ikertzen duten gutxietako batzuekin egin du lan, eta barruko eta kanpoko perspektiba du: “Kosmologiaren barruan oso marjinala da. Askori ez zaie gustatzen multibertsoaren kontzeptua, ez dakigulako zenbateraino den zientzia. Baina gero eta zale gehiago dago. Ez dakigu zergatik; agian, teoria ona delako, eta, agian, Alex Vilenkin, Andrei Linde eta antzeko jendea ari delako horretan lanean. Erreferentziazko jendea da. Horregatik, batzuek pentsatzen dute kosmologo handi horiek denbora horretan ematen badute zerbait egongo dela. Ospearen eragina da”.

Multibertsoa erreferentziazko kosmologoak ari dira ikertzen. Horregatik, batzuek pentsatzen dute kosmologo handi horiek denbora horretan ematen badute zerbait egongo dela.

IRITSEZINA

Zerbait egongo da, baina zer? Multibertsoaren ikerketa ez da batere erraza. Unibertso bat baino gehiago baldin badago ere, gizakiak bakarra besterik ez du ikusten, eta ia ez du modurik beste unibertso bati antzemateko.

“Neur daitekeenaren eta neurtu ezin denaren arteko muga bat dago. Hortik filosofia hasten da. Neurtu ezin den zerbait zientzia da?” galdetzen du Urrestillak. “Segun eta zeini galdetzen diozun, esango dizu multibertsoarena ez dela zientzia serioa. Hiru jarrera daude: batzuek esaten dute ez dagoela multibertsoaren beharrik ezer azaltzeko; beste batzuek esaten dute



Manuel Moreno

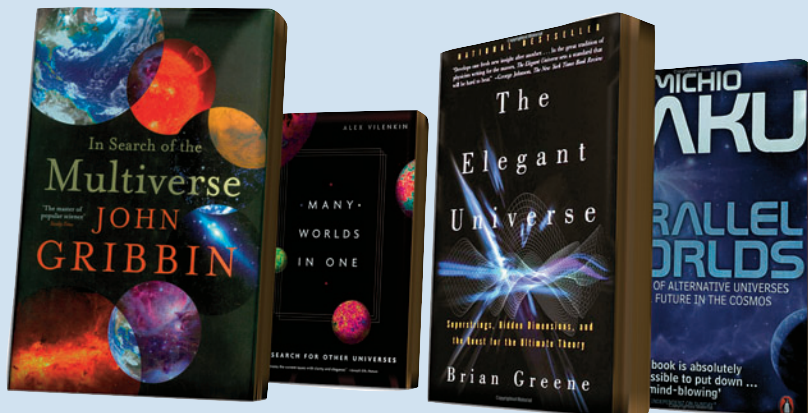
Kataluniako Unibertsitate Politeknikoko irakaslea da, Fisika eta Ingeniaritza Nuklearra Sailean. Gainera, zientzia-fikzioaren zale amorratua da; bere ustez, zientzia dibulгатzeko baliabide aproposa da fikzioa. Xede horrekin argitaratu zuen *De King Kong a Einstein* liburua, Jordi José Pont irakaslearekin batera.



Jon Urrestilla

EHUko kosmlogoa da. Doktore-tesia Leioan egin zuen, eta, gero, ikerketan aritu da Sussexeko Unibertsitatean eta Bostongo TUFTS Unibertsitatean. Unibertsitate horietan, multibertsoaren ikerketa gertutik ezagutu du, Alex Vilenkin kosmologoarekin batean, John Gribbin ikertzaile eta dibulгатzailearekin bestean.

Erreferentziazko lau liburu



In Search of the Multiverse

John Gribbin

John Gribbin Sussex-eko Unibertsitateko irakaslea eta zientzia-dibulgatzaile ezaguna da. Argitaratu berri du 2009ko zientzia-dibulgazio liburu salduenen zerrendetan buru egon den liburu hau. Multibertsoari begiratu orokor bat eman dio lan honetan.

Many Worlds in One

Alex Vilenkin

Vilenkin multibertsoaren teoria antropikoetan aditua da. Eta gaiaren dibulgazioa egiten du —ondo idatzita egin ere— liburu honen bitartez. Vilenkinen arabera, beste unibertso batean zu zara Estatu Batuetako presidentea. Oso kontu erakargarria da, baina multibertsoari buruzko liburu hau hori baino askoz gehiago da.

The Elegant Universe

Brian Greene

Greene ere ikertzailea da, eta supersoken teoriarekin egiten du lan. Liburu hau idatzi zuenean, ikergaia matematikako formulaziorik erabili gabe azaltzea zuen helburuetako bat, hain zuzen ere. Eta, horrekin batera, kosmologiaren eremuan sartzen du. *Sunday Times* egunkariak argitaratu zuen kritika baten arabera, Stephen Hawking-en *Denboraren historia* liburuak argitaratu ondoren arreta gehien jaso duen liburuak da hau.

Parallel Worlds: The Science of Alternative Universes and Our Future in the Cosmos

Michio Kaku

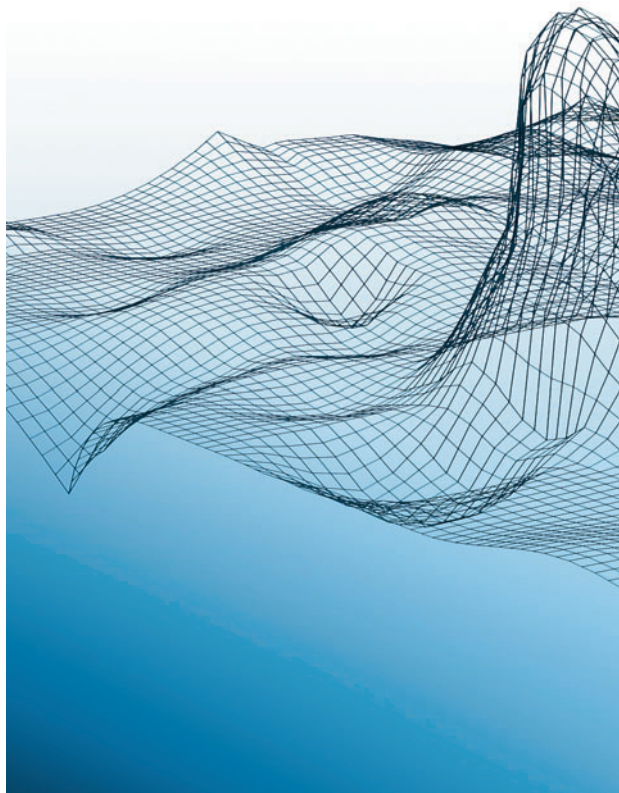
Supersoken teoriaren sortzailetako baten dibulgazio-liburuak da. Ez da bakarrik; *Hyperspace*, *Visions* eta *Beyond Einstein* liburuak ere Kakurenak dira. Mundu paraleloei buruzko liburu honetan unibertsoaren sorrera azaltzeko teoriak aztertzen ditu. Big Bang leherketa aztertzen du, bai eta fisika osoa barne hartu nahi duten teoriak ere. Halaber, multibertsoaren kontzeptuaz sakon dihardu. Gaztelaniaz ere argitaratu da liburuak, *Universos Paralelos* izenburupean.

baietz; eta, gero, badago beste hirugarren bat, eta nik uste dut hirugarren horretan nagoela, pentsatzen duena multibertsoaren zientzia erlijioa dela”.

Niels Bohr-en eta Albert Einsteinen arteko elkar-irizketa ospetsuetako eztabaida bera da: “Ilargia hor al dago guk begiratzen ez diogunean?” Edo, beste era batera galdetuta: Neurtzen ez duguna existitzen da? Bohrrek esaten zuen ezetz. Einsteinek baietz. Nolanahi ere, multibertsoaren kasuan, nahi izanda ere, ezin da neurtu. Eta horrek zientziaren esparrutik kanpo uzten du kontzeptu hori. Hala ere, multibertsoaren kontzeptua zientzia-behar batek sortu du.

“Dena dator grabitazio kuantikoaren arazotik. Ez dugu grabitazio kuantikoaren teoriarik. Horregatik, ahal duguna ari gara egiten” dio Urres-tillak.

Grabitazio kuantikoak teoria bakar batean bilduko litzuzke grabitateak eta mekanika kuantikoa. Grabitateak eskala handian eragiten du (galaxiak, izarrak, planetak eta gizakia barne). Mekanika kuantikoak, aldiz, eskala txikian (atomoak eta atomoa baino txikiagoak diren partikulak). Fisikariek bi teoria horiek bateratu nahi dituzte, eskala handiko materia guztia eskala



txikiko partikulez osatuta dagoelako. Logikoa da teoria bakarra izatea dena azaltzeko, baina grabitatea eta mekanika kuantikoa biltzen dituen teoriarik ez dago. Hala ere, bada proposamen bat: supersoken teoria.

Atomoak protoiez, neutroiez eta elektroiez eginda daude. Neutroiak eta protoiak quarkez eginda daude. Baina zerez daude eginda quarkak eta elektroiak? Proposamen berria da partikula guztiak supersokaz eginda daudela. Baina arazo bat dago: teoria horri eusten dioten matematikak dimentsio asko eskatzen dituzte.

TXANGO BAT MULTIBERTSOAREN LAUTADATIK

John Gribbin kosmologoak azalpen argiak ematen ditu *In Search of the Multiverse* liburuan. Azalpena "Three dimensions good, more dimensions bad" atalean dago (Hiru dimentsio ondo, dimentsio gehiago gaizki): supersokak 11 dimentsioko espazio batean existitu behar dira (26 dimentsiokoan, beste aukera baten arabera). Eta gizakiaren unibertsoan dagoen grabitateak hiru dimentsioko espazio baterako bakarrik balio du. Gauza bera gertatzen da elektromagnetismoarekin eta fisikaren beste arloekin. Hiru dimentsio baino gehiago izango balitu "gure" unibertsoak, ez luke izango duen fisika.

Beraz, supersoken teoria baliagarriak izateko, 11 dimentsioko espazioaren eta hiru dimentsiokoaren arteko lotura aurkitu behar dute fisikariek (lau dimentsiokoa, denbora ere kontuan hartuz gero).

"11 dimentsiotatik 4 dimentsiotara joan behar duzu" azaltzen du Urrestillak. "Eta posibilitate asko dituzu bide hori egiteko, 10^{200} inguru (bateko bat eta 200 zero atzetik). Posibilitate horien potentziala marraztuz gero, minimo asko dituen lautada moduko bat agertzen da. Minimo bakoitza posibilitate bat da. Eta posibilitate bakoitzean unibertso bat egon daiteke. Gurea minimo horietako bat da, besterik ez. 10^{200} posibilitate horiek osatzen dute multibertsoa: hori supersoken teoriak iragartzen du. Orain: supersoken teoria zuzena da? Ez dakit".

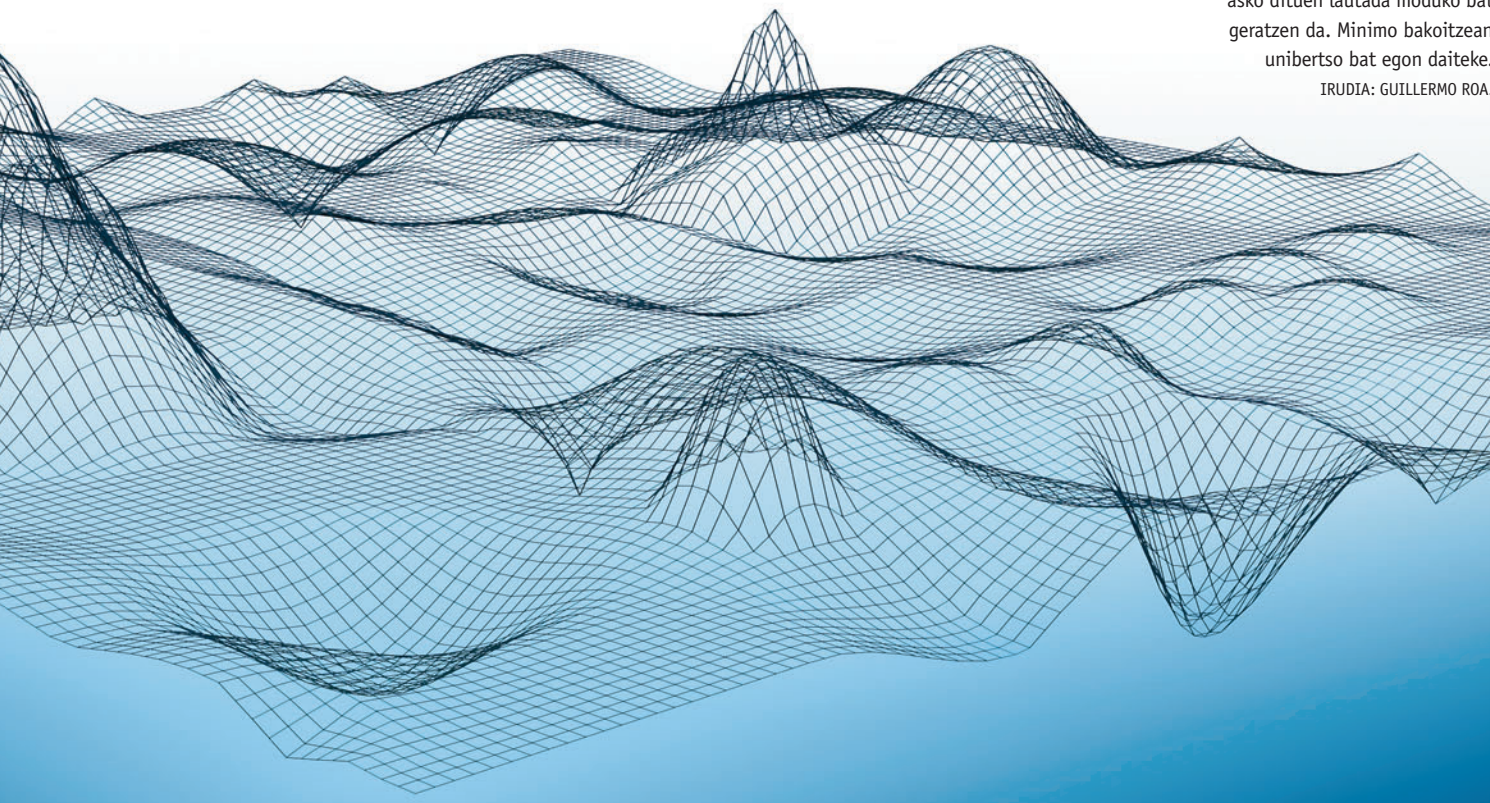
FIKZIOZKO KOMUNIKAZIOA

Minimo bakoitzak berezko fisika bat izango luke, supersoken teoriaren arabera. Gure minimoaren unibertsoan, elektroiak masa jakin bat du; ondoko minimoaren unibertsoan, handiagoa edo txikiagoa izan daiteke masa hori. Elektroien kargarekin gauza bera; eta Plancken konstantearekin; eta beste edozein magnituderekin.

Proposamen berria da partikula guztiak supersokaz eginda daudela. Baina arazo bat dago: teoria horri eusten dioten matematikak dimentsio asko eskatzen dituzte. Hortik gure 4 dimentsioetara pasatzeko bidean unibertso asko egon litezke.

Supersoken 11 dimentsioetatik gure 4 dimentsioetarako bidearen potentziala marraztuz gero, minimo asko dituen lautada moduko bat geratzen da. Minimo bakoitzean unibertso bat egon daiteke.

IRUDIA: GUILLERMO ROA.



Zer ikertzen dute multibertsoa ikertzen duten kosmologoek?

Multibertsoaren arloan, ikerketa guztia teorikoa da, ezin da ezer neurtu. Beraz, kosmologoek egiten dutena da kalkulatu zein diren aukera posibleak. Adibidez, kosmologo batzuek supersoken teoria garatu nahi dute, eta kalkulatu nolakoak diren teoria horrek iragartzen dituen unibertsoak. “Oso zaila da; unibertso posible asko daude, baina oso zaila da katalogatzea zer propietate duen bakoitzak” dio Jon Urrestilla kosmologoak.

Beste batzuk saiatzen dira gure unibertsoa aurkitzen supersoken teoriaren iragarpetan. Horretarako, gizakiaren existentzia azaltzeko behar diren kondizioetatik abiatzen dira. Hurbilketa antropikoa deitzen zaio horri, eta askok kritikatzan dute, gizakia bera baitago hurbilketa horren jatorrian.

Beste batzuek hurbilketa matematiko bat egiten dute: espazio eta denbora infinituetatik abiatuta, bilatzen dute zenbat unibertso dauden gurea bezalakoak eta zenbat dauden ezberdinak. “Oso problema matematiko zaila da, ezin baita problema normalizatu; hau da, ez du goiko mugarik kopuruetan. Oso zaila da matematikoki definitzea zer den zer” dio Urrestillak.

Azkenik, beste batzuek konstante kosmologikoarekin egiten dute lan, unibertsoaren hedakuntzak gidatzen duen magnitudeetako batekin, alegia. Arazo bat dago: gizakia existitzeko, unibertso baten konstante kosmologikoa oso txikia da: 10^{-200} . Baina konstantearen kalkulu kuantikoak ematen duen emaitza 10^{200} da. “Alde izugarria dago. Zerbait ez dugu ulertzen. Zero izango balitz, errazagoa izango litzateke azaltzeko. Zerbait ez dagoela frogatzea errazagoa da zerbait oso txikia dela frogatzea baino” dio Urrestillak.

Eta batetik besterako aldea ez da magnitude baten balio huts bat. Alde horrek ondorioak ditu. Litekeena da beste unibertso batean fisio nuklearra ez gertatzea gure unibertsoan gertatzen den bezala; horren ondorioa izan daiteke unibertso hartan izarrik ez egotea. Edo litekeena da beste batean karbono-atomoak ezberdinak izatea, eta, horren ondorioz, bizia sortzea ezinezkoa izatea. Eta beste posibilitate asko izan litezke: 10^{200} inguru, hain zuzen.

Fisika posibleen multzo handi hori iturri ederra izan da zientzia-fikzioarentzat. Bi unibertso komunikatuz gero, fisika ezberdinek istorio emankorrak eskaintzen dituzte. “Adibide ezagunenetako bat Isaac Asimov idazlearen *The Gods Themselves* eleberria da” dio Morenok. “Beste unibertso bateko estralurtar batzuek energia-arazoa konpondu nahi dute gure Eguzkia supernoba bat bilakatuta, eta kanporatzen duen energia xurgatuta”.

Multibertsoa ikertzeko aukera bakarra da beste unibertsoetako batek gurearekin elkarrekintzaren bat izatea. Baina kosmologoek ezin dute horren zain egon.

Fikzioa da. Ezinezkoa. Bi unibertso elkarrekin komunikatzea, oraingoz behintzat, fikzioak bakarrik egin du. Errealitatean ahal izango balitz, zientzialariek zer neurtu izango lukete. “Aukera bakarra da beste unibertsoetako batek gurearekin elkarrekintzaren bat izatea. Talka egingo balute edo horrelako zerbait, zerbait neurtu ahal izango genuke” dio Urrestillak. Baina kosmologoek ezin dute horren zain egon. “Baldin badago zerbait nirekin elkarrekintzarik ez duena, eta ez badut harekin ezer egiteko biderik, erlijioa da; ezin dut zientifikoki baieztatu. Berdin zait badagoen edo ez dagoen, inoiz ezingo baitut frogatu”.

Hala ere, multibertsoa ikertzen duten kosmologo batzuek jarrera baikorra dute. Haiek eredu teorikoekin jarraitzen dute lanean. Alde horretatik, Alex Vilenkin kosmologoak oso filosofia berezia du: merezi du saiatzea, merezi du multibertsoak ikertzea; eta ikerketa horrek eramaten badu ideia okerra dela frogatzera, hori ere albiste ona izango da. ●



GUILLERMO ROA

“Seguru asko, gure unibertsoa oso berezia da, bizia existitu baitaiteke”

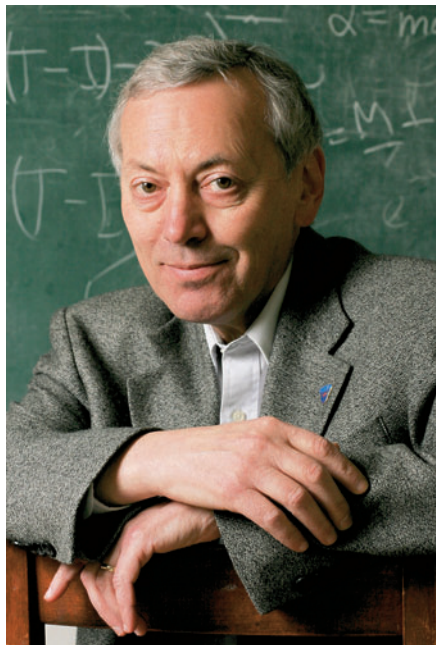
ALEX VILENKIN

Alex Vilenkin multibertsoa ikertzen duten kosmologo bakanetako bat da. Bostongo TUFTS Unibertsitateko katedraduna da, eta erreferentziatzko ikertzailea mundu mailan. Multibertsoaren kontzeptu antropikoaren esparruan egiten du lan, hau da, gizakiak dituen unibertso bat sortzeko zenbaterainoko probabilitatea dagoen ikertzen du.

Kosmologo askok ez dute ikertzen multibertsoa. Zuk bai. Zergatik?

1980ko hamarkadan, inflazioaren teoriarekin ari nintzen lanean. Teoria horren arabera, unibertsoak, hasieran, azeleratutako hedakuntza bat jasan zuen, inflazioa. Gero, inflazio hori gelditu egin zen; hedakuntzaren energiak leherketa handi bat eragin zuen, eta partikulak eta erradiazioa kanporatu ziren. Horri Big Bang deitzen diogu. Big Bangaren ezaugarri misterioitsu asko azaltzen ditu inflazioaren teoriak, eta iragarpen batzuk ere egiten ditu, behaketa astronomikoak gerora baieztatu dituenak. Beraz, baditugu arrazoiak teoria zuzena dela pentsatzeko.

Orduan konturatu nintzen inflazioa ez zela gelditu toki guztietan aldi berean (inflazioaren bukaera prozesu kuantiko probabilistikoek eragiten dutelako). Gu gauden tokian inflazioa duela 14.000 milioi urte gelditu zen, baina beste toki batzuetan oraindik dirau. Beste big bang batzuk ari dira etengabe gertatzen unibertsoan. Toki batzuetakoak gure big



© TUFTS UNIVERSITY PHOTOGRAPHY

bang bezalakoak dira eta beste batzuetan ezberdinak.

Hori da multibertsoa, eta big bang bat gertatzen den toki bakoitzari poltsiko-unibertso deitzen diogu. Edo unibertso, besterik gabe. Unibertsoen arteko guneak inflazio-guneak dira, eta horregatik ezin dugu batetik bestera bidaiatu. Horregatik, fisikari askok zalantzan jartzen dute multibertsoaren teoria. Ezin badugu baieztatu esperimentalki beste unibertso batzuk badirela, nola jakin existitzen direla?

Hortaz, ba al dago multibertsoaren aldeko arrazoirik?

Nahiz eta beste unibertsoetara ezin garen joan, multibertsoaren teoriak iragarpen

batzuk egiten ditu gureari buruz, eta, horiek bai, esperimentalki baieztatu ditzakegu.

Big bang bakoitzak ezaugarri jakin batzuk dituen guneak sortzen ditu; adibidez, naturaren konstante ezberdinak dituzten guneak sor ditzakete. Ezin ditugu kalkulatu gure gunearen konstanteak modu zehatz batean, baina iragarpen estatistikoak egin ditzakegu. Hau da, saia gaitezke iragartzen zer balio aurkituko ditugun probabilitate handienez. Iragarpen horietako bat baieztatu dugu dagoeneko.

Zure multibertsoaren gairako hurbilketak zehazkiak du gure unibertsoa posible dela jakitearekin. Baina ba al dakigu zenbateraino den probablea gure unibertsoaren sorrera?

Soken teoriak, natura azaltzeko orain dugar teoria onenak, unibertso asko iragartzen ditu, konstanteen balio ezberdinak dituztenak. Teoria hori eta inflazioarena konbinatuta, unibertso horiek guztiak sortuko dituen multibertso bat lortzen dugu. Eta unibertso bakoitza sortzeko probabilitatea kalkula dezakegu teoria horren bitartez. Zoritxarrez, ez dugu guztiz osatu soken teoria, gauza batzuk ez ditugu ulertzen, eta, horren ondorioz, sinplifikazio askotan oinarritu behar dugu.

Nolanahi ere, seguru asko gure unibertsoa oso berezia da, bizia existitu baitaiteke. Horregatik, sortzeko probabilitatea oso txikia du. Hala eta guztiz ere, antzeko unibertsoen kopuru infinitu bat sortuko da etengabeko inflazioaren prozesuan. ●

BESTE UNIBE

Ez bada elkarrekintzarik gertatzen beste unibertso batekin, ezin da baieztatu multibertsoaren kontzeptua. Eta kosmologoak ez daude horrelako gertaera baten zain. Hala ere, kosmologiak eta zientzia-fikzioak beste unibertso batzuk nolakoak izan daitezkeen proposatu dute askotan.

Dimentsioetan galduta

Ezin da hiru dimentsio baino gehiagoko unibertsoarik imajinatu. Baina imajina daiteke bi dimentsioko bat. Hori egin zuen Edwin Abbott Abbott idazle ingelesak *Flatland* liburuan, 1884 urtean. Bi dimentsioko mundu bati buruzko istorio bat da. Biztanleak poligono lauak dira; zenbat eta alde gehiago izan, orduan eta altuago daude Flatland-eko gizartean.

Eleberrian, protagonistak hirugarren dimentsioa bisitatzen du, eta, horrela, ulertu ezin duen ikuspuntu batetik ikusten du mundua. “Ideia oso irudimen handiarekin dago garatuta, ukitu satiriko askorekin, eta liburua oso entretenigarria da, kritika honek aditzera ematen duena baino gehiago” idatzi zuten *The Academy* aldizkarian, 1884ko azaroaren 8ko zenbakian. XIX. mendeko idatzia da, baina “dimentsio gehiagorako hedapena ulertzen laguntzen dio irakurleari” dio Katharine Osborne kritikari estatubatuarrek XXI. mendean.

Izarrik gabeko unibertsoak

Martin Rees eta John Gribbin dibulgatzaileek, izarren fusioa azaltzen dute *Cosmic Coincidences* liburuan. Bi hidrogeno-atomo elkartuta helio-atomo bat sortzen denean, masa galtzen da prozesuan. Helio-atomo berriak ez du pisatzen bi hidrogenoen pisuen batura. % 0,7 txikiagoa da. Galdu den portzentaia hori energia bihurtu da; energia hori da izarren argia eta beroa.

Bi idazleek diote indar nuklear bortitzaren ondorioa dela; 0,0007ko eraginkortasuna duela fusioak. Baina beste unibertso batean eraginkortasuna 0,0006koa edo 0,0008koa izan liteke. Lehen kasuan, ez litzateke indar nahikoa izango atomoen nukleoei elkarrekin eusteko. Ez legoke atomorik. Bigarrenetan, hidrogenoaren fusioa azkarregia izango litzateke; Big Bang gertatu eta gero, helioa besterik ez legoke. Bi kasuetan, ez legoke izarrik unibertsoan.

RTSO BATZUK

Ukroniak

Nolakoa izango zatekeen mundua, Hitlerrek Bigarren Mundu Gerra irabazi izan balu? Kosmologo batzuek esaten dute horixe bera gertatu dela beste unibertso askotan. Fikzioan, asko erabili da ideia hori; “ukronia” deritzo ordezeko historiari.

Ukronia batean oinarritutako eleberri ospetsuenetako bat Philip K. Dick idazlearen *The Man in the High Castle* eleberria da (*El hombre en el castillo*, gaztelaniazko argitalpenetan). Bigarren Mundu Gerran galdu dutenez, Estatu Batuak alemaniarren eta japoniarren esku daude neurri handi batean. Eleberriko pertsonaia bat idazlea da, eta ukronia bat ari da idazten, aztertzeko nolakoa izango zatekeen mundua Hitlerrek ez balu gerra irabazi. Ukronia bat beste baten barruan.

Emmanuel Toledo kritikariak dioenez, “Dick-en beste liburuetako galdera berbera egiten du eleberriak: zer da erreal?” Unibertso bat baino gehiago izanda, dena da posible.

Etengabeko energia-iturria

Isaac Asimov-en *The Gods Themselves* eleberria eredugarria da; erreferentzia bat, zientzia-fikzioan. Unibertso paralelo baten eta gure unibertsoaren arteko komunikazioa aurkezten du bertan, eta komunikazio horren ondorioz, beste unibertso bateko estralurtarrek etengabeko energia-iturri gisa erabili nahi dute gurea.

“Zientzia-fikziozko istorioen artean hau gailentzen da, egiten duen kosmosaren deskribapenarengatik”, diote Nueva Dimensión webguneko kritikariek. Eleberriaren gako fisikoa energia nuklear bortitzean datza. Estralurtarren unibertsoan protoiak eta neutroiak lotzen dituen indarra ezberdina da. Gure unibertsoan egonkorak ez diren isotopoak egonkorak dira unibertso hartan. Fisika ezberdineko unibertso baten adibide emankor bat da.

Bidaia denboran

Einsteinen erlatibitatearen teoria orokorrak baimentzen ditu denboran egindako bidaia. Teorian, denboraren makina bat egin daiteke. Hala ere, ezin da bidaia makina hori egin zen unea baino atzerago denboran. Horregatik ez dago etorkizuneko bidaiaririk gure munduan, oraindik ez delako denboraren makina egin. Baina erlatibitatearen teoria ezberdina duen beste unibertso batean, posible izan zitekeen atzera egitea denboran.

Beraz, unibertsoak komunikatuz gero, unibertso paralelo batean atzera egin liteke eta gure unibertsoa itzuli erlatibitatearen mugak gainditzeko. Horrela, pertsona batek bere aitona hiltzen badu, ustezko paradoxa bat eragiten du: aitona hilda, pertsona bera ezin da existitu.

Baina multibertsoaren ideiak paradoxa hori desegiten du: aitona hiltzean, pertsona hori beste unibertso batera sartuko litzateke. Unibertso batean existitzen da, eta beste batean ez. Baina ez dago paradoxarik.

JORDI COLOMER: “Donostiakoa baino dentsitate handiagoko herrietan ere oso ondo funtzionatzen du atez ateko bilketak”

ANA GALARRAGA AIESTARAN
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

San Marko Mankomunitateko atez ateko bilketarako teknikari-aholkularia da Jordi Colomer. Hondakinak biltzeko sistema hori erabiltzen lehen udalerria Usurbil izan da, eta laster batean beste herri batzuetara zabalduko dute ekimena, hala nola Hernanira eta Oiartzunera.



JON URBE/ARGAZKI PRESS

Oiartzunen eta Hernaniren biztanle-dentsitatea Usurbilena baino handiagoa da. Horrek mugatu dezake, nolabait, atez ateko sistemaren eraginkortasuna?

Badago mito hori, ezta? Atez ateko bilketak dentsitate txikiak dituzten herrietarako bakarrik balio duela, alegia. Bada, hain zuzen, horixe bilatzen dugu sistema herri horietan ezarrita, dentsitate handiagoko herrietara salto egitea. Hemen inguruan ez dago horren pareko esperientziarik, baina Italiako iparraldean bi mila herri egiten dute atez ateko bilketa, eta horietako batzuen biztanle-dentsitatea Donostiarena baino handiagoa da. Eta sistemak oso ondo funtzionatzen du.

Hori bai, sistema egokitu egin behar da, erai-kin-motaren eta auzoaren ezaugarrien arabera. Adibidez, dentsitate txikiko herrietan inbertsio handia egiten da ibilbide-denboran; dentsitate handiko eraikinetan, aldiz, ibilbide-denbora txikiagoa izaten da, eta, horregatik, ekonomikoki eraginkorragoa da. Azken finean, egokitzape-nak egin behar dira atez ateko bilketarekin bi-latzen duguna lortzeko: hondakin-ekoizlea be-reiztea.

Hortaz, hori da atez ateko bilketaren helburue-tako bat, garrantzitsuenetako bat, agian?

Bai. Atez ateko bilketak bi helburu nagusi ditu. Bat, erreusen edukiontzia kentzea; izan ere, edu-kiontzi horretan bereizten ez den guztia sartzen

da, dena nahasita, eta arazo larriak sortzen ditu, batez ere materia organikoarengatik. Adibidez, birziklatze-instalaziora materia organikoarekin kutsatuta iristen badira materialak, ez dituzte onartzen, ezin dituztelako modu automatikoan bereizi. Erreusarekin nahastuta dagoenean, berriz, zabortegira iristen da, eta han, denborarekin, lixibiatuak eta metanoa sortzen ditu. Azkenik, erraustegi batera bideratzen bada, materia organikoak, kloroa duten materialekin batera, dioxinak eta furanoak sortzen ditu.

Aitzitik, materia organikoa atez ate bereizita jasotzen badugu, besteak kutsatzea saihesten dugu, eta erreusak, bolumen txikiagoa izateaz gain, ez du arazorik eragiten. Hori da, beraz, atez atekoaren ahalmena: hondakinak bereizita garbi jasotzea, eta gaikako bilketaren emaitzek % 80-85eko langa gainditzea.

Eta bigarren helburua?

Bigarrena da hondakin-ekoizlea sortzen duenaren erantzule bilakatzea. Atez ateko bilketarekin, zaborra mirariz bezala desagertzearen magia amaitzen da. Izan ere, jasotzen denaren gaineko kontrola ekoizlearen atean, sukaldean, egiten da. Hala, birziklatze-instalazioan baztertuko litzatekeen materiala lehenago detektatzen da, atean bertan hain zuzen, eta utzi duenari azaltzen zaio zer arazo sortzen duen, eta zein den irtenbidea. Horrenbestez, hondakinak behar bezala bereizten ikasten du jendeak, eta bere gain hartzen du sortzen dituen hondakinak kudeatzeko ardura.

Jendearen jarrera-aldaketa nabaritzen da, badu ondoriorik?

Bai, zalantzarik gabe, gainera. Gaikako hondakin-bilketa egiten den leku batean inkesta bat egiten baduzu, jendearen % 90ek esango dizu hondakinak bereizten dituela; gero, datuek erakusten dute egiaz % 30 bereizten dutela gehiezez, hondakin-mota bakoitza bere edukiontziera eramatea ez baita eroso.

Atez ateko bilketarekin, alderantzizkoa gertatzen da; deseroso bihurtzen da hondakinak nahasita izatea, ez baitaukazu horretaz libratzeko aukerarik. Horren ondorioz, bereizketa izugarri igotzen da, eta horren erakusgarri dira

Usurbilgo datuak: % 28tik % 82 ingurura igaro dira, atez ateko sistema ezarri zenetik.

Horrek ez du esan nahi sistema aldatzea denentzat erraza denik; atez ateko bilketa ezarri aurretik hondakinak bereizten ez zituztenentzat, hasieran zaila egiten da. Baina besteentzat aldaketa ez da hainbestearinokoa.

Ekonomikoki, atez ateko bilketa edukiontziekin egiten dena baino garestiagoa da?

Atez ateko bilketa oinarri duen hondakinen kudeaketa-sistema merkeagoa da.

Hau da, baldin eta alderatzen badugu lau edukiontziekin egiten den bilketarekin, atez ateko bilketa bera garestia izan liteke. Baina materia organikoaren bosgarren edukiontziarekin egiten den bilketarekin alderatuz gero, merkeagoa da. Egin kontu: edukiontziekin egindako bilketan, asteko egun bakoitzean, kamio batek baino gehiagok egiten du ibilbidea, bakoitzak berea jasotzen baitu. Aldiz, atez atekoan, asteko egun bakoitzean behin bakarrik pasatzen da kamioia, egun horretan biltzen diren hondakinen bila.

Eta bildutakoaren tratamenduaren kostuak kontuan hartzen baditugu, garbi esan behar da atez atekoa merkeagoa dela. Erreusaren tratamendua asko ari da garestitzen, eta atez atekoarekin asko gutxitzen denez erreusaren bolumena, batez ere organikoa ondo bereizten delako, tratamenduan izugarri aurrezten da.

Bereizitako materia organikoa konposta egitea bideratzen da, ezta?

Hori da. Eta horrekin badago beste mito bat: alferrikakoa dela hainbeste konpost egitea, ez dela hainbeste behar eta gehiegi izango dela. Bada, hain juxtu, Gipuzkoan konpost-eskaera handia dago. Lorategietarako, adibidez, Poloniatik inportatzen da, eta konpost hori turbetatik ateratzen dute, hau da, ez da berriztagarria. Gainera, garestia da. Ni ziur nago Gipuzkoako hondakinetakoa materia organikoarekin konpost guztia erabil daitekeela inportatzen den horren orde.

Baina hori ez da guztia. Izan ere, lorategietan ez ezik, basoetan ere behar da konposta. EHUn

“Italiako iparraldean bi mila herrik egiten dute atez ateko bilketa, eta horietako batzuen biztanle-dentsitatea Donostiarena baino handiagoa da”

“materia organikoa atez ate bereizita jasotzen badugu, besteak kutsatzea saihesten dugu, eta erreusak, bolumen txikiagoa izateaz gain, ez du arazorik eragiten”

klaseak ematen dituen Jose Miguel Edeso geomorfologian doktoreak (Zaragozako Unibertsitatea) frogatu duenez, pinudietako lurzoruek materia organikoa galdu du. Horrek ondorio ekologiko larriak ditu. Bada, konposta aproposa da lurzoru horiek leheneratzeko.

Bestalde, atez ate bildutako materia organikoarekin egiten den konpostak oso kalitate ona du, eta sorotan ere erabil daiteke. Bereiziki interesgarria da, beraz, nekazaritza ekologikoa-rentzat.

Badu alde txarrik atez ateko bilketak?

Jakina. Zaborra desagertzen den mundu magiko batetik, bakoitzak sortzen dituen hondakinen ardura bere gain hartzen duen gizarte batera igarotzen zara. Eta hori ez da erraza. Politikoki ere zaila da, familia bakoitzaren agendan sartzera behartzen baititu politikariak, eta horrek beldurra ematen die, koste politikoa izan dezaketela pentsatzen baitute.

Esperientziak, ordea, erakusten du jendeak, hasierako fasea gainditu ondoren, ondo hartzen duela atez ateko bilketa, eta, are gehiago, harro daudela ingurumenaren alde egiteagatik.

Jomuga: MOTOR MOLEKU

OIHANE LAKAR IRAIZOZ
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

Birusek eragindako gaixotasunak oso erasokorrak dira. Zergatik? Bada, birusak oso azkar bikoizten eta hedatzen direlako. Abiadura horri eusteko, motor molekular bat dute, buru-belarri lanean. Orain, alderantziz begiratuta, motorrak jomuga paregabea izan daitezke birusek eragindako infekzioei aurrea hartzeko. Motorrik gabe ez baitago birusik.

Birusaren DNA aginduak ematen hasten da zelula ostalari batean sartzen denean, eta bere esanetara jartzen du lanean zelularen makineria. Beraz, DNA besterik ez dute behar birusek aurrera egiteko. Tira, DNA, eta hori babesteko estalki bat, edo kapsidea.

Zelula ostalariak, batetik, birusaren DNA horren hainbat kopia egiten dituzte, eta, bestetik, kapsidearenak. Hurrengo urrats batean sartzen da DNA kapsidearen barruan, eta orduan daude birus berriak zelula horretatik atera eta beste batzuei eraso egiteko prest. “Ordu-erdian, birus batetik laurogei birus sortzen dira”, dio Carlos Bustamantek, Kaliforniako Unibertsitateko biofisikariak.

Bustamante, zehazki, phi-29 birusari buruz ari da, bere laborategian duela hamar urtetik ikeritzen ari diren birusaz. Aurreko udazkenean, Donostian izan zen Atom by Atom kongresuan, eta han azaldu zituen birus horri lotuta egin dituzten ikerketak.

Phi-29 birusa bakterioei eraso egiten dien birus bat da, baina haren portaerak antz handia du gizakioi eragiten diguten beste hainbat birusenekin, hala nola poliomelitis, herpesa eta barizela eragiten duten birusen portaerarekin. Beraz, batean behatzen dituzten mekanismoak eta gaixotasunari aurrea hartzeko estrategiak baliagarriak izan daitezke, seguru asko, besteetarako.

MOTORRA, JOMUGA

Kasu horretan, ikertzaileek birusa mihiztatzen duen mekanismoan jarri dute arreta; alegia, DNA kapsidearen barrura sartzen duen mekanismoan: motor molekular txiki batzuek hartzen dute parte, nano eskalako makinatxo batzuek; haiek ematen dute birusa eratzeko ezinbesteko urrats hori.

“Motor horiek deuseztatzea lortuko bagenu, birusak osatzea saihestuko genuke”, azaldu du Bustamantek. Eta, hala, errotik egin ahal izango litzaieke aurre birusen infekzioei. Helburu horretara iristeko, baina, komeni da ahalik eta gehien ezagutzea motorra.

Bustamantek azaldutakoaren arabera, birusaren DNA kapsidean sartzeko, “izugarrizko lan handia egin behar du motorrak”. Hain zuzen, sei mila aldiz trinkotu behar du DNAk berez aske dagoenean duen bolumena. “Espageti gehiegi, hain buru txikirako” adierazi du.

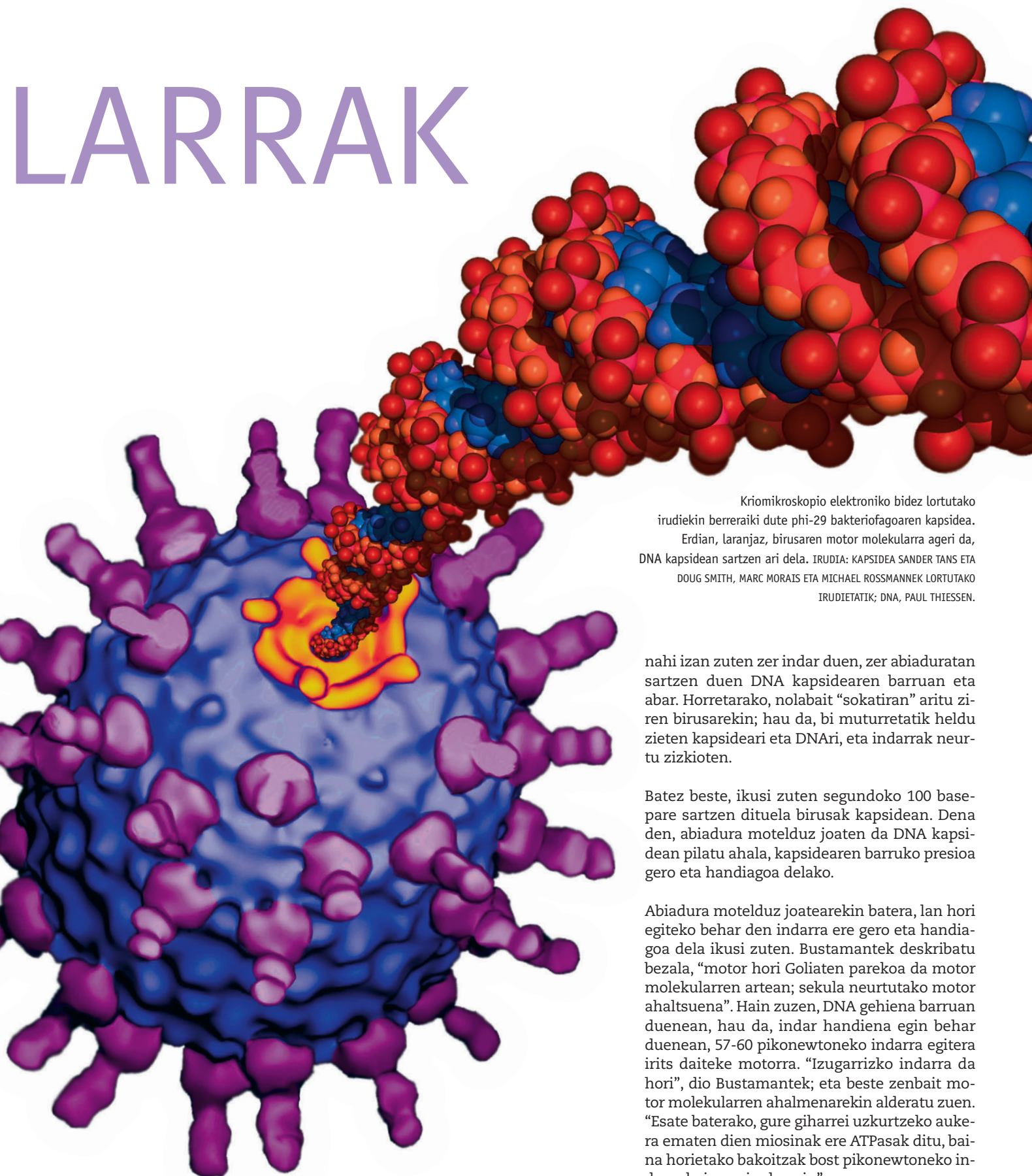
Motorrak eraztun-itxura du, erdiko hutsunik DNA kapsidean sartzen joan dadin. Hainbat proteina- eta entzimamultzoz eratutako motorra da, eta horietako multzo batean dago lan horren guztiaren muina edo, Bustamantek esan bezala, “motor horren benetako pistoiak”. Hain zuzen, bost ATPasaz eratutako multzo bat da. ATPasak gai dira ATP-molekulen lotura jakin bat apurtzeko; lotura horiek apurtzean, energia askatzen da, eta energia hori erabiltzaile, ATPasek konformazioa aldatzen dute. Hau da, energia kimikoa energia mekaniko bihurtzen dute ATPasek, motor arrunten pistoiaren antzera.

Bada, konformazio-aldaketa horretan, ATPasak kapsidearen barrualderantz uzkuritzen dira, eta mugimendu horrekin DNA kapsidean sartzen du motorrak.

GOLIAT AURREZ AURRE

Nola funtzionatzen duen jakin zutenean, harago joan nahi izan zuten Bustamantek eta bere kideek, eta motor horren “zehaztasun teknikoak” ezagutu nahi izan zituzten. Hau da, jakin

LARRAK



Kriomikroskopia elektronik bidez lortutako irudiekin berreraiki dute phi-29 bakteriofagoaren kapsidea.

Erdian, laranja, birusaren motor molekularra ageri da, DNA kapsidean sartzen ari dela. IRUDIA: KAPSIDEA SANDER TANS ETA DOUG SMITH, MARC MORAIS ETA MICHAEL ROSSMANNEK LORTUTAKO IRUDIETATIK; DNA, PAUL THIESSEN.

nahi izan zuten zer indar duen, zer abiaduratan sartzen duen DNA kapsidearen barruan eta abar. Horretarako, nolabait “sokatiran” aritu ziren birusarekin; hau da, bi muturretatik heldu zieten kapsideari eta DNARI, eta indarrak neur-tu zizkioten.

Batez beste, ikusi zuten segundoko 100 base-pare sartzen dituela birusak kapsidean. Dena den, abiadura motelduz joaten da DNA kapsidean pilatu ahala, kapsidearen barruko presioa gero eta handiagoa delako.

Abiadura motelduz joatearekin batera, lan hori egiteko behar den indarra ere gero eta handi-goia dela ikusi zuten. Bustamantek deskribatu bezala, “motor hori Goliaten parekoa da motor molekularren artean; sekula neurtutako motor ahaltsuena”. Hain zuzen, DNA gehiena barruan duenean, hau da, indar handiena egin behar duenean, 57-60 pikonewtoneko indarra egitera irits daiteke motorra. “Izugarrizko indarra da hori”, dio Bustamantek; eta beste zenbait motor molekularren ahalmenarekin alderatu zuen. “Esate baterako, gure giharrei uzkuertzeko aukera ematen dien miosinak ere ATPasak ditu, baina horietako bakoitzak bost pikonewtoneko indarra baino ezin du eragin”.

Erdian, laranja, birusaren motor molekularra ageri da, DNA kapsidean sartzen ari dela. IRUDIA: KAPSIDEA SANDER TANS ETA DOUG SMITH, MARC MORAIS ETA MICHAEL ROSSMANNEK LORTUTAKO IRUDIETATIK: DNA. PAUL THIJSSEN.

Batez beste, ikusi zuten segundoko 100 base-pare sartzen dituela birusak kapsidean. Dena den, abiadura motelduz joaten da DNA kapsidean pilatu ahala, kapsidearen barruko presioa gero eta handiagoa delako.

ELHUYAR 262 45



Carlos Bustamante biofisikaria irakaslea da Kaliforniako Unibertsitatean, ikertzailea Howard Hughes Medikuntza Institutuan eta zuzendaria Lawrence Berkeley Laborategi Nazionalako Mikroskopia Aurreratuko Departamentuan.

Hainbesteko indarra egindakoa DNA 60 atmosferako presioan pilatzen da kapsidean. Konparazio baterako, xanpaina 5-6 atmosferako presioan egoten da botiletan.

 *Bakterio berri bati eraso egiteko orduan, 60 atmosferako presioan txertatzen diote DNA phi-29 birusek (xanpain-botiletan egon ohi den presioaren halako 10eko presioan).*

Noski, indar horiek guztiak egiteko, energia pila bat xahutu behar dute birusek; “kapsideak tamaina bikoitza izango balu, adibidez, energia asko aurreztuko lukete”, azaldu du Bustamante. Baina “birusaren helburua ez da energia aurreztea”, dio. Azken batean, motorrak erabiltzen duen energia hori ez du birusak sortu behar, zelula ostalariarena da; hortaz, “berdin zaio energia neurritz gain xahutzea”.

Eta, gainera, baliagarria ere bada birusarentzat zarrastelkeria hori guztia. Birus sortu berriak zelula ostalaritik ateratzean, ATPrik gabeko ingurune batera igarotzen dira: zelulen arteko inguruna. Han ez dute energia lortzeko aukerarik, eta orduantxe ateratzen diote probetxua zelula ostalariaren xahututako energia guztiari: beste zelula ostalari batengana iristen direnean, 60 atmosferako presiopean gordeta duten DNA txertatzen diote. “Energia potentzial hori energia zinetiko bihurtu, eta presiopean sartzen du DNA zelula ostalari berrian”, azaldu du Bustamante. Haren ustez, “Oso estrategia dotorea da”.

BIRUSEN KONTRA, ETA GEHIAGO

Motor molekularren xehetasun horiek guztiak ezagututa, argi eta garbi ikusten da birusen kontrako oso estrategia eraginkorra lor litekeela motor molekularrak deuseztatzea iritsiz gero.

“Horretarako, baina, ez da nahikoa motor molekularren mekanika aztertzea”, dio Itziar Alkortak, EHUko Biokimika eta Biologia Molekularra Saileko irakaslea. “Zalantzarik gabe, garrantzitsua da egin duten ikerketa, baina botikaren bat diseinatu nahi bada proteina-multzo hori de-

Motorrarekin sokatiran

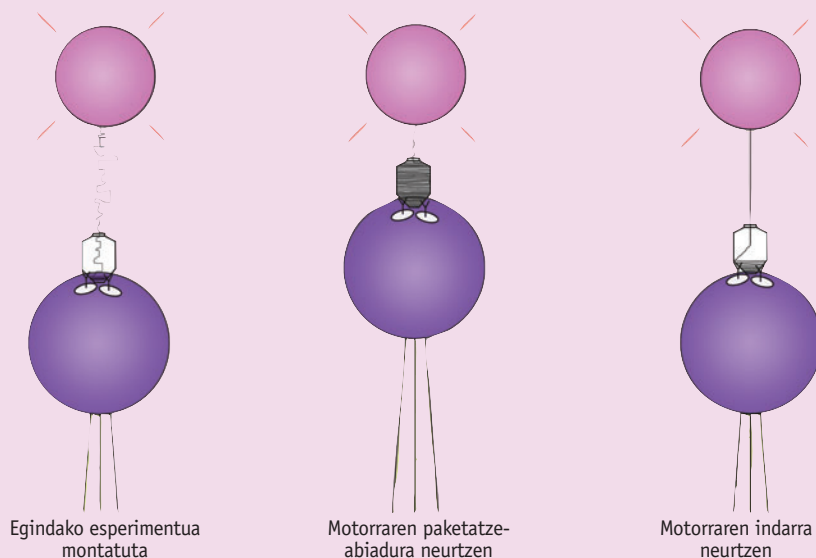
Birusen motor molekularrak aztertzeko, nanoteknologia izan dute oinarritzko tresna Carlos Bustamante biofisikariak eta bere taldeko ikertzaileek. Izan ere, birus bakar batekin eta DNA-molekula bakar batekin ibili dira lanean.

Birusa eta DNA errazago maneiatzeko, horrelakoetan askotan erabiltzen diren bolatxo berezi batzuek baliatu ziren. Bolatxo baten gainazalean phi-29 birusa ezagutzen duten antigorputz espezifikoak jarri zituzten, antigorputzak birusa harrapa zezan.

Gero, birusaren inguruan DNA-molekula eta ATPa jarrita, birusa DNA kapsidearen barrura sartzen hasi zen; prozesu hori, baina, berehala eten zuten, eta, hala, DNA gehiena zintzilik zuen birus bat lortu zuten. DNAREN beste muturra, kanpoan gelditu zena, beste bolatxo batekin lotu zuten, bolatxoaren gainazalean DNAREN mutur hori eza-gutuko zuten molekula jakin batzuk jarrita.

Hala, bi bolatxo horiekin jolastuz hainbat esperimentu eta neurketa egin ahal izan zituzten. Jolasteko, ingurunean ATPa jarri zuten, birusa DNA kapsidean sartzen joan zedin.

Birusaren kapsideari lotutako bolatxo mikropipeta bidez kontrolatu zuten, eta bestea, DNAREN muturrari lotutakoa, pintza optiko berezi batzuen bitartez. Pintza optikoak, oinarrian, objektu jakin batzuk harrapatzeko gai diren laser izpiak dira, eta aukera ematen dute



OIHANE LAKAR; NATURE ALDIZKARIAN ARGITARATUTAKO IRUDITIK MOLDATUA (SMITH *et al.*, 2001. NATURE 413: 748-752).

objektuak —kasu horretan, bolatxo— batetik bestera mugitzeko izpiak mugituta. Gainera, gai dira mendeen duen materia horrek kontra egiten duen indarra neurtzeko. Horrenbestez, indarra eragiteko edo jasaten ari den indarra neurtzeko erabili zuten.

Esperimentuetako batean, pintza optikoaren eraginpean zegoen bolatxo finko eutsita eta besteari mugitzen utzita neurtu ahal izan zuten

zer abiaduratan sartzen duen motorrak DNA kapsidearen barrura.

Hurrengo esperimentu batean, benetako sokatiran aritu ziren. Bi bolatxoak geldigeldirik jarrita, ATPa bota zuten, eta laserraren bidez neurtzen joan ziren zenbateko tentsioa sortzen zen DNA-molekulan, edo, beste modu batera esanda, zenbateko indarra egiten zuen motorrak DNA barrura sartzeko ahaleginean.

seztatzeko, azterketa biokimikoak ere egin behar dira proteinen ezaugarriak ezagutzeko eta, hala, haien kontra egin dezaketen konposatuak aukeratu ahal izateko”, gaineratu du Alkortak.

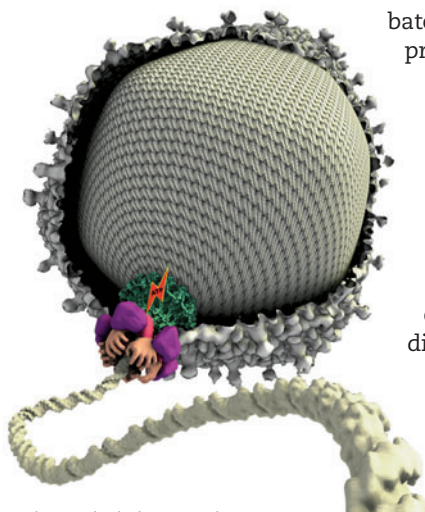
Alkortak, hain zuzen, azterketa biokimikoak egiten ditu beste motor molekular batekin. Motor hori ez dago birusekin lotuta, bakterioekin baizik. “Bakterioen konjugazioan parte hartzen duen motor molekular bat ari gara ikertzen”. Ikertzaile-talde horren azkeneko helburua da konjugazioa deuseztatzera iristea, besteak beste “konjugazioaren bitartez hedatzen delako bakteriotik bakteriora antibiotikoekiko erresistentzia”. Konjugazio esaten zaio bakterioetan behatzen den DNA-trukaketari, eta informazio asko partekatzen dute bakterioek horren bidez.

 *Zehatz-mehatz ezagutzen dituztenean motor molekularrei buruz ezagutu beharreko guztiak, errazagoa izango da motorren kontrako botikak garatzea.*

Behin beharrezko informazio guztia dutenean, eta zehatz-mehatz ezagutzen dituztenean motor molekularrei buruz ezagutu beharreko guztiak, errazagoa izango da motorren kontrako botikak garatzea. “Zailena sistema jakin baten makineria ezagutzea da, alegia, jakitea nola funtzionatzen duen maila molekularrean” dio Cesar Martinek, EHUko sail bereko beste kide batek. Gero, informazio hori izanda, “erraza da” sistema deuseztatzeko bideak bilatzea. Alkorta bat dator iritzi horrekin: “Ez da egun bate-tik bestera lortzen den zerbait, baina ez da lan zaila”.

Baina zaila izan ez arren, kontu handiz kontrolatu beharreko zerbait da. Izan ere, “birusaren motorra gelditzeko ahaleginak osasuntsuak diren zeluletako motorrak ere gelditzeko arriskua izan lezake”, nabarmendu du Alexander Bittner-ek, CIC nanoGUNEko automihizatzeen taldeko buruak.

Haien kontra egiteko ez ezik, motor molekularren mekanismoak zehatz-mehatz ezagutzeak aukera eman dezake imitazioz nano eskalako tresna bioteknologikoak asmatzeko. Azken



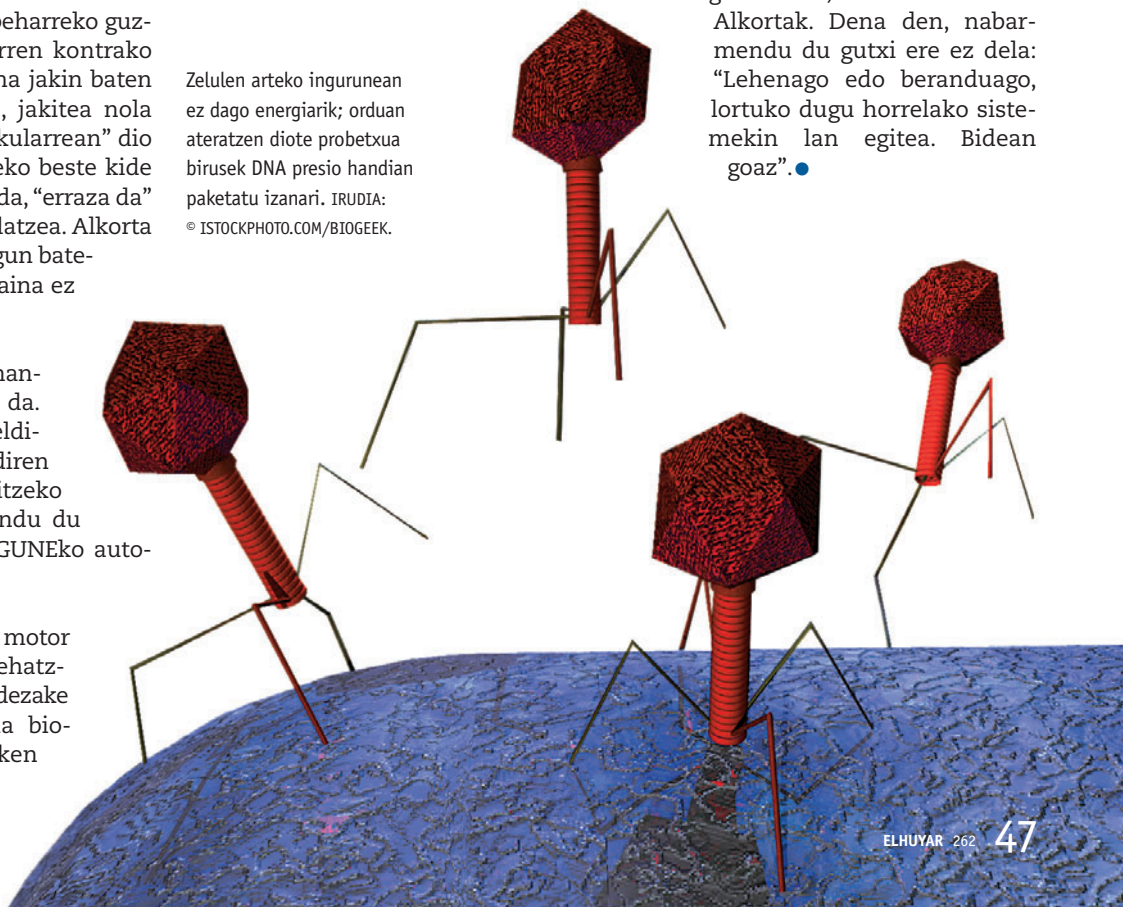
DNA barruraka bultzatzen duten eskutxo bidez irudikatu dira hemen ATPasak. Birusaren kapsidea irekita ageri da, eta hala, ikus daiteke zer estu biltzen den barruan DNA. IRUDIA: CELL ALDIZKARIA, 2008-12-26. STEVEN MCQUINN ETA VENIGALLA RAO.

batean, mugimenduarekin lotuta dauden prozesu zelular guztietan, hala nola flageloen mugimenduan, zelulen bikoizketan eta muskuluen uzkurketan motor molekularren bat dago tartean sartuta. Hortaz, horrelako edozein sistema imitatzeko aukera izango dugu motorrak imitatzen edo manipulatzeko ikasten dugunean, eta gai izango gara mugitu ezin diren zelulak, edo nano eskalako makinak, mugikor bihurtuko dituen motorrez hornitzeko.

Esate baterako, terapia genikoetarako erabili ahal izango direla aipatu du Alkortak. “Terapia genikoetan, oinarrian, DNA-zati bat sartzen da zelula jakin batzuetan, DNA horri esker zelulan gertatzen ari den prozesuren bat ekiditeko edo, alderantziz, gertatzen ari ez den zerbait bultzatzeko”. Hainbatetan, eraldatutako birusak erabiltzen dira bektore gisa, zelulen barrura sar dezaten DNA. Baina askoz eraginkorragoa litzateke motor molekularrak bakarrik erabili ahal izatea, gai izango baikinake DNA zuzenean zelulen barrura ponpatzeko.

Edonola ere, helburu edo aplikazio horiek urrunegi daude oraindik. “Nik oinak lurrean izatea dut gustuko, eta aipatutako hori etorkizunean dago; gaur egun ez da horrelakorik egitea lortu, nik dakidala” dio Alkortak. Dena den, nabarmendu du gutxi ere ez dela: “Lehenago edo beranduago, lortuko dugu horrelako sistemen lan egitea. Bidean goaz”. ●

Zelulen arteko ingurunean ez dago energiarik; orduan ateratzen diote probetxua birusek DNA presio handian paketatuta izanari. IRUDIA: © ISTOCKPHOTO.COM/BIOGEEK.



ELHUYAR
FUNDAZIOAREN
ESKUTIK:

TEKNOPOLIS

ZIENTZIA
ETA TEKNIKAREN
DIBULGAZIO-MAGAZINA

astero-astero
etbn



TEKNOPOLIS

ASTEAZKENETAN

etb 3 21:30ean

IGANDEETAN

etb 1 20:00etan

etb 2 12:00etan



ELHUYAR
Fundazioa

KLIK: LEGO-MOLEKULEN HOTSA

JESUS MARI AIZPURUA
EHUko Kimika Organikoko katedraduna

Sintesi organiko modernoaren helburu nagusia da molekula konplexuak prestatzea. Zoritxarrez, erreakzio kimiko arruntak desagokiak dira biomolekula handiak —hala nola proteinak— prestatzeko edo materialen nanomanipulazioak egiteko. XXI. mendearen hasieran aurkitutako klik kimika berriak erreaktibotasun itzela eta selektibotasun kimiko paregabea bateratzen ditu. Ezaugarri horiek elkartuz, sintesi kimikoa izaki bizidunetara eta nanomaterialetara zabaldu ahal izan da, orain dela gutxi amestu ezin zitekeen moduan.

Kimika loturaren zientzia da. Lotura kimikoak osatzeko ehunka erreakzio aurkitu dira XIX. eta XX. mendeetan, eta, horiek erabiliz, molekula gero eta handiagoak, gero eta konplexuagoak sintetizatu ahal izan dira. Baina jarduera horrek mugak ere baditu: prestatu nahi diren estruktura mo-

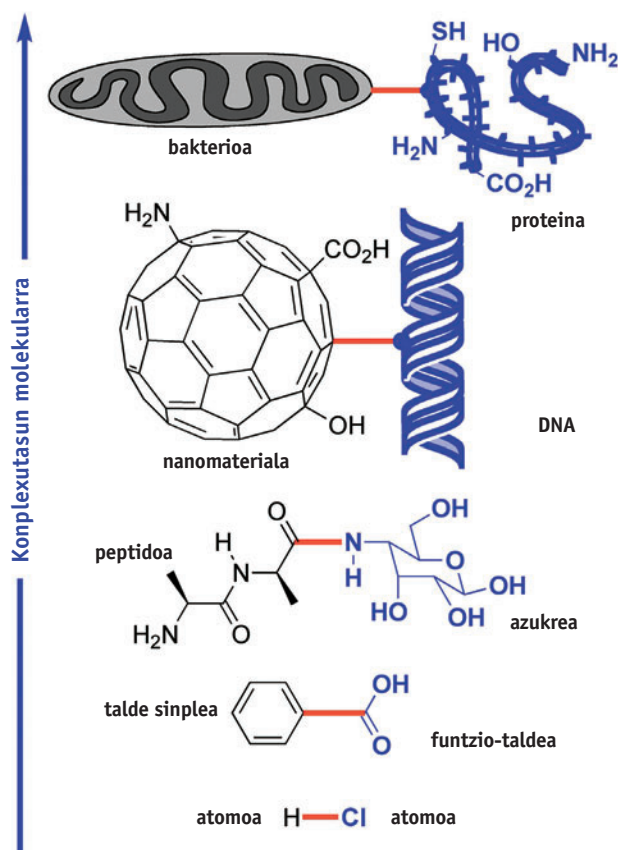
lekularrak ezarritako mugak, hain zuzen ere. Zein da, gaur egun, sintesi kimikoaren konplexutasun-muga?

Molekula diatomikoak (HCl) edo funtzio-talde sinpleak dituzten konposatu organikoak ($C_6H_5CO_2H$) oso erraz prestatzen dira sintesi-urrats bakarra edo gutxi batzuk

emanez. NH_2 , OH, CO_2H eta antzeko taldeak txertatuta dituzten molekula polifuntzionalak prestatzeko, ordea, sintesi-urrats asko behar da. Esate baterako, irudiko peptidoa eta azukrea elkartzen dituen glikopeptidoa prestatzeko, hamar sintesi-urrats baino gehiago behar dira. Horietako batzuk, gainera, NH_2 eta OH taldeak babesteko eta desbabesteko izaten dira, eta ezin dira erabili molekula handi hauskorretan. Nolanahi ere, 500.000tik gora molekula berri sintetizatzen da urtero babes-talde bidezko sintesi klasiko mota hau erabiliz.

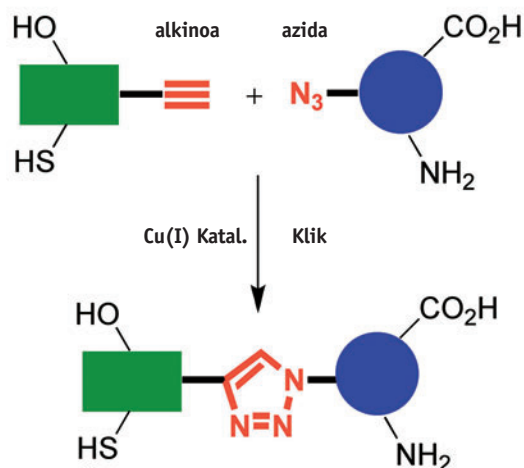
Baina zientzialariek gero eta egitura molekular konplexuagoen artean egin nahi dituzte loturak, eta oso era selektiboan egin ere, esate baterako: fullerenoaren eta DNA-ren nukleotido jakin baten artean, edo bakterioaren eta proteina baten aminoazido berezi batzuen artean.

2002an, M. Meldal danimarkarrak eta K. B. Sharpless estatubatuarrek lehen klik erreakzioaren aurkikuntza aldarrikatu zuten, nork bere aldetik. Alkino eta aziden arteko erreakzioa 10^8 aldiz azkartzen dela ikusi zuten kobren(I) katalizatzaile pixka bat gehituz gero. Horrelako aurkikuntza bat ez litzateke aipagarria izango baldin eta prozesu horrek beste ezaugarri batzuk, oso bereziak, izango ez balitu: a) erreakzioa ia beti kuantitatiboa edo etekin oso onekoa da, b) giro-tenperaturan gertatzen da, c) uretan eta ingurune biologikoetan airez inguratutik funtzionatzen du, d) funtzio-talde kimiko askorekiko tolerantzia handia du (oso kimioselektiboa da), eta e) erreakzioan sorturiko 1,2,3-triazolak ez dira toxikoak, baina bai oso egonkorak.

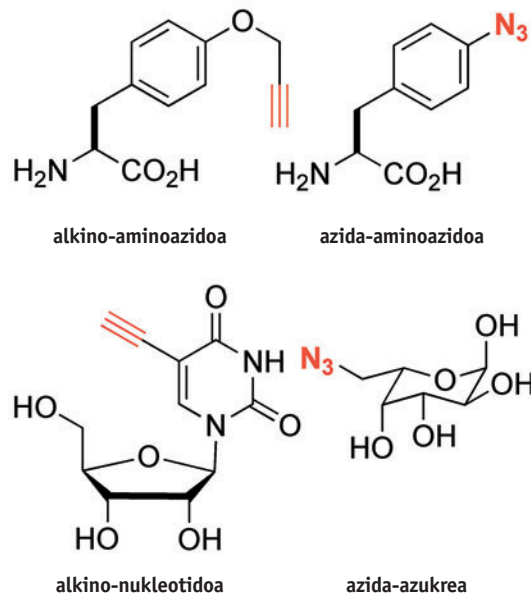


Zenbat eta molekula konplexuagoak, orduan eta zailagoa da haien arteko loturak egitea kimika arruntaren bidez. Klik kimikarekin, berriz, molekula konplexuak oso era selektiboan lotu daitezke.

IRUDIA: JESUS MARI AIZPURUA.



Alkino eta aziden arteko klik erreakzioari esker molekula konplexuak erraz eraiki daitezke. Izan ere, alkino eta azida taldeak dituzten aminoazido, azukre eta nukleotidoekin proteina, sakarido edo DNA "klikagarriak" egin daitezke. IRUDIA: JESUS MARI AIZPURUA.



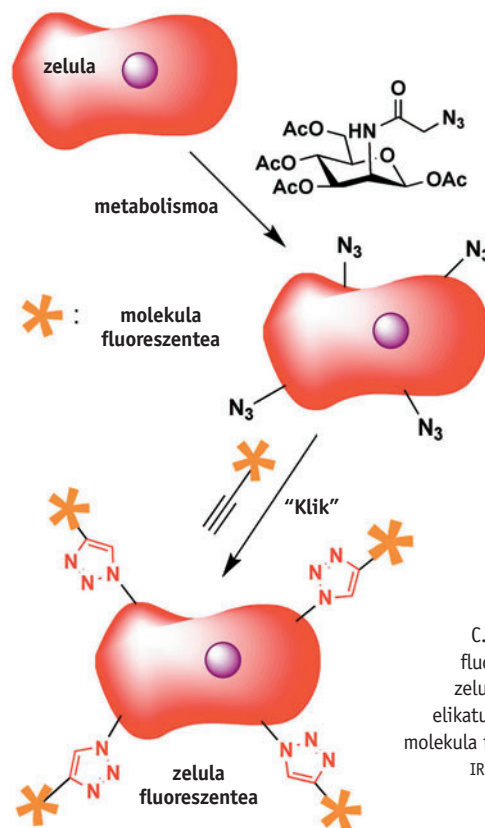
Sintesi kimikoa *modular* bihurtzen du klik kimikak. Lego jostailuarekin egiten den antzera, molekula konplexuak erraz eraiki daitezke beste sinpleago batzuk elkarrekin "klikatuz". Gainera, kimika organikoan eskarmenturik ez duen zientzialariak egiteko ere errazak dira klik erreakzioak. Horregatik, oso aproposak dira robot-sintesira egokitzeko.

Alkino eta azida talde kimikoak dituzten konposatuak arrotzak direnez naturan, klik erreakzioak *bioortogonalak* dira; hots, ez dute talde babesleen beharrik egitura biokonjugatu edo hibridoak emateko. Hortaz, alkino eta azida taldeak dituzten aminoazido, azukre edo azido nukleikoak erabil daitezke proteina, sakarido edo DNA "klikagarriak" egiteko. Ezaugarri horiei guztiei esker, klik erreakzioen aplikazioek berehala gaintu dute sintesi organikoaren esparrua, eta biokimikara, kimika farmazeutikora, diagnosi klinikora, materialen zientziara eta nanozientziara hedatu dira, besteak beste. Azken zazpi urteotan, klik kimikarekin lotutako 12.000 artikulutik gora argitaratu dira zientzia-aldizkarietan.

Erabilera deigarri asko izan ditu klik kimikak, eta ezinezkoa da hemen guztien berri ematea. Adibide pare bat ikusiko ditugu: lehena Berkley Unibertsitateko C. R. Bertozzi-k lortutako zelula bizi fluores-

zenteena da. Zelulak azida-azukre berezi batekin (azida manosarekin) elikatu ondoren, mintzak azida taldez estaltzen dira.

Segituan, alkino taldea duen molekula fluoreszentearekin klik erreakzioa egin eta gero, zelulak fluoreszente bihurtzen

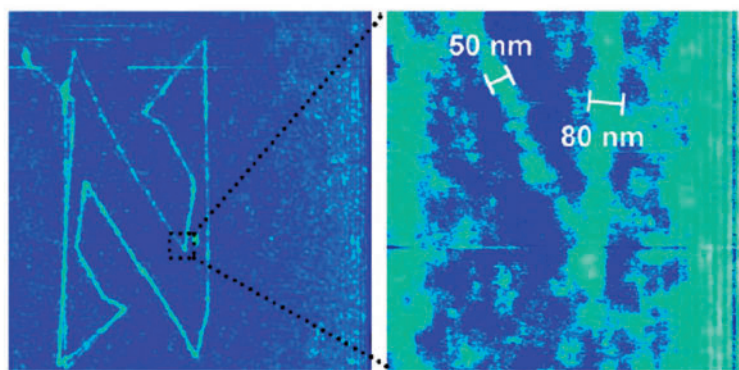
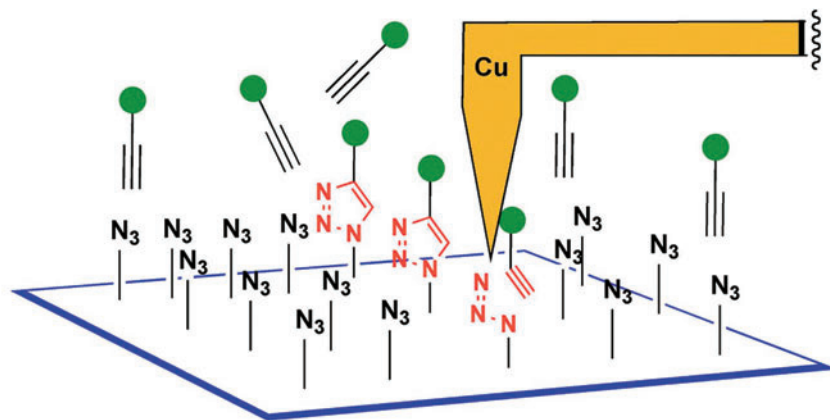


Berkley Unibertsitateko C. R. Bertozzi-k zelula bizi fluoreszenteak lortu zituen, zelulak azida-azukre batekin elikatuz eta alkino taldea duen molekula fluoreszente bat erabiliz. IRUDIA: JESUS MARI AIZPURUA.

dira... eta bizirik irauten dute! Prozedura horren antzekoak izaki bizidun handia-goetan ere probatu dira, hala nola zebra-arrainetan.

Nanoteknologia ere iritsi dira klik hotsak. 2009an, J. F. Stoddart estatubatuarrek siliziozko xafla gainean nanomarrazketa kimikoa egitea lortu zuen. Horretarako, kobrezko nanopuntaz hornitutako indar atomikozko mikroskopioa (AFM) erabili zuen, azida taldez estalitako siliziozko xafla baten gainean. Xafla hori azido 4-pentinoiko alkinoaz eta alkoholez busti ondoren, nanopuntarekin N hizkia idatzi zuen haren gainean. Erreakzioa punta pasatako tokietan bakarrik katalizatzen denez, xafla alkoholez garbitu ostean, N hizkiaren irudi nanometrikoa azalerari lotua geratzen da. Jakina, teknika horri esker, ia edozein biomolekula nanolitografiatu daiteke hainbat materialen azaleratan.

Horrelakoak ikusita, zaila da iragartzea zein egitura berri eraikiko dituzten zientzialariek etorkizun hurbilean, baina gauza bat ziurra da: klik hotsa gero eta maizago entzungo da mundu zabaleko laborategietan. ●



Kobrezko nanopunta bat erabiliz nanolitografiak egin daitezke. Izan ere, alkino eta aziden arteko erreakzioa punta pasatako tokietan bakarrik katalizatzen da. IRUDIA: JESUS MARI AIZPURUA.



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

lanabesa

enpresa informazioa, euskaraz

Hilabetero, gure enpresen,
erakundeen, industrien eta
saltokien informazioa,
gure hizkuntzan

info@lanabesa.com

ARTURO ELOSEGI

*Landare-biologia eta Ekologia Saila.
Zientzia eta Teknologia Fakultatea. EHU.*

McDONALD'S ala ARZAK?

Nature aldizkari ospetsuan *ekosistema berrien* aldeko artikulua bat atera da, alegia, espezie exotikoz eratutako ekosistemen aldekoa. Elhuyarko lagunek honen gaineko iritzi-artikulu bat eskatu didate. Nori eta niri, zinemako esaldirik biribilena Clint Eastwoodek behin botatako hura dela uste duenari. Ez dakit gogoan ote duzun, baina tipo batek ez dio, bada, bota Clinti berak beste iritzi bat duela? Clinton erantzuna: “iritziak uzkiak bezalakoak dira, nork berea du”. Uzki-bistan geratzeko arriskuan nabilela jakinik ere, ezin ezezkorik eman Elhuyarkoei, eta nire iritzia idatziko dut. Baina argi utziz ez duela beste edonorenak baino gehiago balio.

Hasteko, aurkez dezadan zertaz ari naitzen. Munduan gero eta gehiago topatzen ditugu espezie exotiko eta inbaditzaileak nagusi diren ekosistemak. Ez naiz landaketez ari, jendeak helburu zehatzen batekin eratutako formazioez, baizik eta bere gisa garatu diren baso edo bestelako ekosistemez. Naturaren kontserbazioan ari diren gehienek esaten dute ekosistema hauek oso *andeatuta* edo *antropizatuta* daudela. Eta, horrexegatik, bertako espezieek sor ditzaketen arazoek kezkatuta, ekosistema hauek ezabatzen saiatzen dira, ahal dela leku bakoitzeko jatorrizko ekosistema berreskuratzen.

Saio horiek, ordea, oso zail eta garestiak izan ohi dira, espezie inbaditzaileei aurre egitea oso nekeza baita. Hori ez ezik, askotan zalantzazkoa ere bada jatorrizko ekosistema zein zen, hura berreskuratzerik badagoen, eta ahal denean ere, merezi ote duen. Kontserbazionista sutsu batzuen ustez bai, zalantzarik gabe, jatorrizkoek ematen baitituzte *ekosistema-zerbitzu* gehien; badakizu, ur garbia, lur emankorrak eta gisa horretako zerbitzuak.

Orain, antza, batzuk ikuspuntu hori eztabaidatzen hasi dira, edo, agian, aspalditik heldu zen eztabaidak orain hartu du indarra. Ikertzaile batzuk ekosistema berri horiek aztertzen ari dira: interesgarriak ez ezik, batzuetan oso dibertsoak ere ba

omen dira, eta zerbitzu ugari ematen omen dituzte. Horrek bultzatu ditu plantatzera jatorrizko ekosistemak kosta ahala kosta berreskuratzen saiatu baino hobe ez ote den ekosistema berri horiek garatzen uztea.

Honaino eztabaidaren deskripzioa, hemendik aurrera nire iritzia.

Zalantzarik gabe, espezie inbaditzaileak oso interesgarriak dira, besterik ez bada, ulertzeko zergatik bihurtzen diren inbaditzaile. Eta, zer esanik ez, inbaditzailez eratutako ekosistema horiek oso interesgarriak izan daitezke, haiei begiratuta asko ikas baitezakegu ekosistemen autoantolaketaz. Horrez gain, onartzen dut jatorrizko ekosistemen zerbitzuak askotan neurritz kanpo goستن ditugula. Batetik, zerbitzurik ematen duen edo ez, ez dagoelako jatorriaren menpe, beste ezaugarri xeheagoen menpe baizik. Eta, bestetik, natura ez genukeelako soilik ematen digunaren arabera baloratu behar, gure haurrak izan dezaketen salneurriaren arabera baloratzen ez ditugun bezalaxe.

Baina bada honetan guztian gehiago kezkatzen nauen kontu bat. Zalantzarik ez dut, munduan inon aurkituko da ekosistema berriren bat ekosistema zaharrak bezain dibertsoa dena, eta badira espezie inbaditzaileak ekosistema naturaletan

txertatu direnak, jatorrizko espezierik suntsiarazi gabe. Adibideak amaieran aipatzen den artikuluan aurki daitezke. Baina ohikoena kontrakoa delakoan nago: ekosistema berri horietan espezie gutxi eta kontserbaziorako interesik ez dutenak daude, eta, espezie exotikoak hedatu ahala, bertakoak suntsitu egin ohi dira. Alegia, arazoari mundu mailan erreparatzen badiogu, espezie askoren galera dakar horrek, leku askotan arrunta dena gero eta arruntagoa bilakatzen baita, lekuan lekuko berezitasuna galtzen doan bitartean. Gure ibaiei begiratu besterik ez dugu. Iberiar penintsulan ditugun arrain-espezie gehienak exotikoak dira, eta horietatik dira bertako espezieen biziraupenerako arriskurik nabarmenena. Horrek ez du esan nahi espezie exotikoak errotik erauzi behar ditugunik, nekazaritzan bezala, beste esparru askotan erabilera interesgarriak baitituzte horietako askok. Baina mundua ziztu bizian berdintzen ari gara, ohiturak, bizimoduak eta espezieak lekutik lekura aldatzen, eta horrek mundua aspergarriagoa egitea dakar.

➔ *Baina mundua ziztu bizian berdintzen ari gara, ohiturak, bizimoduak eta espezieak lekutik lekura aldatzen, eta horrek mundua aspergarriagoa egitea dakar.*

Noski, helburua ez da, ez daiteke izan, jendeak ukitu gabeko egoera *naturala* berreskuratzea. Ez dut uste inor horretan ari denik. Izatekotan, duela gutxira arte munduak izan duen dibertsitate ikaragarri horren parte bat kontserbatzea da helburua, naturak milioika urteko esperimentuan garatu dituen ekosistemetako batzuk mantentzea, hortik kanpokoa egunetik egunera aldatzen ari garela kontuan hartuta.

Beste modu batean azalduz, ekosistema natural batzuk kontserbatu nahi ditugu, gure seme-alabek ezagutu dezaten nola-ko dibertsitate zoragarria zuen munduak duela gutxira arte. Haiek zerbitzu interesgarriak ematen badizkigute hobe, baina, bestela ere, kontserbatu egin nahi ditugu. Barkatuko ahal didazue, baina heresia larri bat botatzera noa. Ez dut uste elikaduraren aldetik oso desberdinak direnik McDonald's eta Arzak. Bigarrenak, noski, askoz ere sukaldaritza zainduagoa du, baina ez nuke bertako dastatze-menua egunero jatera behartuta egon nahi. Baina sabela betetzeko duten balioa oso desberdina ez den arren, ez didazue ukatuko mundua askoz leku tristeagoa izanzen zenik jantoki guztiak McDonald's-ek hartuko balitu. Hemen ere, dibertsitatean dago gakoa. ●

Gehiago jakiteko: Marris, E. 2009. Ragamuffin Earth. *Nature*, 460:450-453.



© KUSHCH DMITRY/123RF

ROSARIO SANCHEZ PERNAUTE

Neurologoa. Zelula ama neuronalen laborategiko zuzendaria. Inbiomed Fundazioa.

ZELULA AMAK

neuroendekapenezko gaitzentzat

Ikerteta biomediko translazionalak asmo bat du: oinarritzko zientzietan egindako aurrerapenak osasunerako onura bilakatzea. Inbiomed-eko nire laborategian, giza zelula ama pluripotenteekin egiten dugu lan. Izan ere, zelula horien ezaugarri bereziei esker, in vitro ikertu ditzakegu giza neuronak, eta estrategia arrazionalak garatu neuroendekapenezko gaixotasunak tratatzeko. Hori da gure helburua.

Neuroendekapenezko gaixotasunen bereizgarria da neurona edo neurona-talde jakin batzuei eragiten dietela, eta, hortaz, dagokien funtzioa betetzeko gaitasuna galtzen dutela pixkanaka. Alzheimerra eta parkinsona dira maizen gertatzen direnak. Gaur egun, sintometan eta seinale klinikoetan eragiten dute existitzen diren tratamendu gehienek; ez dute sorburuan eragiten —ezezaguna da kasu gehienetan—, eta ez dute prozesu patogenikoa eraldatzen. Horregatik uste dugu terapia eraginkorrak garatzeko, neuroendekapena gelditzeko edo leheneratzeko gai izango direnak, beharrezkoa dela jakintza sortzea. Atzean dauden prozesu biologikoak ezagutu behar ditugu, eta sekuentzialki identifikatu endekapen-prozesua eten edo ahulduko duten ituak eta molekulak.

Giza zelula amek aukera ematen digute ikertzeko giza neuronen *garapen normala eta anormala*, bai bakarka daudenean, bai eta garrantzitsuak diren beste zelula-populazioekin batera daudenean ere. Hala ere, haien bidez iker dezakegu zein diren neuronen zaugarritasun selektiboan parte hartzen duten faktoreak, gaixotasun hauen bereizgarria baita neurona-mota jakin batzuei eragitea: dopaminergikoak parkinsonen, aurrealdeko adarreko neurona motorrak alboko esklerosi amiotrofiakoan... Eta, azkenik, zelulen bizirik irauteko eta hiltzeko berariazko bideak iker ditzakegu.

Horrez gain, zelula amak erabilia, in vitro erako eredu iragarleak diseina daitezke, medikamentu berriak aztertu eta baliotatu ahal izateko. Eredu horien bidez proba daitezke gaixotasunaren garapenean eragin eta kaltetutako funtzioa leheneratzeko gai diren medikamentuak. Amaitzeko, giza zelula pluripotenteetatik abiatuta, posible da *zelula bidezko terapia*-rako egokiak diren neurona-populazioak sortzea, gaixotasun batzuen kasuan.

BIRPROGRAMATZEA

Duela bi urtez geroztik, teknologia berri bat dago eskuragarri: faktore jakin batzuen bidez zelulak birprogramatzea. Shinya Yamanakanak asmatutako teknika da, eta zelula pluripoteneak edo iPSak (induzitutako zelula ama pluripotenteak) sortzeko

aukera ematen digu edozein pertsonaren zelula heldu diferentziatuetatik abiatuta (adibidez, azaleko fibroblastotetatik). Pluripotentzia-egoera mantentzen duten transkripzio-faktoreetan oinarritzen da teknika. Transkripzio-faktore batzuk (geneen espresatzea erregulatzen duten proteinak) gai dira eurei dagozkien geneak aktibatzeke, eta berraktibatzeke zelula amen pluripotentzia eta autoberritzea kontrolatzen duen zirkuitu molekularra. Bada, faktore horiek ohiz kanpo espresatzeaz baliatzen da birprogramazio-mota hau.

Faktore horiek zelula helduetan txertatzeko, bektore biralak erabiltzen ditugu. Transgenea eta hainbat markatzaile garraiatzen dituzte, hala nola proteina fluoreszenteak, prozesua in vivo jarraitu ahal izateko. Prozesuaren eraginkortasuna txikia da, baina gai gara zelula pluripotenteak lortzeko, pazienteek dituztenen berdin-berdinak direnak genetikoki. Gero, zelula horiekin lan egin dezakegu (gure kasuan, neuronak): in vitro azter dezakegu zein diren gaixotasuna sortu eta garatzea eragiten duten faktoreak, eta terapeutikoak izan daitezkeen molekulen eragina neur dezakegu. Datozen hilabeteetan, fluoreszentzia bidez zuzendutako zelula-banaketa egiteko (FACS) beharrezkoa den ekipamendua izango dugu Inbiomeden, eta azkarrago eta zehatzago egin ahal izango ditugu azterketa horiek.

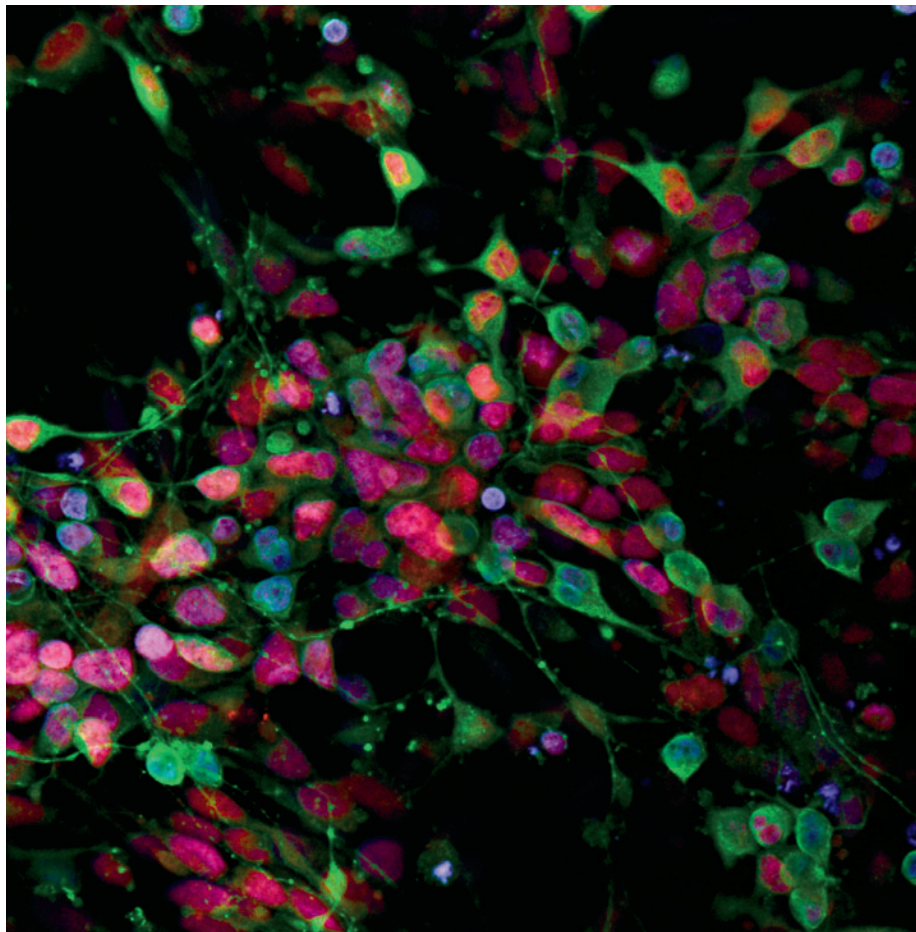
Zelulen birprogramazioak iraultza ekarri du zelula amen arlora, eta alboratu egin ditu zelula ama enbrionarioak eta fetuen ehunak erabiltzeari lotutako zenbait arazo etiko eta sozial. Alabaina, azpimarratu behar da estrategia hau jatorri genetikoak duten gaixotasunentzat dela baliagarria funtsean, beste faktore batzuk (epigenetikoak) “ezabatu” egiten direlako birprogramazio-prozesuan. Horrenbestez, oraingoz, bi zelula-mota pluripotenteak (enbrionarioak eta birprogramatuak) osagarriak dira. Bestalde, azpimarratu behar da gaixotasunen eredu horiek zailtasun handiak dituztela, oraingoz, adinaren eta zahartzearen eragina erreproduzitzeko (faktore kritikoak neuroendekapenezko gaixotasunen garapenean).

Sekuentzialki identifikatu behar ditugu endekapen-prozesua eten edo ahulduko duten ituak eta molekulak.

ORDEZKO ZELULEN BIDEZKO TERAPIA

Parkinson gaixotasunean, hil egiten da dopamina ekoizten duen neurona-multzotzat. Hortaz, dopamina-kantitatea murriztu egiten da mugimenduak modulatzeko dituen garuneko eremu batean, eta gaixotasunaren sintoma motor bereizgarriak agertzen dira. Dopamina emateak (haren aitzindaria administratuta, edo haren eragina imitatzen duten farmakoen bidez) ezabatu egiten ditu gaitzaren sintomak.

Prozesu patologikoak kaltetutako neurona-populazioa nahiko ondo ezagutzen denez, ordezkoko zelulen bidezko terapia —alegia, dopamina ekoizten dute neurona osasuntsuak transplantatzea— aukera gisa hartu zen duela 30 urte baino gehiago. 80ko hamarkadaren amaieran hasi ziren zelula bidezko terapiarako entseguak, eta fetuen neuronak erabili izan dira parkinsonak jotako gaixoei txertatzeko. Frogatu dute transplantatutako neuronak 14 urte ere bizi izan direla hainbat pazienteetan, baita helduen garuneko fun-



Giza neuronak. ARG.: INBIOMED FUNDAZIOA.

tzioa leheneratu dutela ere; baina beste kasu askotan onura oso mugatua izan da, edo ez da onurarik izan; eta zenbait gaixok kalteak ere jasan dituzte. Tratamendu-mota hau optimizatzeko traba handienetako bat izan da zelula egoki oso gutxi dagoela, eta, horregatik sortu dute horrenbeste ikusmin zelula amek ikerketarako honetan.

Zelula ama helduen ugalkortasuna mugatua da, eta sor ditzaketan leinu helduen kopurua oso murrizta. Zelula ama pluripotenteetatik, aldiz, organismo heldu baten edozein zelula erator daiteke. Faktore eta hazkuntza-ingurune egokiak erabilita, zelula amen diferentziazioa bideratu dezakegu neurona dopaminergikoak izatera, eta neurona horiek parkinsonaren eraginez endekatzen direnen berdin-berdinak dira. Espero dugu neurona horiekin sortu ahal izango dugula

terapiarako egokia den zelulen iturri bat. Horretarako, edozein medikamentuk bete beharreko eskakizunak bete beharko dituzte (segurtasuna, berdintasuna, ahalmena, errepikagarritasuna etab.). Ikerketa aurreratuta dago, baina ezinezkoa da esatea noiz bihurtuko den egiazko pazienteentzat.

Hain zuzen ere, ideia garrantzitsu bat transmititu nahiko nuke amaitzeko. Ikerketaren garapenean EZ da lineala inbertsioaren (ahalegina, denbora, dirua) eta emaitza translazionalen arteko erlazioa. EZ da zuzena, batez ere, epe motzera aztertzen denean. Kontzeptu hau oso garrantzitsua da, ezin baita ikerketaren kontzeptutik banatu, eta funtsezkoa da itxaropen faltsuak eragozteko, zientzialariekiko frustrazioa eta nahigabea eragiten baitute horiek gizartean. ●

Informatika GENETIKOA

GUILLERMO ROA ZUBIA
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

Bizia baino sistema eraginkorragorik ez dugu ezagutzen. Hala ere, gure teknologia gehiena bizirik gabeko sistemetan oinarrituta dago. Noski, arrazoia da bizia, eraginkorra izateko, oso sistema konplexu batean oinarrituta dagoela, eta teknologia konplexua sortzea oso zaila dela. Baina, beharbada, teknologia hori ez dugu guk geuk egin behar. Sistema bizi-dunek egin dezakete guretzat.

Erraza da esaten, baina ez da hain erraza lortzen. Adibidez, zaila da sistema biziak konbentzitzea ordenagailuen osagaiak egin ditzaten. Zientzialari batzuk ari dira lan horretan, eta zaila da. Ideia on batzuk

badaude martxan. DNAz egindako txipak egin genitzake; bizidunetan informazioaren gordelekua da molekula hori, eta, beraz, zergatik ez da izango informazio informatikoaren gordeleku aproposa?

Hori lortzeko lehen urratsa da DNAREN barruan korronte elektrikoa kontrolatzea. Baina DNAREN izaera elektrikoa zein den ere ez dute guztiz argitu zientzialariek. Duela hamar urteko ikerketa baten arabera, isolatzailea da; garai bereko beste ikerketa baten arabera, molekula kargadunak eroateko gaitasuna du; eta beste ikertzaile batzuek proposatu zuten DNA irakurtzen duten proteinen mugimendua elektrizitateak eragiten duela. Denetik.

Hala ere, ikerketa horietako gehienak DNAREN baseen arteko elkarrekintzetan oinarritu dira, hau da, bi helizeak lotzen dituen elkarrekintza elektrikoan. Gutxi ikertu dute, ordea, zer ahalmen duten elektroiek DNAREN katearen ardatzean gora eta behera mugitzeko; ea kable batean bezala mugi daitezkeen ala ez.

Erantzuna da baietz, Japoniako Energia Atomikoaren Agentziako ikertzaile batzuek ondorioztatu dutenez. Fosforo-atomoko baten elektroio bat eszitatuta, DNAREN katean deslokalizatu egiten da, eta, azkar,

 *DNA informatikan erabiltzeko, molekularen barruko korronte elektrikoa kontrolatu beharko litzateke. Baina DNAREN izaera elektrikoa zein den ere ez dute guztiz argitu zientzialariek.*

gainera: baseetan baino mila aldiz azkarrago. Litekeena da elektroien mugimendu hori ezinbestekoa izatea DNAREN akatsak zuzentzen dituen mekanismoan. Gizakiak ere aprobetxatu lezake hori, zergatik ez?

DATUAK ETA DATUAK

Demagun kontrolatzen dugula DNA molekularen barruko elektrizitatea, eta transistoreak eta zirkuitu elektronikoak diseina ditzakegula molekula hori lehengai hartuta. Horren bitartez 0 eta 1 asko kodetu genitzake. Asko. Zelulak berak horretarako erabiltzen du. Are gehiago, lau base daudenez, bi aukera baino gehiago ditu; 0, 1, 2 eta 3 zenbakiak kodetu ditzake! Hortaz, DNAREN erabilera elektronikoak ohikoak baino datu gehiago kodetzeko erraztasuna emango luke. Hala ere, hori ez da nahitaez ona.

Esate baterako, memoriak handitzeak eta merkatzeak arazo berriak ekarri ditu informatikan. Programazioa bera aldatu da asko. Hasierako programatzaileek gauza harrigarriak egiten zituzten kodean bit bat ere aurrezteko. Programak ezin zuen memoria handia hartu. Horregatik, oso maila baxuko lengoaiak erabiltzen zituzten, eta erabateko kontrola izaten zuten une bakoitzean (prozesagailuaren ziklo bakoitzean) erregistroetan sartzen eta irteten zen bit ziztrin bakoitzaren gainean. 0 eta 1 zenbakiak funtzionatzen zuten; aritmetika bitarrean pentsatzen zuten.

Baina memoria aurreztu behar ez denetik, programazioa ez da horrelakoa. Maila altuko lengoaiak erabiltzen dira, hau da, prozesagailuak zuzenean ulertzen ez dituenak. Prozesagailuarentzat ulergarri bihurtzeko prozesuak kode errepikakorra eta findu gabea sortzen du. Programek funtzionatzen dute, baina kode asko izaten dute, nolabait esateko, sobran.

Eta litekeena da material genetikoarekin antzeko gauza bat gertatzea. DNak ere informazio asko gordetzeko ahalmena du. Ordenagailuen memorietan erabiliz gero, sobrako informazio asko pilatzeko toki aproposa izango litzateke.

Naturan hala da. Eboluzioan zehar, kode genetiko asko pilatu da giza kromosome-

tan: zati batzuk bakterioek eta birusek utzita-koak dira, beste batzuk geneen bikoizketak edo zelulak bere burua kopiatzean egingdako akatsen ondorioak. Bide asko dago genoma batean informazio genetiko gehigarria azaltzeko. Horren guztiaren ondorioz, genomak sobrako informazio asko gordetzen du. Geneen sekuentziek ezer kodetzen ez duten zatiak dituzte tartekatuta; hain zuzen ere, zati horiek (introiak) kendu egiten ditu zelulak, proteinak egiten hasi baino lehen.



Memoria aurreztu behar ez denetik, programek kode errepikakor asko izaten dute. Litekeena da material genetikoarekin antzeko gauza bat gertatzea, DNak ere informazio asko gordetzen duelako.

Egia da oraindik ez dugula ezagutzen genomak kodetzen duen informazio guztia. Zientzialariek hasieran uste zuten proteinak kodetzen ez zituzten zatiek ez zutela informazio kodetzen, eta zati horien multzoari zabor-DNA deitu zioten. Baina gerora aurkitu dute zati horietako batzuetan, adibidez, geneen aktibatze-guneak daudela. Zabor-DNA guztia ez da zaborra.

Hala ere, bizidunen genoma ez da informazioa kodetzen duen sistema

matematiko perfektua. Goi-mailako lengoaiarekin idatzitako softwarea bezala, ez du izan dezakeen eraginkortasun handiena. Zati errepikakorrak ditu, eta kodetzen duen informazio guztia ez da biziduna osatzeko ezinbestekoa.

Eta, agian, hori da genetikatik zein informatikatik ikasi behar den ikasgai handietako bat: datu askoren bilduma batean, bakarren batzuk egongo dira sobran. ●



GUILLERMO ROA

Konputagailu mekanikoen AMETSA

EGOITZ ETXEBESTE ADURIZ
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

IRUDIA: MANU ORTEGA

Cambridgeko Analytical Society-ko gela batean eserita zegoen, burua mahairantz makurtuta, pentsakor; eta mahaian, logaritmo-taulak zabalik. Kide bat gelan sartu eta jarrera hartan ikusi zuenean, “Babbage, zerekin ari zara amestetan?” galdetu zion. “Pentsatzen ari nintzen taula hauek guztiak makina batek kalkulatzeko posible balitz... Jainkoari eskatzen diot kalkulu hauek lurrunaren indarraz egin daitezela!”.

Charles Babbage gaztea kezkatuta zegoen taula haietako errore-kopuruarekin. Garai hartan, XIX. mendearen hasieran, zenbakizko taulaz beteriko liburuak argitaratzen ziren, eta ezinbestekoak ziren nabigatzaileentzat, bankarientzat, ingeniariarentzat eta zientzialarientzat oro har. Babbagek berak, matematikaria izanik, bazuen esperientzia halako taulak egiten, eta bazekien zein lan neketsua eta zaila zen. Eta konturatuta zegoen taula haiek egitea pertsonen esku zegoen bitartean, erroreak saihestezinak izango zirela.

Horregatik hasi zen kalkulu haiek egingo zituzten lurrun-makinekin amestetan. Izan ere, Babbagen burua ez zegoen geldirik egoteko egina. Besteak beste, trenetarako hainbat gailu asmatu zituen, oftalmoskopioa ere bai, kriptografian aritu zen, zuhaitz fosilen eraztunak iraganeko klima ezagutzeko balio zutela aurkitu zuen, gaur egun erabiltzen dugun postako frankeo-

sistema proposatu zuen, eta abar. Behin, 100 °C-tik gorako labe batean sartu zen minutu batzuek, eta ondorioztatu zuen Vesuvioko kraterrean jaisteko gai izango zela. Urte batzuk geroago jaitsi zen.

Lovelacek garbi ikusten zuen makina haren ahalmena: “nola egin esateko gai garen edozer egin dezake makina honek”.

Baina pasiorik handiena, Analytical Societyko gela hartan amestutako bidetik etorri zitzaion. Hamar bat urte geroago, 1822an, aurkeztu zuen Royal Society-n “makina diferentziala”-ren diseinua. Diferentzia finituen metodoa erabiliz funtzio polinomikoak kalkulatzeko eta emaitzak inprimatzeko gai izango zen makina hura. Hainbat ardatzetan sartutako metalezko gurpil horzdunetz beteta zegoen makina bat zen; 25.000 pieza inguru zituen diseinuak, eta 15 tona inguru pisatuko zituen.

Harrera oso ona izan zuen ideiak, eta gobernu ere konbentzitu zuen Babbagek

proiektu hura finantzatzeko. Baina hamar urteren buruan ez zuten lortu makina eraikitzea; eta, 1833an, gobernuak proiektua bertan behera uztea erabaki zuen.

Babbagek ez zuen etsi. Areago, ordurako ideia hobe bati bueltaka zebilen. Izan ere, konturatu zen funtzio polinomikoak kalkulatzeko zituen makina batek gai izan behar zuela beste edozein kalkulu egiteko ere. Birdiseinatu egin behar zuen makina hura, haren mekanismoak zenbait modutan erabiltzeko aukera egon zedin. Eta horretarako, era bat aurkitu behar zuen makinari esateko egin zitzakeen ekintza guztietatik zein aukeratu behar zuen; alegia, makina programagarri bat egin behar zuen. Lehenengo ordenagailua sortzen ari zen Babbagen buruan.

“Makina analitiko” deitu zion. 1834rako eginak zituen lehen zirriborroak. Sarrera-mekanismo bat zuen, non zenbakiak edo jarraibideak sar zitezkeen; eta kalkuluak egiteko “prozesagailu” bat; hirugarrenik, kontrol-unitate bat, kalkuluak orden egokian egingo zituela bermatzeko; laugarrenik, biltegi edo memoria bat zegoen, non zifrak beren txandaren zain geldituko ziren; eta, azkenik, irteera-mekanismo bat, emaitza inprimatuta emango zuena.

Biltegian 50 dezimaleko 1.000 zenbaki gordetzeko diseinatu zuen makina. Eta aginduak edo jarraibideak emateko



zuen, eta lankide ezin hobea izan zuen Lovelace. Askotan laguntzaile soil gisa tratatzen bazuen ere, miresten zituen haren dohainak; “zenbaki-sorgintzaile” ezizena jarri zion.

Elkarrekin jarraitu zuten makinarekin lanean. Eta Lovelacek idatzi zuen makina analitikoarentzako lehen “programa”, inoiz makina eraiki izan balitz Bernoulliren zenbakiak kalkulatzeko balioko zukeena. Horregatik, lehen programatzaile-tzat hartzen da Lovelace.

Lovelacek garbi ikusten zuen makina haren ahalmena: “nola egin esateko gai garen edozer egin dezake makina honek” zioen. Baina aurreko makinaren porrota eta gero, Bagaggek ez zuen makina miragarri hura eraikitzeke esperantza handirik. 1835ean miresle amerikar bati idatzi zion: “Gai izango zara hautemateko zernolako eragina izango lukeen halako makina batek zientziaren aurrerapenean. Hori estimatzeko gai ez den herrialde batean bizi naiz ni”.

Gobernuaren konfidantza ere galdua zuen, eta bere ondasunak aurreko makinarekin gastatuak. Dirua lortzeko, Lovelace eta Babbage zaldi-karreretako apustuak irabazteko metodo bat garatu nahian ere ibili ziren; baina horretan ere ez zuten arrakastarik izan.

Lovelace 37 urterekin hil zen, minbiziak jota. Babbagek bere makinaren diseinua fintzen jarraitu zuen bizitza osoan. Baina, bere ideietan sinesten ez zuen gizartea-gandik eta gobernuagandik urruntzen joan zen. Pixkanaka, agure egoskor marmarti odolbero bat bihurtu zen. Eta, azkenetarako, bere lanagatik baino famatua-ga egin zen, kale-musikariaren aurka egin zuen kanpainagatik. Zerrenda batean bildu zituen “Gobernuak Londongo kaleetan egunero eta gauero erabiltzea onartzen dituen tortura-instrumentuak”. Hor sartu zituen “organoa, biolina, gaita, akordeoia, tronpeta, danborra...” ●

P.S.: Londongo Zientzia Museoak Babbagen makina diferentzialaren azken bertsioa eraikitzea erabaki zuen, jatorrizko planoari jarraituz. 1991ean aurkeztu zuten, Babbagen jaiotzaren 200. urteurrenean, eta museoan ikusgai dago geroztik. Primeran funtzionatzen du.

Joseph Jacquard-ek 1801ean ehungailuetarako asmatutako kartoizko txartel zulatuen ideia hartu zuen.

Garai hartan ezagutu zuen Babbagek Ada Lovelace gaztea. Eta haren talentuarekin liluratuta gelditu zen. Hemezortzi urteko neska hark Babbagen makinekiko agertu zuen interesak, eta Babbagen ideiak benetan ulertzeko gai izan zen pertsona gutxietako bat izateak ere izango zuen eragina liluratze horretan.

Lord Byron poetaren alaba zen Ada Augusta Byron (Lovelaceko kondesa izan zelako gelditu zaio Ada Lovelace izena). Adak lau hilabete zituela poetarengandik banandu ostean, Anne Isabella Milbanke ahaleginak egin zituen alaba aitaren bidetik ahalik eta gehien urruntzeko; eta horregatik jarri zuen txikitandik matematika ikasten.

Babbage ezagutu zuenerako, matematikari trebea zen. Babbagek dizipulu hartu

Begirada ospetsu bat

GUILLERMO ROA ZUBIA
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

NEUROLOGIARI

FELIX ZUBIA MEDIKUAREN GOMENDIOA

i

Emaztea kapelarekin nahasi zuen gizona

Oliver Sacks

Ed. Klasikoak, S.A.

225x146 mm

ISBN: 978-84-96455-30-6

Jatorrizko izenburua:
*The Man Who Mistook
His Wife for a Hat*

Itzulpena:
Amaia Astobiza
Elhuyar Fundazioa

Oliver Sacks idazlearen *Emaztea kapelarekin nahasi zuen gizona* klasiko bat da neurologiaren dibulgazioan, eta horregatik gomendatu digu Felix Zubia EHUko irakasle eta mediku intentsibistak.

“Oso liburu interesgarria da buruko gaitzak eza-gutu nahi dituen edozeinentzat. Istorio laburren bidez, oso adibide argiekin azaltzen ditu buruko gaixotasun ohikoenen sintomak, eta gaixoak nola bizi dituen. Adibidez, depresioa, asaldura obsesibo-konpulsiboa eta eskizofrenia. Bestelako berri asko eragiten dituzten gaixotasunak izanik, hona hemen zientziatik modu errazean hurbiltzeko modu bat” dio Zubiak.

Liburu klasiko honen euskarazko bertsioa, gainera, argitaratu berri du Klasikoak argitaletxeak.

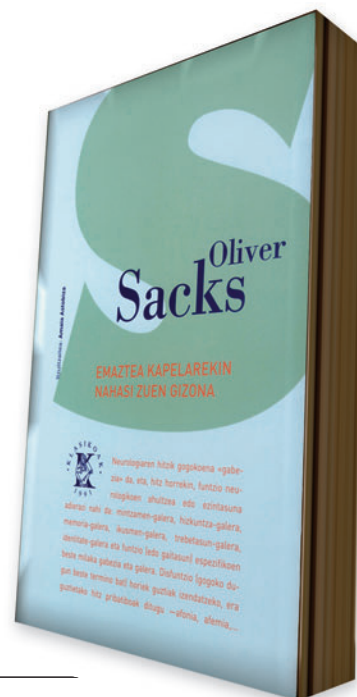
Lau ataletan banatuta dago. Lehen atala gabeziei buruzkoa da. Han dago liburuari izenburua ematen dion kasua. Musikari batek arazoak zituen ikusmena kontrolatzen duen garunaren gunearekin. Ez zuen beste ahalmenik galdu, baina bai gauzak begiz identifikatzeko ahalmena. Halako batean, emaztea eta kapela bat nahasi zituen, adibidez.

Liburuaren bigarren atalean, kontrako bost kasu aurkezten ditu Sacksek: gabeziak izan beharrean, gehiegizko ahalmenak garatzen dituzten pazienteen kasuak. Adibidez, sexu-grina handia sentitzen zuen laurogeita hamar urteko emakume baten kasua (*House* telesailean erabili izan den kasua). Sacksek esaten du neurologia klasikoak, Hughlings Jackson neurologoaren eskolak, ez zituela horrelako kasuak aintzat hartzen, eta horregatik ez zutela arreta handia jaso 1980ko hamarkadara arte, gutxi gorabehera.

Hirugarren atala suminaldien atala da. Ez dira kalte fisikoak eragiten dituzten arazo neurologikoak; arazoa da pazienteek errealak balira bezala bizitzen dituztela ametsak eta oroitzapenak.

Azken atalean, pazienteen xalotasunak aurkezten ditu Sacksek. Adibidez, ume batek bezala jokatzen duen hemeretzi urteko neska baten kasua; ezin du ikasi zapatak nola jantzi edo giltza bat nola erabili; aldiz, ez du kalterik agertzen beste hainbat ahalmenetan.

Ibilbide profesional luze batean zehar tratatutako kasuen bitartez, Oliver Sacksek neurologia aurkezten digu, eta laguntzen digu ulertzen batzuetan arazo baten jatorria ez dela begi-bistakoa. Garunean pixka bat murgilduz gero, ezus-teko ederrak aurkitzen dira. ●



SATORRAK

dani fano ILARGIAN





Ilargiaren efemerideak

- 2** 05:01ean, konjuntzio geozentrikoan Saturnorekin $7,4^\circ$ -ra.
- 3** Gehieneko librazioa latitudean ($b = 6,64^\circ$).
- 6** Gehieneko librazioa longitudean ($l = 7,53^\circ$). Une egokia da Hego poloa miresteko.
- 7** 15:43an, Ilbehera.
- 10** 08:06an, goranzko nodotik pasatuko da.
- 12** 09:36an, apogeoetik pasatuko da (Lurrarekiko distantziarik handiena).
- 15** 21:02an, Ilberria.
- 17** 06:08an, konjuntzio geozentrikoan Artizarrekin 6° -ra.
- 19** Gutxieneko librazioa latitudean ($b = -6,56^\circ$).
- 21** 00:31n, konjuntzio geozentriko Pleiadeekin $0,3^\circ$ -ra.
Gutxieneko librazioa longitudean ($l = -6,27^\circ$).

Beste efemeride batzuk

- 1** Astelehena. Eguedian, 2.455.257. egun juliotarra hasiko da; Kristo aurreko 4713ko urtarilaren 1eko eguerditik igaro diren egunak dira horiek. Kalkulu astronomikoak errazago egiteko erabiltzen da datu hori. XVII. mendeko erudito frantses batek, Joseph Justus Scaliger-ek, zehaztu zuen data hori, garai hartako hiru ziklorik garrantzitsuenek bat egiten zutelako: 28 urteko eguzki-zikloa, 19 urteko ilargi-zikloa eta erromatar zergen 15 urteko zikloa, "erromatar indizio" deiturikoa.
- 12** Eguzkia, itxuraz, Piscis konstelazioan sartuko da ($351,45^\circ$).
- 20** 17:32an, martxoko ekinozioa. Udaberriaren hasiera Ipar hemisferioan.
Astrologiaren arabera, Eguzkia Ariesen sartuko da (0°). Itxuraz, Piscisen konstelazioan egongo da astronomikoki apirilaren 19ra arte. Prezesio-mugimenduaren ondorioz, Piscisen izango da Aries puntua deritzona.
- 24** Birjinida izeneko izar iheskorren maximoa.
- 28** Europako Batasuneko herrialdeak udako ordutegian sartuko dira: goizaldeko ordu bietan hirurak arte aurreratu beharko da erlojua. Aurten, urriaren 31ra arte izango dugu ordutegi hori.

- 23** 11:01ean, Ilgora.
- 24** 13:03an, beheranzko nodotik pasatuko da.
- 25** 12:15ean, konjuntzio geozentrikoan Marterekin $4,3^\circ$ -ra.
- 28** 04:46an, perigeotik pasatuko da (Ilargiaren eta Lurraren arteko distantziarik txikiena).
- 29** 12:29an, konjuntzio geozentrikoan Saturnorekin $7,4^\circ$ -ra.
- 30** 02:26an, Ilbetea.
- 31** Gehieneko librazioa latitudean ($b = 6,53^\circ$).

martxoa 2010

A	A	A	O	O	L	I
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Planetak

Ikusgaiak

Goizez: Saturno.
Arratsalde: Merkurio (hilaren 22tik aurrera), Artizarra, Marte eta Saturno.
Gauetz: Marte eta Saturno

Merkurio

Goi-konjuntzioan egongo da hilaren 14an, eta ez da behatzerik izango hilabeteko egun gehienetan. Arratsalde ikusi ahal izango da hilaren 22tik aurrera, eta, oskarbi dagoenean, $-1,5$ eko magnitudeaz distiratu du. Hilaren 31n, Eguzkia baino ordu eta erdi geroago sartuko da, $-0,9$ ko magnitudearekin. 22 h eta 1 h bitarteko igoera zuzena. -13° eta $+06^\circ$ bitarteko deklinazioa. Aquariusen izango da, eta Piscisera igaroko da. Ikusten den uneetan, $-1,8$ tik $-0,9$ ra jaitsiko zaio magnitudea.

Artizarra

Eguzkia baino ordubete geroago ezkutatu da hilaren 1ean, eta ordu eta erditik gorako

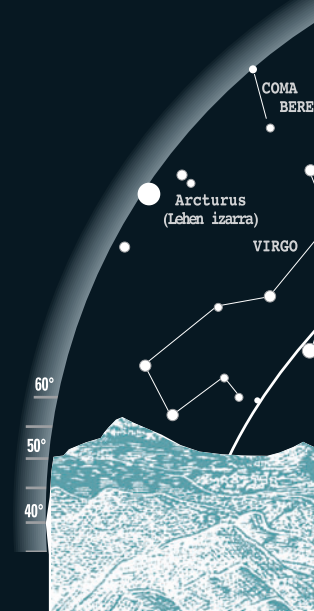
tartearekin hilaren 31n. Ekliptikaren inklinazioa lagun, bizkor-bizkor handituko zaio altuera, eta ia 8° -ra iritsiko da hilean zehar. Horri esker, gero eta errazagoa da hura behatzea. 23 h eta 1 h bitarteko igoera zuzena. -04° eta -10° bitarteko deklinazioa. Aquariusen hasiko du hila. Gero, Piscisera igaroko da berehala, sartu-irten bat egingo du Cetusen, eta, ondoren, berriz itzuliko da Piscisera. $-3,9$ ko magnitudea izango du.

Marte

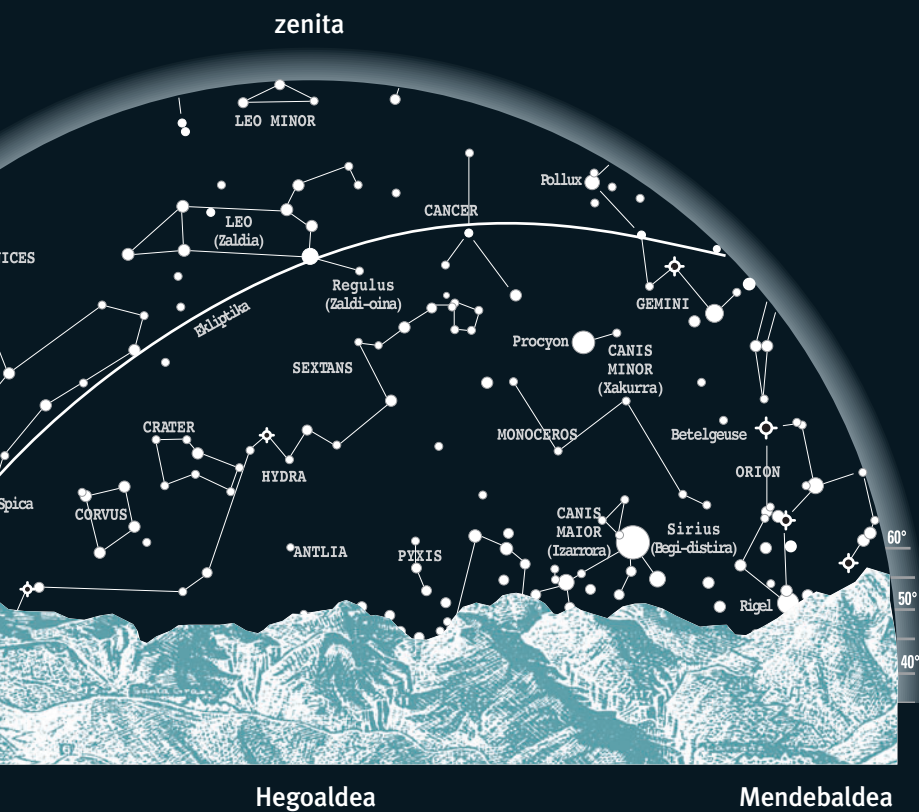
Eguzkia sartu baino lau ordu lehenago aterako da hilaren 1ean, eta sei ordu baino gehiagoko tartearekin 31n. Gure meridianotik pasatuko da gauaren hasieran; oso goitik, Hegoaldeko horizontearen gainetik. Hilaren 10ean, egonkor izango da; eretrogradazio-begiztarekin segituko du, ekliptikatik ekialderanzko mugimenduari jarraitzeko. 8 h-ko igoera zuzena. $+23^\circ$ -ko deklinazioa. Hil osoan Cancerren izango da. Magnitudea $-0,5$ etik $0,1$ era aldatuko zaio.

Zerua

2010eko martxoaren
15eko 23:30ekoa



Ekialdea



Hilaren 25ean, Ilgoraren ondoan ikusi ahal izango da.

Jupiter

Itxuraz, Eguzkitik hurbilegi dago, eta, beraz, ezin da behatu. 23 h-ko igoera zuzena.

-8° eta -06° bitarteko deklinazioa.

Aquariusen. -2,0ko magnitudea.

Saturno

Oposizioan hilaren 22an (2011ko apirilaren 3an izango da hurrengoa); eratzunek 3,1°-ko inklinazioa izango dute. Virgoren mendebaldean izango da, eta 45°-tik gorako altueran igaroko da meridianotik. Une ezin hobe izango da behatzeko. Titan sateliteak 8,3ko magnitudea izango du, eta disko-forma ikusi ahal izango da. 12 h-ko igoera zuzena. 02°-ko deklinazioa. Hil osoan Virgon izango da. 0,7ko magnitudea izango du.

Hilaren 2an, Ilbeheraren ondoan ikusi ahal izango da.

Hilaren 2an, 18:53an, Titan elongaziorik handienean planetatik mendebaldera.

Hilaren 10ean, 20:59an, Titan elongaziorik handienean planetatik ekialdera.

Hilaren 18an, 16:20an, Titan elongaziorik handienean planetatik mendebaldera.

Hilaren 26ean, 18:26an, Titan elongaziorik handienean planetatik ekialdera.

Urano

Ezin izango da behatu hil honetan. 23 h-ko igoera zuzena. -02°-ko deklinazioa. Piscisen egongo da, eta 6,0 magnitudea izango du.

Neptuno

Ezin izango da behatu hil honetan. 22 h-ko igoera zuzena. -13°-ko deklinazioa. Capricorniusen izango da, eta Aquariusera igaroko da hilaren bukaeran; 8,0ko magnitudea izango du.

Behatzeko proposamena

Begi hutsez:

Nahiz eta ekliptikaren mendebaldeko horizontearen gaineko angelua txikitu egiten den Eguzkia sartutakoan, arratsaldean oraindik ere ikus daiteke argi zodiakala Ilargirik ez dagoen egunetan. Argi ahuleko kono bat da, eguzki-argia planeten inguruan orbitatzen duten partikula mikroskopikoen gainean islatzen denean sortzen dena. Horizontearen 10-20° hartzen ditu, eta 40-60° ere igotzen da ekliptikatik. Behatzeko, jakina, ezinbestekoa da zeruan argi-poluziorik ez izatea.

Hilaren 3an, Perseuseko Algol izar aldakorren distira minimoa; 3,3ra iritsiko da haren magnitudea. Hileko gainerako minimoak 5ean, 8an, 11n, 14an, 17an, 20an, 23an, 25ean, 28an eta 31n izango dira. Izar aldakor gisa identifikatutako lehen izarretako bat izan zen Algol. Maximoan, 2,1eko distira du; beraz, erraz ikusten da begi hutsez hirietako erdipurdiko zeruetan ere. Horrela, errazagoa da haren jarraipena egitea. Haren distira-aldaketa egiaztatzeko, hurbileko Almach (Gamma Andromeda) izarrarekin erka daiteke; 2,1eko magnitudearekin, egonkorra da Almach.

Hilaren 4an, Delta Cephei izar aldakorren distira maximoa; magnitudea 4,5etik 4,4ra aldatzen zaio 5,37 egunean behin. Hilaren 9an, 15ean, 20an, 26an eta 31n izango dira beste maximoak.

Hilaren 5ean, Eta Aquilae zefeida-motako izar aldakorren distira maximoa; magnitudea 3,5etik 4,4ra aldatzen zaio 7,18 egunean behin. Hilaren 12an, 19an eta 26an izango dira beste maximoak.

Hilaren 20an, ilunabarraren amaieran, Ilgora fin bat ikus daiteke, errautes-koloreko argia duena, Pleiadeetatik oso hurbil. Argiztatu gabeko aldean, Tycho kratera ikus daiteke.

Teleskopioarekin:

Saturno ikusteko une egokia.

13ko eta 20ko asteburuetan, behatzeko kondizioak bikainak izango dira Messier maratoia egiteko; tresna batekin gau bakar batean katalogo honetako ahalik eta objektu gehien ikustean datza.

* Hilaren 28ra bitartean, gehitu ordu bat denbora ofiziala kalkulatzeko. Handik aurrera, gehitu bi ordu.

Entxufedun erreleboa



Esan eta esan ari zaizkigu: badator auto elektrikoa. Badator bai, nahiz eta oraindik bidea gelditzen zaion. Izan ere, asko dago hobetzeko eta erabakitzeke, bai ikuspegi teknologikotik bai ikuspegi ekonomiko-komertzialetik. Baina lasterketa zitzu bizian abiatu da, eta negozio-aukera handiak sortuko dira garaileentzat. Era berean, erreleboak eragin nabarmena izango du erabiltzaileen bizi-ohituretan eta azpiegituren antolaketan. ARG.: THE NEWSMARKET.



Manuel Carreiras

Orduak eta orduak igarotzen ditugu batarekin zein bestearekin hitz egiten; komunikatzen, alegia. Mintzaira da gizakiok horretarako dugun komunikazio-tresna. Komunikazio hori nola egiten den, gure garunak nola prozesatzen duen, elebitasuna eta abar ikertzen jardun du Manuel Carreiras galiziarrek hainbat urtean. Gaur egun, Donostiako BCBL Basque Center on Cognition Brain and Language zentro berriaren zuzendaria da, eta harekin egin dugu hitzordua.

ARG.: JON URBE/ARGAZKI PRESS.

Argitaratzailea:

Elhuyar Fundazioa
Zelai Haundi, 3.
Osinalde industrialdea
20.170 USURBIL (Gipuzkoa)
tel. 943 36 30 40;
Faxa: 943 36 31 44
www.zientzia.net/elhuyar



Zuzendaria: Eider Carton, e.carton@elhuyar.com

Erredakzio-burua: Egoitz Etxebeite, e.etxebeste@elhuyar.com

Zientzia-arduraduna: Guillermo Roa, g.roa@elhuyar.com

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

Hizkuntza-arduradunak: Eider Arrizabalaga, Sagrario Barandiaran, Saroi Jauregi eta Alfontso Mujika.

Erredakzio-taldea: Egoitz Etxebeite, Ana Galarraga, Irati Kortabitarte, Oihane Lakar, Amaia Portugal, Nagore Rementeria, Guillermo Roa.

Zenbaki honetako kolaboratzaileak: Lorea Arakistain, Jesus Mari Aizpurua, Arturo Elosegi, Dani Fano, Igor Leturia, Josexto Minguez (Aranzadi Zientzia Elkarte), Rosario Sanchez.

Jatorrizko diseinua: BLANCO soluzio grafikoak

Azalaren diseinua: BLANCO soluzio grafikoak

Azaleko argazkia: © Bobbie Sandlin/123RF

Diseinua eta maketa: Virginia Larrarte

Inprimatzailea: mccgraphics Danona

Banaketa: Guinea-Simo (Bilbo); Elkar (Donostia); Badiolan Difusion S.L. (Irun); Distribuidora Gorbea (Gasteiz).

Harpidetzak: Izaskun Etxebeite, harpidetza@elhuyar.com.

Paperean eta edizio digitala:

Euskal Herria eta Espainia: 49,50 €*. Beste Herriak: 74 €*.
*Bigarren urtetik aurrera % 15eko beherapena egingo dizugu harpidetza-sarian.

Edizio digitalaren harpidetza: 19 €. Ale digitala: 3,50 €.

© Elhuyar Fundazioa
Lege-gordailua: SS-769/85
ISSN: 213-3687

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

Aldizkariari diruz lagundu dioten erakundeak eta enpresak:



**EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO**

KULTURA SAILA



Gipuzkoako Foru Aldundia



**EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO**

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA,
NEKAZARITZA ETA ARRANTZA SAILA



Gipuzkoako Foru Aldundia

Landa Ingurunearen Garapeneko Departamentua



**BFA
DFB** Bizkaiko Foru
Aldundia
Diputación
Foral de Bizkaia



kutxa

BIHARKO JAKINTZA GAUR

ZIENTZIA ETA TEKNOLOGIAREN HIZTEGI ENTZIKLOPEDIKOA

ELHUYAR ZIENTZIA ETA TEKNOLOGIAREN HIZTEGI ENTZIKLOPEDIKOA KALEAN

- ▶ Zientziaren eta teknologiaren arlo guztietako informazioa biltzen duen lehen hiztegi entziklopedikoa
- ▶ 200 aditu baino gehiagoren artean egina
- ▶ Ingelesa-euskara, gaztelania-euskara eta frantsesa-euskara terminoen zerrendak
- ▶ Artikulu entziklopedikoak eta irudiak



ELHUYAR
fundazioa



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea



CAJA LABORAL
EUSKADIKO KUTXA

% 5eko
deskontua
www.elhuyar.org
/edizioak
helbidean

