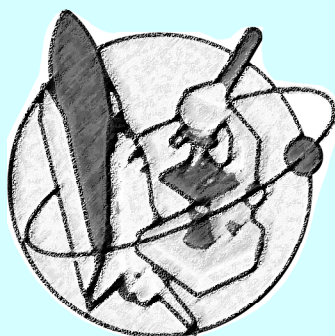


## Zientzia XXI. mendean



Sinpletasunetik konplexutasunerantz

P.M. ETXENIKE / J.M. PITARKE / F. PLAZAOLA



Zientziaren kultur erronkak. ANDONI IBARRA



*Iritzi bilketa:* • JULIO ABASCAL / KEPA SARASOLA

• KEPA ALTONAGA

• FERNANDO P. COSSIO / JESUS M. UGALDE

• XABIER EIZAGIRRE

• INAKI IRAZABALBEITIA

• JOSE MARIA URKIA

---

*Egunen gurpilean*

JOSEBA BALERDI • URTZI URRUTIKOETXEA

• IÑAKI MARTINEZ DE LUNA • AMATIÑO

# JAKiN

*125*

uztaila  
abuztua  
2001



*Aldizkari hau ARCEko kidea da*  
(ARCE: Asociación de Revistas Culturales de España)

---

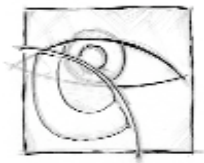


*Aldizkari honek Gipuzkoako Foru Aldundiko Kultura  
eta Euskara Departamentuaren laguntza jaso du*

---



*Eusko Jaurlaritzako Kultura Sailak diruz lagundutako aldizkaria*



*Zenbaki honetan*

---

► 7

*Gai nagusia*

---

**Zientzia XXI. mendean**

Sinpletasunetik konplexutasunerantz, milurteko  
berriaren atarian ► 11

PEDRO MIGUEL ETXENIKE / JOSE MARIA PITARKE /  
FERNANDO PLAZAOLA

Zientziaren kultur erronkak. Kultura modernoa zientifikoki  
islatutako kultura gisa ► 43

ANDONI IBARRA

*Iritzi bilketa: Zientziaren erronkak XXI. mendean* ► 71

JULIO ABASCAL, KEPA SARASOLA / KEPA ALTONAGA /  
FERNANDO P. COSSIO, JESUS M. UGALDE / XABIER EIZAGIRRE /  
INAKI IRAZABALBEITIA / JOSE MARIA URKIA

*Ēgunen gurpilean*

---

JOSEBA BALERDI • URTZI URRUTIKOETXEA ► 115  
• INAKI MARTINEZ DE LUNA • AMATIÑO

© JAKIN

JAKINeko idazlanez inon baliatzerakoan  
aipa bedi, mesedez, iturria

JAKIN

aldizkari irekia da eta ez dator nahitaez  
idazleen iritziekin bat

ZUZENDARIA

Joan Mari Torrealdai

ERREDAKZIO-ARDURADUNA

Xabier Eizagirre

KONTSEILU EDITORIALA

Paulo Agirrebaltzategi, Joxe Azurmendi, Joseba Intxausti

IDAZKARITZA ETA ADMINISTRAZIOA

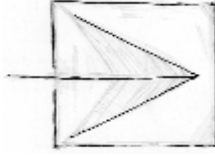
Tolosa Hiribidea, 103-1.C / 20018 Donostia  
Tel. 943 21 80 92 / Fax 943 21 82 07  
jakin@jalgi.com

---

2001eko PREZIOAK

BARRUAN	HARPIDEDUNA	EZ HARPIDEDUNA
Harpidetza	6.000 pzta. (36,06 euro)	—
Ale arrunta	1.000 pzta. (6,01 euro)	1.350 pzta. (8,11 euro)
KANPOAN		
Harpidetza	6.500 pzta. (257 FF / 39,07 euro)	—
Ale arrunta	1.100 pzta. (43,5 FF / 6,61 euro)	1.550 pzta. (61,29 FF / 9,32 euro)

## Summary



### Science in the 21st century

- *From simplicity towards complexity at the beginning of the new millennium*

The professors Pedro Miguel Etxenike, Jose Maria Pitarke and Fernando Plazaola reflect on the main challenges facing science in the 21st century. They start by showing the most important scientific advances of the 20th century (above all in the field of physics) so as to subsequently attempt to predict the main areas of growth in science and technology in the future in the fields of basic science, neuroscience, nanotechnology, computers, biotechnology, fusion energy and climatology. ► PEDRO MIGUEL ETXENIKE / JOSE MARIA PITARKE / FERNANDO PLAZAOLA

- *Cultural challenges facing science. Modern culture as scientifically reflected culture*

The professor Andoni Ibarra suggests to us a new vision of science as a phenomenon and activity that may socially and culturally be contextualized, and reflects on matters and challenges posed by science from this point of view: the conflictive relationship between social/human sciences and natural sciences; the contribution of natural science and technology to culture and the need for its reconceptualization; the need to enrich the traditional ethics of science and the reconsidering of the traditional relationship existing between scientists and their public. ► ANDONI IBARRA

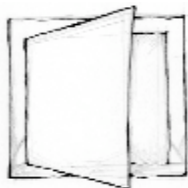
### • *Opinions around the challenges facing science in the 21st century*

Diverse teachers and authors express their vision of the main challenges facing science in the 21st century. Thus, each one stresses multiple questions from their own individual viewpoint: Julio Abascal and Kepa Sarasola on precautions in the field of computers, Kepa Altonaga on the critical situation facing biodiversity, Fernando P. Cossío and Jesus M. Ugalde around the nature of modern scientific research, Xabier Eizagirre on the emerging new social contract for science, Inaki Irazabalbeitia on the importance of socialization in science and Jose Maria Urkia on challenges facing medicine in the third millennium. ▶ *Various Authors*



### News today

This gathers together cultural information focusing on the present from various areas and perspectives. This year we shall be closely following culture, sociolinguistic, communication and literary-related matters. This section draws on various specialists: Joseba Balerdi, Iñaki Martínez de Luna, Amatiño and Urtzi Urrutikoetxea. ▶ *Various Authors*



*e*skuetan duzun hau bigarren aldiko 125. zenbakia da eta 2001. urteko laugarrena.

Zenbaki honetako *Gai nagusia* sailean, egungo bizi-moduan, gizartean eta kulturaren berebiziko eragina duen jarduera bat jorratzen da: zientzia, hain zuen ere. Horrela, XXI. mendean zientziak aurkitu ditzakeen erronkei heldu nahi izan diegu sail honetan: ikerketa zientifiko-teknologikoaren esparru nagusiak zeintzuk izan daitezkeen; gizarte, natur eta ingurumen mailako zein arazo nagusiri egin beharko dien aurre; gizartearentzat zein naturarentzat zein arrisku ekar ditzakeen zientzia eta teknologiaren aurrerakuntzak; gizarte zibilari zein funtzio eta betebeharrak dagozkion auzi hauetan.

Hiru atalek osatzen dute sail hau. Lehenik bi artikuluko datoz, eta, ondoren, gai nagusiaren inguruan burututako iritzi bilketa bat.

Lehenengo artikuluan, Pedro Miguel Etxenike, Jose Maria Pitarke eta Fernando Plazaola irakasleek XXI. mendeko zientziaren erronka nagusiei buruz dihardute. Haste-ko, XX. mendeko zientzi aurrerapen garrantzitsuenak aurkezten dituzte (batik bat fisikaren alorrekoak). Ondoren, zientzia eta teknologiaren garapen nagusiak zein izan daitezkeen auresaten saiatzen dira, batik bat honako esparruak landuz: oinarrizko zientziak, neurozientzia, nanoteknologia, konputagailuak, bioteknologia, fusio energia eta klimatologia.



Bigarren artikuluan, zientzia sozialki eta kulturalki kontestualizatutako jarduera gisa aurkezten digu Andoni Ibarra irakasleak. Ikusmolde honen arabera zientziari planteatzen zaizkion auzi eta erronka nagusiei buruz egiten du gogoeta Ibarrak: giza/gizarte zientzien eta natur zientzien arteko erlazio gatazkatsua, natur zientziak eta teknologiak kulturari egindako ekarpena eta berau birkontzeptualizatzekeo beharra, zientziaren etika tradizionala hornitzeko beharra, eta zientzialariaren eta publikoaren arteko harreman tradizionalen birplanteamendua.

Sail honetako azken atalean hainbat aditurengana jo dugu XXI. mendean zientziak izan ditzakeen erronkei buruz galdeginez. Horrela, norberak bere ikuspegitik, hainbat auzi ukitzen dituzte beren artikuluetan: Julio Abascal eta Kepa Sarasolak informatikaren esparrua jorratzen dute, Kepa Altonagak biodibertsitatearen krisia, Fernando P. Cossío eta Jesus M. Ugaldek egungo zientzi ikerkuntzaren nondik norakoak, Xabier Eizagirrek zientziarentzako gizarte kontratu berria, Inaki Irazabalbeitiak zientziaren sozializazioaren garrantzia eta Jose Maria Urkiak medikuntzaren erronkak.

*Egunen Gurpilean* saila dator azken orrialdeetan. Ohi denez, azken hilabeteotako berrien iruzkin labur eta bi-ziak dakartzate Joseba Balerdik Kultura alorrean, Urtzi Urrutikoetxeak Literaturan, Iñaki Martinez de Lunak Soziolinguistikan eta Amatiñok Telepolis atalean. ¶

.....

# Sinpletasunetik konplexutasunerantz, milurteko berriaren atarian

\*  
P. M. ETXENIKE / J. M. PITARKE /  
F. PLAZAOLA  
\*

b

ukatu berria den XX. mendean iraultza zientifiko paregabea ezagutu dugu. Albert Einstein-ek 1919. urtean Isaac Newton-en teoria grabitazionala ordezkatzeko zuen erlatibitate orokorra plazaratu zuen eta 1920ko hamarkadan fisikari bikainen uholde batek teoria kuantikoa garatu zuen. Erlatibitatearen teoriak espazioaren eta denboraren kontzeptuak erabat aldarazi zituen, haien ustezko izaera unibertsal eta aldaezina arbuiatuz, eta teoria kuantikoak auresankortasun, kausalitate eta objektibotasunaren ideia klasikoak buruz behera jarri zituen. Bi teoria iraultzaile horiek esparru ezberdinetan behin eta berriro esperimenterik frogatuak izan dira, baina biak bil litzakeen teoria bateraturik ez dago. Elkarrekintza elektromagnetiko eta nuklearrak (nuklear ahula eta nuklear bortitza) barne hartzen dituen teoria kuantikoa badugu (horri Eredu Estandarra deritzo), baina teoria kuantiko osatu hori elkarrekintza grabitazionalaren Einstein-en teoriarekin bat egiteko asmoz burutu diren saiakerak guztiak alferrikakoak izan dira. Hauxe da, bada, dator-

---

► **P.M. Etxenike, J.M. Pitarke eta F. Plazaola** EHUko Materialen Fisika, Materia Kondentsatuaren Fisika, eta Elekrika eta Elektronika Sailetako irakasleak dira, hurrenez hurren. Lehen biak Donostia International Physics Center-eko (DIPC) kide dira.

kigun milurteko berr i a ren erronka nagusietariko bat, aipaturiko bi teoria horien arteko bat-egiteak Unibertsoaren jatorriaren deskribapen osatua ahalbidetuko lukeelarik, besteak beste.

XX. mendean zehar garaturiko teoria kuantikoen helburu nagusietariko bat sinpletasunaren bilaketan datza. Hori oinarritzko partikulen fisika dugu, non materiaren osagaiarik oinarri-oinarritzkoenak eta beraien jokabidea arautzen duten legeak bilatzen diren. Alabaina, oinarritzko partikulen jokabidearen ezagutza beharrezkoa izanik ere, partikula askok bat eginez materia osatzen dutenean propietate berriak sortzen dira, banakako partikulen propietateetatik ondorioztatu ezin diren propietate emergenteak, hain zuzen ere. Fase likido eta solidoan dagoen materiaren jokabidea arautzen duena materia kondentsatuaren fisika dugu, beronek inguratzen gaituen munduaren konplexutasunaren azterketa helburu duelarik. Materia kondentsatuaren ulermena mekanika kuantikoari zor zaio, non materia osatzen duten nukleo positiboak eta elektroi negatiboak arteko Coulomb-en elkarrekintza Pauli-ren elkarrezintasunaren printzipioarekin bildu egiten den.

Inguratzen gaituzten fenomeno fisikoak deskribapenaren maila bakoitzak berezko logika, matematika eta fenomenologia ditu; beraz, unibertsoaren teoria bateratu hura izango bagenu ere konplexutasunerako bidea luzea izango litzateke.

## XX. mendeko lorpenak

### Erlatibitatea, astrofisika eta kosmologia

Einstein-ek 1905. urtean erlatibitatearen teoria berezia argitaratu zuen, translazio-higidura erlatibo uniformeak duten erreferentzi sistema guztiak baliokideak direla eta argiaren hutseango abiadura aldaezina dela postulatu. Postulatu horiek espazio eta denboraren kontzeptuen berazterketa sakona ekarri zuten, aldiberekotasunaren erlatibotasuna agerian jarritz eta ondorio astronomiko ga-

rrantzitsuak izango zituen argiaren Doppler lerrakuntza erlatibista auresanez, besteak beste.

Doppler lerrakuntzaren erabilpen interesgarrienetariko Edwin Hubble astronomoak egin zuen. 1920, 1930 eta 1940ko hamarkadetan urruti dauden galaxietako hainbat izarren erradiazioa aztertu zuen, eta izarren berezko distira ezaguna erabiliz izarren eta Lurraren arteko distantziaren berri eman ahal izan zuen. Hubble-k urrutiko izar gehienek espektroak gorriantzez lerratuak daudela aurkitu zuen, izar horiek guregandiko distantziarekiko proportzionala den abiaduraz urrutiratzen ari direla erakutsiz. Izan ere, izar eta galaxia guztiak elkarrekiko urrutiratuz higitzen direla frogatu ahal izan da, puzten ari den puxika batean margoturiko puntuekin gertatzen den bezalaxe. Elkarrengandik urrutiratu egiten diren galaxien eredu hori leherketa handia (*big bang*) izeneko teoria kosmologikoaren oinarria dugu, teoria horren arabera unibertsoa puntu bakarrean hasi eta azkar zabaltzen ari delarik.

Einstein-ek 1911. urtean baliokidetasunaren printzipioa plazaratu zuen. Printzipio horren arabera, behaketak espazio eta denboraren ingurune txiki batean gauzatzen direla emanik, erreferentzi sistema azeleratu baten eta era egokian aukeraturiko azeleratu gabeko erreferentzi sistema baten artean esperimenterik bereizteko modurik ez dago. Izan ere, beraz Einstein-ek berak 1919. urtean argitaratu zuen erlatibitatearen teoria orokorraren oinarriko printzipioa dugu. Printzipio horren ondorioen artean grabitazioaren eraginpeko argiaren deflexioa eta gorriantzeko lerrakuntza ditugu, biak esperimenterik zehaztasun handiz frogatuak izan direlarik. Are gehiago, grabitazioa handituz doan heinean gorriantzeko lerrakuntza grabitazionala ere handitu egiten da, eta grabitazioa oso bortitza denean argiaren maiztasuna zerora lerratua egotea, hots, argia ikusteko modurik ez egotea gerta daiteke. Orduan, Einstein-en grabitazioaren teoriak auresaten duen zulo beltza sortu dela diogu. Diogun, bestalde, Einstein-en teoriak zabalduz doan unibertsoaren bilakaera zehaztasun handiz auresateko gaitasuna erakutsi duela.

Erlatibitatearen teoriak energia eta masa bereizteko modurik ez dagoela diosku. Unibertsoaren hastapenetako masa-dentsitatea oso handia zenez, energi dentsitatea ere oso handia genuen, eta termodinamikak tenperatura ere oso handia izango zela erakusten digu. 1940 eta 1950eko hamarkadetan George Gamow-ek eta bere lankideek hastapenetako unibertso bero hura erradiazioz beterik zegoela proposatu zuten, eta 1965. urtean Arno Penzias-ek eta Robert Wilson-ek mikrouhinen hondo-erradiazioa aurkitu zuten, 300.000 urteko unibertso txikiaren erlikia hain zuzen ere, leherketa handiaren teoriaren froga esperimental garrantzitsua eskainiz.

Hala ere, leherketa handiaren ereduak azalpenik gabe uzten zituen zenbait arlo bazeuden. Alan Guth-ek 1980. urtean unibertsoaren eredu inflazionarioa plazaratu zuen, unibertsoaren zabalkuntzak jatorrizko aldiuneetan eta oso denbora-tarte txikian azelerazio handia jasan zuela baieztatuz. Eredu horrek lehen argitzeke zeuden arazo batzuk argitzen ditu, baina unibertsoaren bilakaera osatua izan ahal izateko erlatibitate orokorra eta teoria kuantikoa bilduko lituzkeen grabitazioaren teoria kuantiko osatu baten zain egon behar izango dugu.

## Iraultza kuantikoa

Iraultza kuantikoa sortarazi zuen lehen urratsa gorputz berotuek igorritako erradiazioaren azterketan koka dezakegu. Gorputz berotuek ingurunea argitu egiten dutena gauza jakina da, tenperatura igotzearekin batera igorritako erradiazioa gero eta argitsuagoa delarik. Alabaina, gorputz berotuek igorritako erradiazioaren espektroa ulertzeko asmoz buruturiko ahalegin guztiek porrota baino ez zuten aurkitu, XX. mendearen atarian Max Planck-ek argia igortzen duten elektroibibrakorren energia kuantizaturik dagoela proposatu zuen arte. Planck-en hipotesiaren arabera, bada, elektroibibrakorren energiak balio jakin batzuk soilik izan ditzake,  $E=h\nu$  energiaren anizkoitzak, hain zuzen ere,  $\nu$  delakoa igorritako erradiazioaren

maiztasuna izanik eta  $h$  delakoa konstante unibertsala delarik: Planck-en konstantea.

Erradiazio elektromagnetikoa igortzen duten elektroibibrakoren energia kuantizaturik dagoela onartuz, Einstein gazteak 1905. urtean erradiazioa bera ere kuantizaturik dagoela proposatu zuen, efektu fotoelektrikoaren azalpen zehatza eman zuelarik. Izan ere, esperientziak erakusten duenez, metal baten gainazalera argia heltzen delarik partikulak (fotoiak) zurgatzen dira, beste erako esperimentuetan argiaren uhin-izaera agerian jartzen bada ere.

Teoria kuantikoaren sorreraren lehen urratsa erradiazioaren izaeraren azterketa izan zelarik, bigarren urratsa materiaren nolakotasunari buruzko eztabaidan aurki dezakegu. Rutherford-ek 1911. urtean plazaraturiko eredu atomikoaren arabera, atomoa nukleo positiboak eta elektroiek osatzen dute, elektroiak nukleoarekiko biraka ari direlarik. Teoria elektromagnetikoak erakusten duenez, aldiz, elektroia azeleratu horiek erradiatu egingo lukete, energia galduz eta oso denbora laburrean nukleoarekin topo eginez; alegia, materia ez litzateke egonkorra izango. Rutherford-en eredu atomikoa ontzat emanik —partikulekin eginiko esperimentuetan oinarriturikoa baitzen— eta atomoetako elektroiek etengabe erradiatzeko erakusten duten ezintasuna onartuz, 1913. urtean Niels Bohr-ek hauxe proposatu zuen: atomoetako elektroiek egoera geldikor jakinak izan ditzakete, haietariko bat oinarritzko egoera izanik, egoera jakin batetik bestera ‘jauzi’ egiten duten bakoitzean fotoi bat igortzen dutelarik. Elektroiak oinarritzko egoera duenean erradiatzeko modurik ez dago eta atomoa egonkorra dugu, beraz. Are gehiago, Bohr-en ereduak hidrogeno-atomoaren igorpen eta zurgapen espektroak zehaztasun handiz deskribatzeko gaitasuna erakutsi zuen. Bere ereduaren arrakasta ikusita ere, Bohr-ek teoria fisiko berria aurkitu beharra zegoela aurreikusi zuen, horretarako fisikari bikainak bildu zituelarik. 12 urte igaro ondoren, fisikarien belaunaldi berri batek teoria kuantikoa garatu ahal izan zuen.

1923. urtean Louis de Broglie-k bere doktorego-tesian ideia berri bat plazaratu zuen. Alegia, argiak partikula-izae-

ra erakuts dezakeen era berean, partikulei ere uhin-izaera dagokie, uhinaren uhin-luzeraren ( $\lambda$ ) eta partikularen momentuaren ( $p$ ) arteko biderkadura Planck-en konstantearen berdina izanik:  $\lambda p = h$ . Iraultza kuantikoa 1925-1928 urteetan gauzatu zen, Pauli, Heisenberg, Born, Jordan, Schrödinger, Dirac eta Bohr fisikarien eskutik.

Asko izan ziren 1925-1928 urteetan plazaraturiko ideia berriak: Wolfgang Pauli-k elkarrezintasunaren printzipioa plazaratu zuen, bi elektroik egoera kuantiko berbera izateko duten ezintasuna aldarrikatuz eta elementuen taula periodikoaren oinarri teorikoa ezarriz; Werner Heisenberg-ek, Max Born-ek eta Pascual Jordan-ek Mekanika Matriziala garatu zuten; Erwin Schrödinger-ek Uhin-Mekanika asmatu zuen, sistema fisiko baten egoera uhin-funtzio baten bidez adierazita datorrela proposatuz; Heisenberg-ek Ziurgabetasunaren Printzipioa plazaratu zuen; Paul Dirac-ek elektroien spina barne hartzen duen uhin-ekuazio erlatibista garatu zuen, antimateriaren izaera auresanez; Dirac-ek berak eremuen teoria kuantikoaren oinarriak ezarri zituen; eta Bohr-ek Osagaritasunaren Printzipioa plazaratu zuen, uhin-partikula bikoiztasunaren interpretazio sakona emanez. 1928. urtean Mekanika Kuantikoaren oinarriak ezarrita zeuden.

Mekanika Kuantikoaren arrakasta berehalakoa izan zen. Schrödinger-en uhin-ekuazioaren soluzio zehatza Born-en interpretazio probabilistikoarekin bilduz hidrogeno-atomoaren espektroaren jatorri teorikoa ezarri zen. Helio-atomoaren egitura ere zehaztasun handiz auresan ahal izan zen, Schrödinger-en ekuazioaren soluzio hurbilduaren bitartez, eta berehala John Slater-ek, Douglas Rayner Hartree-ek eta Vladimir Fock-ek gaineratiko atomoen uhin-ekuazioa askatzeko teknika berriak garatu zituzten. Fritz London-ek eta Walter Heitler-ek hidrogeno-molekularen egitura azaldu zuten eta Linus Pauling-ek kimika teorikoaren oinarriak ezarri zituen. Metaletako elektroien teoriaren oinarriak Arnold Sommerfeld-ek eta Pauli-k ezarri zituzten, eta Felix Bloch-ek solidoen banden teoria garatu zuen. Hurrengo hamarkadan Hans Bethe-k fisika nuklearraren oinarriak ezarri zituen. Elektroien eta fotoien arte-

ko elkarrekintza barne hartzen duen elektrodinamika kuantikoa (QED) 1940ko hamarkadan osatu zuten Richard Feynman-ek, Julian Schwinger-ek eta Sin-Itiro Tomonaga-k. Teoria horren aurrean kortasun ikaragariaren adibidea elektroien baten eta eremu magnetikoaren arteko elkarrekintza intensitatea dugu, magnitude horren aurrean teorikoaren eta neurketa esperimentalaren arteko adostasunaren doitasuna 1.000.000.000.000tik 2koa delarik.

## Partikulen fisika

Elektrodinamika kuantikoak partikula kargatuen arteko elkarrekintza elektromagnetikoak deskribatzen ditu, elkarrekintza horiek masa gabeko fotoiak trukatzuz gauzatzen direlarik. Halaber, kromodinamika kuantikoak (QCD) masa gabeko gluoiak trukatzuz gauzatzen den elkarrekintza nuklear bortitzaren berri ematen du eta nukleoetako protoi eta neutroien osagaien, hots, *quarken* jokabidea arautzen du. Alemaniako DESY laborategiko zientzialariek 1979. urtean gluoiak aurkitu zituzten.

Sheldon Glashow-ek, Steven Weinberg-ek eta Abdus Salam-ek 1960ko hamarkadan elkarrekintza elektromagnetikoa eta  $\square$  desintegrazioari dagokion elkarrekintza nuklear ahula biltzen dituen teoria bateratua plazaratu zuten. Teoria horrek elkarrekintza nuklear ahula masadun partikula kargatuak ( $W^+$  eta  $W^-$ ) nahiz neutroak ( $Z^0$ ) trukatzuz gauzatzen dela iragarri zuen, eta Geneva-ko CERN laborategiko zientzialariek 1983. urtean partikula horiek aurkitu zituzten. Era berean, elkarrekintza grabitazionala grabitazioak trukatzuz gauzatzen delako ustea zabaldua dago, baina partikula horien aztarnarik ez da aurkitu.

Eredu Estandarrak naturan eragiten duten oinarritzko lau elkarrekintzetatik (elektromagnetikoa, nuklear ahula, nuklear bortitza eta grabitazionala) lehen hirurak deskribatzen ditu, arrakasta handiz, oinarritzko partikulekin buruturiko esperimentu guzti-guztiak doitasun handiz azaltzeko gaitasuna erakutsi duelarik. Ostera, eredu estandarrek esperimentutik ateratako zenbait parametro aske ditu



eta unibertsoaren teoria osatua izatetik urruti dago. Galaxien eraketarako beharrezkoa omen den neutrinoz edota balizko neutralinoz osaturik legokeen eta erradiatzen ez duen materiari materia iluna deritzo, eta haren aurkikuntza eredu estandarra baino haragoko fisikaren berri ematea ahalbidetu lezakeen urrats garrantzitsua izango litzateke. Bestalde, eredu estandarretik kanpo dagokeen fisikaren berri ematen duten teorien artean hauek ditugu: grabitazio semiklasikoa, soken teoria (teoria honen arabera grabitoiak 'sokak' izeneko dimentsio bakarreko izakien kitzikapenak besterik ez dira), begiztako grabitazio kuantikoa (*loop quantum gravity*) eta kosmologia kuantikoa.

Alabaina, gaur eguneko teoria eta ereduez baliaturik oinarritzko partikulen masa eta karga bezalako propietateak aurrezteko modurik ez dago, alde batetik, eta grabitazioaren deskribapen kuantikoa heltzeaz dago, bestetik. Alegia, grabitazioa kuantizatzeke asmoz urteetan buruturiko saiakera guztiak alferrikakoak izan dira, gorago aurreratu dugun bezala, eta askok iraultza berri baten beharizanean gaudela baieztatzen dute.

Iraultza kuantikoa sortarazi zuen eragile erabakigarria gorputz berotuen erradiazioaren neurketa esperimentalak izan zen, garai hartako teorietan baliaturik esperimentu haren berri emateko modurik ez baitzegoen. Halaber, gaur egun oinarritzko ideiak alda litzaketan zenbait esperimentu ulergaitz baditugu, hala nola Greisen-Zatsepin-Kuzmin limitearen gaineko energia duten izpi kosmikoen aurkikuntza nahiz urrutiko iturri astronomikoetatik jasotako energia altuko fotoien detekzioa, biak gaur eguneko teorien arabera ezinezkoak direlarik. Era horretako esperimentuen azalpena erlatibitatearen teoria orokorraren baitango espazio-denbora delakoaren kuantizazioan omen datza, zenbait zientzialariren iritziz, baina grabitazio kuantikoari buruz garatzen ari diren eta garatzeaz dauden ideiak frogatu ahal izateko esperimentu berriak burutu behar dira. Oso zaila da, aldiz, esperimentu horiek abiatzea, elkarrekintza grabitazionala gainerako elkarrekintzekiko oso ahula baita. Izan ere, grabitazioaren kuantizazioaren efektuak Planck-en luzera ( $L_p \sim 10^{-33}$  cm) baino txikia-

goak diren distantzietara mugatzen dira, eta une honetan efektu horiek nabariak bilaka daitezkeeneko laborategiko esperimenduak burutzea ezinezkotzat jo dezakegu. Era horretako esperimenduak heltzear daudekeen ideia berriekin bildu eta kontrastatu ahal izatearen ondorioak gure irudimenetik kanpo daudenaz ziur egon gaitezke.

## Sinpletasunetik konplexutasunerantz

### **Materia Kondentsatuaren Fisika**

Mekanika Kuantikoa plazaratu bezain laster nukleo, atomo, molekula eta solidoen Fisikaren oinarriak ezarrita zeuden. Alabaina, esperientziak sinpletasunetik konplexutasunerantzko bidea luze eta auresanezina dela erakutsi digu, propietate berri eta emergenteen bilaketan, horretarako teknikaren garapenak berak funtsezko zeregina bete duelarik. XX. mendeko materia kondentsatuaren fisikaren bilakaeran aurki ditzakegun bi adibide adierazkor aipatuko ditugu: transistorea eta supereroankortasuna.

Transistorearen asmakizuna Bell laborategietan gauzatu zen, Mervin Kelly lehendakariordeak 1945. urtean abiatutako oinarritzko ikerketa-programa baten baitan. Kelly-k zientzialari teoriko eta esperimentalak bildu zituen, garai hartan garatu berriak ziren erdieroaleak telefono-zerbitzuen hobekuntzan erabiltzeko asmoz. Lantegi pribatu batean oinarritzko ikerketa-programa gauzatzen den lehen aldia zen, eta ondorioa bikaina izan zen: 1948. urtean John Bardeen-ek, William Shockley-k eta Walter Brattain-ek transistorea asmatu zuten. Asmakizun horrek konplexutasunerantzko ikerkuntzaren garrantzia agerian utzi zuen, sinpletasunaren barrutian auresanezinak diren propietate eta ideia berriak aurki daitezkeela erakutsiz.

Supereroankortasunaren fenomenoak Kammerling Onnes-ek aurkitu zuen esperimentalaki, 1911. urtean, merkurioak oso tenperatura txiki batetik behera (tenperaturak har dezakeen baliorik txikienetik oso hurbil,  $\sim -273$  °C) erresistentzia elektrikoa galdu egiten duela erakutsiz. 1930eko hamarkadan materia osatzen duten partikulen banakako jokabidea (sinpletasuna) ezaguna zelarik ere,

zenbait materialek erakusten duten nolakotasun berri horren jatorria (konplexutasuna) ulertu ahal izateko zenbait urte igaro behar izan ziren. Supereroankortasunaren teoria kuantikoa Leon Cooper-ek, Bardeen-ek eta J. Robert Schrieffer-ek plazaratu zuten, 1957. urtean. Gaur egun BCS izenez ezagutzen dugun teoria horren arabera, supereroankortasunaren jatorria elektroi-bikoteek oso tenperatura txikitarako pairatzen duten kondentsazioan datza. Supereroankortasunik ez dagoenean elektroi bakar batek energia galtzen du, ez-purutasunekiko nahiz kristal-sarearen bibrazioekiko elkarrekintzaren eraginez, erresistentzia elektrikoa sortuz; aldiz, elektroi-bikoteen kondentsazioa suertatzen denean, horiek energia galtzeko ezintasuna erakusten dute eta erresistentzia elektrikoa nulua bilakatzen da.

BCS teoriak azaltzen duen supereroankortasunaren tenperatura kritikoa (tenperatura handiagoetarako supereroankortasunik ez dago) oso-oso baxua da ( $T_c < -250\text{ }^\circ\text{C}$ ), supereroankortasun mota horrek teknologiaren aurrerapenari eman liezazkiokeen ekarpenak, beraz, urriak izanik. Alabaina, 1986. urtean Georg Bednorz-ek eta Karl A. Müller-ek supereroankortasun mota berri bat aurkitu zuten esperimentalki, material keramiko konplexu bat erabiliz. Hau tenperatura altuko supereroankortasuna dugu: Bednorzen eta Müller-en esperimentuan erabilitako supereroalearen tenperatura kritikoa  $-230\text{ }^\circ\text{C}$ -koa den bitartean, 1987. urtean  $-176\text{ }^\circ\text{C}$ -ko tenperatura kritikoko supereroaleak aurkitu ziren, eta gaur egun lor daitekeen tenperatura kritikorik altuena  $-135\text{ }^\circ\text{C}$ -koa dugu. Tenperatura horiek giro-tenperaturarekiko txikiak izan arren, laborategi guztietan eskura dezakegun nitrogeno likidoaz baliaturik lor ditzakegu, eta etorkizunean giro-tenperaturan supereroankortasuna erakusten duten materialak aurkitu ahal izango dira, agian, horrek egungo gizartean sor lezakeen iraultza teknologikoa nabari-nabaria delarik. Adibidez, gure etxeetako argi-indarra ehundaka kilometro bidaiatu ondoren heltzen zaigu, zentral elektrikoek sorturiko energia gehiena bidean galtzen delarik. Argi-indarra daramaten kableak kobrezkoak izan beharrean supereroa-

leak balira ez litzateke energiarik galduko, energia elektriko hainbat merketuko litzatekeelarik.

Hamalau urte pasatu dira, dagoeneko, temperatura altuko lehen supereroalea aurkitua izan zenetik eta fenomeno berri hori ulertzeko asmoz burutu diren ikerketa teoriakoen kopurua handia izan da, baina ahalegin guztiak hutsalak izan dira. Berriro ere, konplexutasunaren ondoriozko propietate emergenteen garrantziaren adibide baten aurrean gaude.

1970eko hamarkadan huts-teknologiaren garapen azkarrak gainazalen azterketa xehatua ahalbidetu zuen, hala nola ingeniaritza kuantikoa eta nanoteknologia. Sorta molekularen epitaxia teknikaz (MBE) baliaturik sustrato baten gainean atomo-geruzak banan-banan eraiki ahal izan dira, konposaketa %1-eraino kontrolatuz. Are gehiago, elektroien litografiari esker eite ezberdineko gainazalak eraiki dira, hala nola, erdieroaleen edota material magnetikoen arteko heteroegiturak, deigarriena beraien neurria izanik. Gaur eguneko txipa osatzen duten transistoreak 200 nanometrokoak ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) izan daitezke, miniaturizazio horrek konputagailuen memoriaren handipen ikaragarria dakarrelarik.

Schrödinger-en Uhin-Mekanika plazaratu bezain laster Robert Oppenheimer eta Gamow tunel efektu mekaniko kuantikoaz baliatu ziren, eremu elektriko bortitzen eraginpeko hidrogeno-atomoaren egoera kitzikatuen autoionizazioa eta nukleo pisutsuen  $\alpha$  desintegrazioa azaltzeko, hurrenez hurren; eta objektu kuantikoek potentziallangak zeharkatzeko duten ahalmenari esker XX. mendean zehar diseinaturiko aparailuak asko izan dira. Urte asko itxaron behar izan ziren, aldiz, hutsean zeharreko tunel-korrontearen berri esperimentalala jaso arte. 1981. urtean Gerd Binnig-ek eta Heinrich Rohrer-ek, bi metalen arteko hutsean zeharreko tunel-korrontea kontrolatuz, tunel mikroskopioa (STM) diseinatu zuten, gainazaletako atomoen posizioak bereizmen handiz ikustea lortu zutelarik. Are gehiago, gaur egun atomoak banaka manipulatzeko ahalmena ere badugu, oraindik garatzear dagoen nanoteknologia sortu delarik.

Tunel mikroskopioaren bidez gainazaletako katalisi-erreakzio eta erreazio kimikoak ere ikertzen dira, nanozientzia/nanoteknologiaren baitan fisika eta kimika bereiztezinak bilakatzen ari direlarik. Bestalde, oinarriko material biologikoak, hala nola DNA, lipidoak eta proteinak ere nanoteknologiaren barrutian koka daitezke, XX. mendearen bukaera aldera material horien egitura eta beraien arteko elkarrekintzak modelatzen hasi direlarik. Horretarako tunel mikroskopioak berebiziko garrantzia izan du, bai eta horren ondorengotzat har daitezkeen beste hainbat mikroskopio mota ere. Zalantzarik gabe, bada, maila nanometrikoan fisikak, kimikak eta biologiak bat egin dutena baieztatu dezakegu, eta milurteko berriaren atarian konputagailuen ahalmenaren handipenak hiru zientzia horien arteko lotura indartuko du.

### **Informazio eta konputazio kuantikoa**

Sinpletasunetik konplexutasunerako bidean ustekabeko emaitzak sortzeko dagoen ahalmenaren erakusgarri berria informazio eta konputazio kuantikoaren sorkundea dugu.

1935. urtean Einstein-ek, Boris Podolsky-k eta Nathan Rosen-ek distantzia handitara kokaturiko partikulen arteko koerlazioa aztertu zuten, Mekanika Kuantikoak deskribatzen ez dituen aldagai ezkutuen beharrezko frogatzeko asmoz. John Bell-ek, 1964. urtean, aldagai ezkutuetatik gero esperimenterik beharrezko zenbait probabilitatek limite jakin batzuk baino txikiagoak izan beharko luketela frogatu zuen. 1982. urtean Alain Aspect-ek limite horiek gainditu egiten direneko esperimenteria burutu zuen, aldagai ezkuturik ez dagoela erakutsiz eta Mekanika Kuantikoaren osotasuna, bada, egiaztatuz. Gaur egun burutzen ari diren esperimenteru guztiek Mekanika Kuantikoaren iragarpenak egiaztatzen dituzte, Naturaren deskribapen lokalaren ezintasuna agerian jarritz. Halaber, esperimenteru horiek distantzia handitara kokaturiko partikulen arteko koerlazioa badagoela erakusten dute, eta partikulen propietateak, beraz, *konpartituak* izan daitezke, horrek izan ditzakeen ondorioak ikaragarriak direlarik.

Egoera konpartituak komunikabide kuantikoaren bizidun sistemen eraikuntzan erabili dira, dagoeneko, eta etorkizunean konputazio kuantikoa egia bihurtu lezake, beronen ahalmena pentsaezina izango litzatekeelarik. Kriptografia kuantikoaz baliaturik begiluzekeriari aurre egingo liokeen komunikazio-teknologia gara liteke, eta teleportazio kuantikoari esker informazioa elkartrukatzeko modua egongo da, ohizko irakurri-transmititu prozedurari jarraitzearen beharrezanik gabe.

Zientziaren alderdi guztien arteko lotura indartzen ari den une honetan Mekanika Kuantikoa biologian ere ikerkuntza eremu berrietara eramango ote gaituen galde diezaiokegu gure buruari. Biologiaren kimika azaltzeko orduan Mekanika Kuantikoa oinarri-oinarrian dagoena gauza jakina da, baina egon al daiteke sistema biologikoen gaineko koerlazio eta gainezarmen kuantikoaren eragin nabarmenik? Oraingoz erantzuna zein den ez dakigu.

### **Kimika eta biologia**

Sinpletasunetik konplexutasunerako deskribapenaren maila berriak kimika eta biologian aurki ditzakegu. Lotura kimikoaren ezaguerak informazio genetiko guztia bame hartzen duen DNA molekula organikoaren helize bikoitzeko egituraren aurkikuntza ahalbidetu zuen, eta XX. mendearen bukaera aldera laserrak nahiz fotolitografiako metodo berriak erabiltzen hasiak ziren, gizakiaren DNA-ren sekuentzia aurkitzeko helburuarekin.

Are gehiago, konstante fisikoen balioak eta unibertsoaren eskala handiko egitura bera ere konplexutasun biokimikoaren eta beraz izaki bizidunen ugalketarekin erlazionaturik egon litezke, fisika, kimika eta biologia uztartuz. John Barrow fisikariak azpimarratzen duenez, gure unibertsoaren zenbait aspektu bizitzaren eboluzioaren aurkakoak direla dirudien arren konplexutasun biologikoen existentziaren baldintza beharrezkoak besterik ez dira.

XX. mendeko zenbait fisikariek beren buruari egin dizkieten galderen artean hauxe dugu: zeintzuk dira, konplexutasun biokimikoa existi dadin, naturaren konstante ezagunek izan ditzaketen balioak? Kontsidera ditzagun,

adibidez, elektroien eta protoien masen arteko zatidura ( $\frac{m_e}{m_p} \sim 1/1840$ ) eta egitura meheko konstantea, hots, oinarriko egoerako hidrogeno-atomoaren elektroien abiaduraren eta argiaren abiaduraren arteko zatidura ( $\frac{v}{c} = \frac{e^2}{2\epsilon_0 hc}$ , non  $e$  delakoa elektroien karga den,  $h$ , Planck-en konstantea, eta  $\epsilon_0$ , hutseango permitibitatea).  $\frac{v}{c}$  a reagentuz gero ez lirateke egitura molekular ordenatuak egongo eta bizia ez litzateke existituko, elektroiek nukleoaren Coulomb-en elkarrekintzaren eraginpeko ongi definituriko posizioak izateko modurik ez bailitzateke egongo. Bestalde,  $\frac{v}{c}$  delakoa  $\frac{v}{c} > 200$  baino txikiagoa balitz ez litzateke izarrik egongo eta elementu biokimikorik ez litzateke existituko, gas-lainoen tenperaturak errekontza nuklearra abiarazteko txikiak izango bailirateke.

## Erredukzionismoa

Ezagaturiko materia bere osagarri elementaletan erreduzitzeko tendentzia historian zeharreko konstante bat izan da. Dagoeneko duela bi mila urte filosofo grekoek jarrerara honen oinarriak ipini zituzten munduko konplexutasuna azaldu nahian, bere osagarri elementaletan erreduzitu zutenean. Kristo aurretiko seigarren mendean Tales-ek proposatu zuen gauza guztien oinarriko elementua ura zela; ondoren pentsalariak mundua lau elementu lurtarrez osaturik zegoela proposatu zuten: lurra, airea, sua eta ura. Osagarri horien kantitate osoak iraun egiten zuela pentsatzen zuten, baina beraien artean era oso ezberdinetan nahas zitezkeela pentsatzen zen. Gorputz zerutiarak bosgarren osagarri edo esentzia batez osaturik zeuden, eterea edo «quintaesentzia» deiturikoa, hain zuzen ere. Gaur egun, nekez lorturiko jakituria dela medio, pentsamolde honek iribarrea sor diezagukeen arren, bere baitan oinarriko aurrerapena dakar, argumentu magikoen arbuiapena, hain zuzen ere. Anaxagoras-ek (500-428 k.a.) aurreko teoriak oinarritik hobetu zituen, partikula edo «atomo» kopuru infinituaz populaturiko unibertso infinituan pentsatzen zutenean. Izan ere, zerua eta lurra substantzia ber-

berez eginak zeudela proposatu zuen, «heresia» hori zela-eta bere bizia kinka larrian jarritz. Leuzipo-k ere materiaren teoria atomikoa garatu zuen, eta ondoren bere ikasleak, Demokrito-k, teoria hori aurrerago eraman arren, gehienek teoria ahanzi egiten dute, filosofo nagusienek, Aristoteles-ek, Platon-ek eta Sokrates-ek arbuia egin zutelako. Hala ere, beranduago, Epikuro-k (341-270 k.a.) ideia atomikoak berpiztu zituen.

Atomismoaren ezaugarri nagusia, mundua bi osagaiez osaturik dagoela sinestea da: deuseztatu ezinezko atomoak eta hutsa. Atomoak banaezinak dira, hutsean barrena aske mugitu daitezke eta eite ezberdin askotan bil daitezke sistema konplexuak sortuz. Atomoak txikiegiak ziren zuzenki ikusi ahal izateko. Kimikaren jaiotzarekin, hipotesi atomikoa era sistematikoa sartzen da pentsamendu zientifiko modernoan. John Dalton (1766-1844) kimikariak atomoek pisu ezberdinak dituztela, eta konposatu kimikoak osatzeko proportzio jakin batzuetan nahasten direla proposatzen du, baina oraindik ere, atomoen ebidentzia fisiko zuzena falta zen. XIX. mende amaiera arte itxaron behar da falta den ebidentzia aurkitzen hasteko. Gaur egun, gutxi gorabehera 90 elementu natural identifikatu dira lurrian eta dozena bat baino gehixeago artifizialki sortu dira.

Aurreko lerroetan ikusi dugun bezala, atomoak nukleo eta elektroietan bana daitezkeela aurreko mendean ikasi genuen. Eta ez hori bakarrik, nukleoa bera ere protoi eta neutroietan bana daiteke eta hauek are gehiago quaraketan. Ezagutzen ditugun naturako lau elkarrekintzen kasuan ere, grekoek hasierako tendentzia erredukzionisten bitartek darraite aurrera lau elkarrekintza horien baturaren atzetik, hots, teoria batuaren atzetik. Beraz, iraganean fisika, bere kontzepzioan, oso erredukzionista izan da, natura osagarri gero eta txikiagoen arabera aztertzean eta batasuneko oinarrizko legeak ezagutaraztean.

Zientiaren eta Teknologiararen XX. mendeko garapena arautu duten lorpen nagusienetarikoak laburbildu aurretik, Richard Feynman-ek, XX. mendeko fisikari handienetarikoak, idatzitako *The Feynman Lectures on Physics* liburuan bere buruari egiten dion galderara joko dugu:



Kataklismo batean zientziaren ezagutza guztia galduko balitz eta ondorengo belaunaldira perpaus bat besterik transmitituko ez balitz, hitz kopuru gutxieneko zein esaldik transmitituko luke informazio maximoa?

Feynman-en erantzuna *hipotesi atomikoa* da, gauza guztiak atomoez eginak daudela, geratu gabe etengabe higitzen ari diren partikulak, elkar erakarriz banatzen direnean, baina elkar aldaratuz metatu nahi direnean. Beraz, hipotesi atomikoan oinarrituta, hiru dira, gure ustez, XX. mendean Zientziaren eta Teknologiaren alorrean mugak zabaldu dituzten lorpenak. Hiru hitzekin sintetizatuko ditugu: *atomoa*, *genea* eta *bita*. *Atomo* adieraztean, aurreko mendea materiaren egituraren ikuspegi mikroskopiko batetik bideratu duela esan nahi da, hots, bide horretatik materia ulertzeaz gain gure onurarako erabiltzerik izan dugularik. *Gene* aipatzen denean, lotura kimikoaren ezagutzak DNA-ren helize bikoitzaren egituraren aurkikuntza bideratu duela esan nahi du, bere baitan «erreplikaren» mekanismoa atxikirik daramana eta beraz Crick-en hitzak jarraituz «Biziaren Sekretua» gordetzen duena. Eta, *bit* aipatzean, informazioaren bitaz ari gara, edo era ulergarriagoan konputagailuaz, XX. mendeko non-nahiko tresna, hain zuzen ere.

Aurrerapen hauek guztiak ere erreduktionismoaren bidetik lortu dira, hots, ikertzeko objektua zati txikiagoe-tan banatuz, eta gero zati horiek guztiak perspektiba global batean berrosatuz lortu dira. Erreduktionismoa ez da fisikara mugatzen, Zientzia guztia da hein handi batean erreduktionista, eta adituak behar ditu. Erreduktionismoak espezializazio galanta eskatzen du. Etorkizunak ikuspegi globala eskatzen du, diziplina ezberdinen arteko lan komuna, hain zuzen ere. Beraien diziplinetan adituak (espezialistak) diren generalistak beharko ditugu.

Hala ere, arrisku galanta dago erreduktionismoa murreraino eramaten bada. Einstein bera ere arrisku horretan erori zen, erreduktionismoa era erradikal batean murreraino eramanez, ondorengo bere hitzek agerian erakusten diguten bezala: «Fisikari baten test nagu-

sia, kosmosa, dedukzio purua jarraituz, eraikitzeko bidea emango duen oinarritzko lege unibertsalera iristea da».

Erredukzionismo prozesu horrek mito erredukzionistara eramaten gaitu, hots, oinarritzko legeak ezagutzen gero orozagutzen dela ondorioztatzen. Izan ere, horixe egiten dute *Physics World* aldizkari zientifikoan fisika teorikoaren amaiera hurbil ote dagoen hainbat zientzialariri galdetzen diotenean. Inplizituki, teoria batuaren lorpenak («*Theory of everything*» deiturikoa) fisika teorikoaren amaiera dakarrela argudiatzen ari baitira. Horrelako galderari, Phil Anderson nobel saridunak, zuzen erantzuten dio:

The question is an insult to me and to all those who call themselves theoretical physicists. A unified theory is unlikely to tell us much at all, though it may simplify a few questions about cosmology. Theoretical physics has plenty of problems on the frontier of complexity to keep us busy for quite a while. For instance, the problem of how life originated is at least partially a physics one. [Galdera hori iraingarria da niretzat eta bere burua fisikari teorikotzat duen edonorentzat. Nekez esango digu ezer askorik teoria batuak, nahiz eta kosmologiari buruzko galdera gutxi batzuk sinplifika ditzakeen. Fisika teorikoak baditu konplexutasunaren mugatan gu tarte luze batean lanpetuta edukitzeko adina arazo. Adibidez, bizitzaren sorreraren arazoa, partzialki bederen, fisikarena da.]

Bide beretik, Procaccia zientzialariak dio maila handi batean erredukzionismoak porrot egin duela, konplexutasuna (gure ingurune osoa) ulertzeko, teoria batura iristeko proposatzen diren kontzeptuekin ezin baita hasi. Erredukzionismoa ezin da maila horretan bakarrik azaldu, maila bakoitzak bere logika, matematika eta fenomenologia dituetan. Demokrito eta Leuzipo-ren Greziatik gaur egun arte, eta Steven Weinberg nobel saridunak gogoratzen digun bezala, oinarritzko partikularren ideia edo kontzeptua zientzialariren helburu nagusiaren ikurra izan da: *Naturaren konplexutasuna termino sinpletan ulertzea*. Procaccia-ren bidea jarraituz, ikurra zabaldu egin behar da, maila bakoitzean konplexutasunaren ulermenak oinarritzko ezaugarriak dituela aldarrikatuz. Hots, helburua berbera da, konplexuta-

sunako termino sinpleetan ulertzea, baina terminoak maila bakoitzean ezberdinak izan daitezke eta izan behar dute.

«More is different» artikulua famatua Anderson-ek dioenez, «hipotesi erredukzionistak ez du inola ere hipotesi konstruktibistarik sortzen». Oro oinarriko lege sinpleetara erreduzitzeko trebetasunak ez du esan nahi lege horietatik hasita unibertsoa eraiki daitekeenik, ez eta gutxiagorik ere. Hipotesi konstruktibistak porrot egiten du eskalako eta konplexutasuneko zailtasunei aurre egin behar zaienean.

XX. mendean barrena ezagupena hainbat maila ezberdinetan egituratzen dela ikasi dugu, beraien artean loturarik gabe, baina aurrekoarekin bateragarriak. Horregatik, kimika, fisika aplikatua baino askoz gehiago da, eta medikuntza, biologia molekularra baino askoz gehiago ere. Izan ere, maila askoz gehiago daude; etikaren eta DNA-ren artean distantzia askoz handiagoa dago DNA-ren eta oinarriko partikulen artean baino.

Gaur egungo munduaren konplexutasuna fisika atomikoaren sinpletasunetik sortzen da, lege baten eskutik, oinarriko lege bakar batetik, Coulomb-en legetik hain zuzen ere; beharbada Pauli-ren bateraezintasunaren printzipioa gehitu beharko genuke (elektroiek ezin dutela den-dena berdin eduki dion printzipioa). Baina, argi dagoena zera da: atomo asko dagoenean, hots,  $10^{23}$  atomo (materiaren  $1 \text{ cm}^3$ -ko atomo kopurua neurria), hots, bilioika bilioi atomo; bilioika bilioi atomok, atomo bakar batek egin ezin dituen gauza asko egin ditzakete. Hau da, propietate berrien emergentzia sortzen da materiaren oinarriko osagarrien arteko elkarrekintzen bidez, hain zuzen ere. «Oinarriko» partikulez osaturiko aglomeratuaren portaera ezin da ulertu partikula gutxi batzuen estrapolazioaren bidez; era berean, futbol estadio bateko paniko egoerak ezin dira ulertu bi pertsonen arteko elkarrekintzen bidetik. Propietate «emergente» berriak agertzen dira, sasoi batean marxistek, Engels aipatuz, esaten zutena: «kantitatea, ( $10^{23}$  atomo) kalitate bilakatzen da». Hemingway-k kantitatea kalitate bilakatzen deneko ideia oso ongi laburbiltzen zuen, Parisko kaleetatik zihoanean, Fitzgerald-i esaten zionean: «Aizu, aberatsak gugandik oso ezberdinak dira» —kalitatea—.

«Bai, bai —erantzuten zion Fitzgerald-ek—, diru askoz gehiago daukate» —kantitatea—.

Maila bat bestearekin lotzeko arrastoak egon arren, ezinezkoa da aglomerazioak sortzen duen konplexutasuna deduzitzea. Izan ere, XX. mendeko zientziaren egituraketaren giltza «prozesu emergenteena» izan da. Horren adibide esanguratsu batzuk aipatzearen, supererorkortasuna, superjariankortasuna, Hall efektu kuantikoa... Horrek ez du esan nahi, hala ere, arlo batean erabiltzen diren ideiak eta teknikak bestetan erabilgarriak ez direnik.

Konplexutasunaren ulermen hori, hots, osotasuna bere zatien batura baino askoz gehiago izatea, fisika kuantikoaren arakastaren oinarrian dago. Eta hori dela-eta, materiaren ezagutzaren bidez gure onurarako erabili dugu. Aldaketa iraultzailea sortu du energia ekoizteko eran, komunikatzeko eran, harremanetan, ekonomian; hitz batean esanda, kulturen aldaketa itzela eragin du.

## Etorkizuna

Atal honi hasiera emateko *Nature* aldizkari zientifiko ospetsuaren J. Maddox zuzendari ohiaren hitzekin abiatuko gara.

Azken mendeak, aurkikuntza- eta berrikuntza-uzta ederra ekarri du. Hala eta guztiz ere, hurrengo mendeetan oraindik aurrerapen aberatsagoak lortuko dira. Zientzia bere hastapenetatik amaieratik baino hurbilago dago.

Argi dagoena hauxe da, iraganean bezala orain ere aurrean gabeko eta aurrean ezinezko sorpresak izango ditugula. XIX. mende amaieran nork imajina zezakeen denbora gutxira Einstein-ek honakoa proposatuko zuela, hots, ezerk ezin duela argia baino abiadura handiagoz bidaiatu? Edo berehala aurkituko zela unibertsoa zabaltzen ari dela? Edo DNA-ren egiturak emandako bizitzaren azalpena kitzikagarria izango zela bizitza prozesuaren xehetasun gehiago ulertzeko? Hurrengo mendeetan mota honetako hainbat sorpresa egongo da. Inork ezin du aurrean sorpresa horiek zeintzuk izango diren eta nora eramango gaituzten.

XIX. mendearen bukaera aldera, 1874. urtean, Philipp von Jolly fisikariak eta Munich-eko Unibertsitateko Fisika Fakultateko Dekanoak Max Planck gazteari fisika ez den beste zerbait ikas zezan gomendatu zion ondoko hitzekin: «Fisika ia osaturik dagoen zientzietako adarra da. Aurkikuntza garrantzitsu gehienak eginak dira. Beraz, ez du merezi fisika arloan ikasketak egitea». Eskerrak Planck-ek Dekanoak esandakoa ez zuen jarraitu, Fisika izan baita XX. mendean gehien aurreratu den zientzia, eta horregatik Fisikaren mendea deitu ohi zaio. Eta Planck bera izan zen, hain zuzen ere, Fisikaren garapenean lehendabiziko harriak jarri zituenetarikoa. Esan beharra dago gainera, XIX. mendearen amaieran Munich-eko Fisika Fakultateko Dekanoaren iritzia komunitate zientifikoaren baitan oso zabaldu zegoela. Horren lekuko, 1894. urtean A.A. Michelson fisikako lehen nobel saridunak esan zuena: «fisikaren lege garrantzitsuenak dagoeneko ezagunak dira». Alabaina, XX. mendearen hasieran ideia berri eta aurre-sangaitzak plazaratu ziren, gaur eguneko zientziaren oinarriak finkatuz, eta ordutik hona gauzaturiko aurkikuntzen nahiz berrikuntzen kopurua paregabea izan da. Era beretsuan, datorkiguna zer den ezin dugu auresan, baina datozen mendeetan zientziaren garapenak eskainiko dizkigun aurrerapenak XX. mendekoak baino handiagoak izanen direla baieztatzen auzar gaitezke.

Ondoko lerroetan, zientzia eta teknologiako atal ezberdinetan mende honetan gerta daitezkeen aurrerapenak auresatera ausartuko gara. Irakurle, gogoratu goian aipaturiko guztia, hots, XIX. mendean inork ez zuela gero etorkiko zena auresan; kasu honetan ere, muga berbera daukagu. Aipatuko diren gai batzuk, egungo erronka nagusiekin lotuta daude (grabitazio kuantikoa, garuna...); beste zenbait arlotan, berriz, auresankortasunak erazagoa dirudi, XX. mendearen amaieran arlo horiek itzelezko bultzada jasan baitzuten eta gutxienez mende honetan beraien jarraipena espero baita.

## Oinarrizko Zientziak

Oinarrizko zientzietan hainbat galderak erantzuna itxaroten dute, eta guztietatik larrienak espazio eta denboraren egungo ezagutzara garamatza. Lehenago aipatu denez, Einstein-en teoria unibertsoa ezagutzeko eta bere garapena auresateko erreferentzia da. Erlatibitatearen teoria orokorrak doitasun handiz azaltzen du grabitazioa. Meknika kuantikoa elektroia bezalako objektu oso txikien higidura deskribatzeko lengoia da. Teoria bi hauek XX. mendeko lorpen handiak izan dira. Baina, beraien arteko uztarketa, orain arte, porrota izan da, eta XXI. mendeko erroka nagusienetarikoa bat da berau, grabitate kuantikoa hain zuzen ere. Bi teoria horiek uztartu arte, ezin izango da unibertsoaren jatorriari buruzko deskribapen koherentea egin, nahiz eta egun dauden datuen arabera, unibertsoa tenperatura handiko espazioko burbuila batetik sortu zen. Tenperatura horrek nahikoa izan behar zuen, burbuila zabaltzen joan ahala, izar guztien masa galaxietan sortzeko eta unibertsoa zabaltzen mantentzeko.

Inork ez daki aipaturiko bi teoria horien uztarketa etorkizunean nola gaitutuko den. Ziur asko espazioari buruzko egungo kontzeptio jarraitua hankaz gora eroriko da. XX. mendean fisika kuantikoak ondorioztatu duenez, energia objektu batetik bestera kantitate diskretuetan edo *quantum*etan transferitzen da, eta karga elektrikoa nahiz atomoaren energi mailak kuantizaturik daude, hots, kantitate finko eta diskretuetan ematen dira. Etorkizunean, beharbada, atomoaren egoera kuantikoaz berba egiten dugun bezalaxe, espazio-denborako eskualde baten geometriaren egoera kuantikoari buruz berba egingo da, hots, era diskretuan ere.

## Garuna

Beste muturreraino joanik, zalantza izpirik gabe esan daiteke egungo ezagutzaren huts handiena garunaren funtzionamenduaren ezjakintasunean datzala. Gizakia harroen sentiarazten duen funtzioa, pentsatzeko ahalmena, ezezaguna da. Garunak pentsatzeko ahalmena nola garatzen duen ez dakigu. 1880. urtean Ramón y Cajal-en

eskutik hasi zen gizakiaren garunaren ikerkuntza sistematikoa. Hala ere, egun inork ez daki, erabaki bat hartzeko prozesuan, neuronen (nerbio-zelulak) jokaera zein den. Horrek erantzunik gabe jarraitzen duen bitartean, ezin dugu esan garunaren funtzionamendua ulertzen dugunik. Izan ere, horrek esan nahi du eskizofrenia bezalako gaixotasun psikiatriko larrietan, garuna gaizki dabilenean, ezin dugula azaldu garunean zer gertatzen den edo normalitatearekiko bereizketa egin.

Goian aipaturiko prozesu kognitiboen ezagutza eza oso lotuta dago geneek eta inguruneak gizakiaren pertsonalitatean duten eraginarekin. Giza-geneei buruzko funtzionamenduan azken hamarkadetako ezagutza azeleratuak, zenbaitetan, edozein gizakiren ezaugarriak geneek mugatzen dituztela pentsatzera eramán arren, hori ez da horrela. Psikiatrak eta psikologoak mende bat baino gehiago egon dira gizakiaren pertsonalitatea aztertzen, eta agerian utzi dute gure haurtzaroko hezkuntzaren eragina pertsonalitatean. *Natura* eta *estimuluaren* arteko oreka oso eztabaidatua izan da. Bi eragin horien arteko orekaren ezagutza lor dadin, ezinbestekoa izango da genetikaren mugak ikerketa sakonago batez definituta geratzea eta garunak nola funtzionatzen duen hobeto ezagutzea. Orduan, XXI. mendeko unerén batean psikologia berreraiki-ko da, genetika eta nerbio-sistemaren ezagutza berrietan oinarrituta. Bitartean, geneak oso garrantzitsuak izan arren, hainbatetan errepikaturiko «geneen ondorioa gara» esaldiari ez zaio kasu gehiegirik egin behar, geneak oso-oso garrantzitsuak izanda ere zerbait gehiago bagara-eta.

## Nanoteknologia/Konputagailuak/Bioteknologia

Hala ere, zenbait gauza auresan daitezke. XX. mendeko azken urteetan zientziako hiru arlok bultzada itzela hartu dute, eta ziurrenik gizartearen bizitzan eragin ikaragarria izango dute XXI. mendean. Ez ginateke harrituko XX. mendean gure gurasoen eta aiton-amonen bizitzek jasandako aldaketak baino askoz handiagoak gertatuko balira XXI. mendean. Nanoeskalako zientzia, informazioa-

ren zientzia eta biologia molekularra oso arin garatzen ari dira ingeniartzako diziplinatan bilakatzeko, eta hurrengo urteetan bakoitzak iraultza teknologiko garrantzitsu baten ardura izan dezake.

Gainera, gizartearen historia osoan ez da horrelakorik jazo, hots, aldaketa iraultzaile horiek guztiak aldiberean gertatzea. Sortuko diren teknologiek elkarri bortizki eragingo diote ikerketa-arlo berriak sortuz, eta, ziur asko, intelektuaren eta ekonomiaren garapenerako probetxugarrienak beraien arteko gainezarmenak sorturiko eremuak izango dira.

### **Nanoteknologia**

Aipatu den legez, etorkizuna auresatea oso arriskutsua izan arren, agerian dago nanoteknologiak edo atomoen neurrian eragiten duen ingeniartzak bide ikusgarriak zabalduko dituela mende berri honetan. Atomoak eta molekulak dagoeneko banan-banan manipula daitezke. Nanoteknologia atomikoak eta molekularrak pentsatu ezinezko bideak jarraituz mende honetan ikaragarritzko eraginak sortuko dituela itxaroteak arrazoizkoa dirudi. Pentsatu ezinezko mailako errobotak ez dira inondik ere fikzioa.

Materialen propietateak maila atomikoan eta maila horretako toki berezietan ikertzeaz ari gara, hots, atomo soilen ingeniartzaz edo nanoteknologiak, hain zuzen ere. Zenbaitetan, Zientzia eta Teknologiaren etorkizuneko bigarren buruzko auresanek huts egin dute; beraz, horrelako burutapenak tentu handiz hartu behar dira. Baina, une honetan behinik behin, argi dirudi etorkizuneko urrats garrantzitsu bat, egungo mikra eskalatik (edo mikrometro eskalatik) etorkizuneko nanometro eskalara salto egitea izango dela. Miniaturizazioa, azken hamarkadetan, milimetro eskalatik mila aldiz txikiagoa den mikra eskalara pasatu da. Lorpen teknologiko itzela izan arren, ez du oinarritzko iraultza zientifikorik eragin. Dagoeneko bazegoen egon oinarritzko ezagutza zientifikorik, eta mikroskopia elektronikoa bezalako tresnen edota metodoen garapenek aipaturiko miniaturizazioa egia bihurtu dute. Nanometroaren eskalan, berriz, kontzeptu berriak beharko dira, eta



hauek teknologia berriak eskatuko dituzte. Maila horretan, fisikak ideia berriak behar ditu. Ideia berriak lortu ostean, horrek loturik ekarriko duen aurrerapenak atzerako urratsa eskatuko du, hots, maila nanometrikoan ikasitakoa maila handiagoetara aplikatzea, konplexutasuna oraindik ere are gehiago handituko delarik.

### **Konputagailuak**

Badirudi azken 20 urteetan gure mahai gaineko ordenagailuek jarraitu duten tendentziak, abiadura eta ahalmen handiagoarena, 2010-20ra arte jarraituko duela, orain dugun ezagutzaz baliatuz. Ohar gaitezen XX. mendeko azken 21 urteetan konputagailuetako txipen 7 belaunaldi egon direla. Bakoitzak aurrekoak baino 4 bider transistore gehiago zeukan. Denbora tarte horretan, beraz, informazioa metatzeko eta prozesatzeko konputagailuen ahalmena 16.000 aldiz gehitu da. Transistoreak gero eta txikiagoak direnez, txip bakoitzean transistore askoz gehiago eta hurbilago koka daitezke, beraz txipak askoz ahaltsuagoak eta arinagoak bihurtu daitezke.

Mota honetako aurrerapenak duela 21 urte pentsatu ezin ziren hainbat produktu sortu dituzte, adibidez mahai gaineko konputagailuak, sakeleko telefonoak, kamera digital merkeak eta Internet.

Transistoreen metaketan eman diren aurrerapen itzelek muga galanta dute. Adibidez, transistoreetako Si-SiO<sub>2</sub>-Si heteroegituretan, Si aldean arteko SiO<sub>2</sub> interfasea gero eta estuago eraikitzen saiatu dira, transistoreak ahalik eta txikiak izan daitezen txip bakoitzean gero eta transistore gehiago metatu ahal izateko. Baina, interfaseen zabalera Angstromaren mailara iristen denean (egun 20 Å ingurukoa), transistore efektua eragozten duten mota ezberdinetako efektuak agertuko dira (estatistikoak, elektroien tunelaketak...) eta bide horretatik ezin izango da miniaturizazioa jarraitu. Aipaturiko muga 2010-20 inguruan gertatuko dela pentsatzen da, eta ordutik aurrera konputagailuen garapena nanoteknologiaren bidetik etorriko da.

Nanoteknologiaren helburuetariko bat konputagailuetako zirkuitu integratuen eremuan dago, eta dagoeneko

munduan zeharko hainbat taldek bide honetan lan egiten dihardute. Etorkizuneko zirkuitu integratuetan, egungo silizioko txipak izan beharrean, osagai indibidualak plastiko malguetan depositatuko dira prozesu kimikoen bidez, eta argazkietako pelikulen itxura ukan dezakete. Osagai indibidualak «switch» molekularrak eta nanohariak izango dira. Elementu horiek nanometro mailakoak direnez, osagaien dentsitatea askoz ere handiagoa izango da, eta egungo teknika litografikoen bidez eginiko edozein zirkuitu baino askoz ere arinagoak izango dira.

Azken 20 urteetan, informazioa kontzeptu fisikoa dela ohartu gara eta unibertso materiala gidatzen duten lege berberak gidatzen dutela jakin dugu. Azken urteetako informazioaren ulermenak bide eman die konputazio eta komunikazio kuantikoan gertatu diren hainbat garapen kitzikagamei, zeinak aldizkari teknikoetan zein egunkari arruntetan argitaratu baitira.

Informazioaren natura fisikoaren ulermen hobeagoa lortzen denean, garrantzitsua den informazioa biltzea, gordetzea, prozesatzea eta berreskuratzea errazagoa izango da. Hainbat oso kexu da informazioak gainezka egiten digulako, baina, beharbada, aurkakoa jasaten dugu. Klasifikatu gabeko informazio uholdea daukagu, berez balio gutxikoa; horrek kemena eta denbora itzela eskatzen du informazio erabilgarri bihurtzeko. Web-eko aurkitzaile bat erabili duen edozeinek ongi asko daki egindako galderarekin harreman gutxi duten milaka gauza iristen zaizkiola. Beraz, Web-eko bezeroak oso ongi ulertzen du arazoa. Informazioaren naturari buruz gehiago ikastea, informazioa sailkatzeko eta banatzeko tresnak eta algoritmoak erabiltzeko gai izango gara, eta hura gure ezagutzaren parte bihurtuko da. Eta hori erabakiak hartzeko oso lagungarri gerta dakiguke.

### **Bioteknologia**

Oso arin garatzen ari diren zientzi arlo horietatik, jende arruntarentzako ezagunena biologia molekularrarena da. XXI. mendean eragin handia izango duen teknologia abiatuko da, geneek organismo bizidunengan duten

ezagutzatik datorrena, hots, bioteknologia. Dagoeneko giza-genomaren mapa osoa lortu da. Are gehiago, genomak gordetzen dituen funtzioak zeintzuk diren eta nola eragiten duten ulertzen hasiak gara. Hoberako edo txarrerako, genetikoki aldaturiko landareak eta animaliak sortu ditugu, eta beste zenbait material berri eta polimerikoentzako, drogentzako eta botikentzako ingeniartzaren oinarria izan daiteke. Teknologia hau dagoeneko erabiltzen da ospitaletan, non beste ezein bidetik sortu ezin diren botikak erabiltzen diren. Adibide bat diabetesaren tratamenduan erabiltzen den insulina da. Duela gutxi arte, txerrietatik lorturiko insulinaz tratatzen zen jendea. Lehenago tratamendurik ez zeukaten gaixotasunak sendatzeko hainbat eta hainbat medikamentu esperimentatzen ari dira, homologazio definitiboa lor dezaten.

Nano-, info- eta bio-teknologiaren etorrera bateratuarekin, gaur egun erabiltzen ditugun hainbat gauzen jokaera milaka aldiz hobeto daiteke. Oraindik garrantzitsuagoa, gaur egun oso garestiak edo ezinezkoak diren zenbait gauzen eta zerbitzuen asmakuntza ikusiko dugu. Horrek guztiak aldaketa itzelak eta oso arinak eragingo ditu. Gizartearentzat oso zaila izango da hain arin aldatzen ari den eta are arinago aldatuko den ingurunera egokitzea.

Hurrengo urteetan, ziur asko, posible izango da fisikari batek kimikariak idatzitako substantzia baten formula kimikoa sintetizatzea. Nola? Kimikariak esaten duen tokian atomoak kokatuz, substantzia eraikiz. Kimika eta Biologiako arazoak gainditzeko oso lagungarria izan daiteke maila atomikoan zer egiten ari garen, «ikusteko» gai bagara.

Egungo superkonputagailuak baino konputazio-potentzia gehiago jantzea ahalbidetuko du nanoteknologiak. Jantzearekin haxe esan nahi da, erlojua jantzen dugun bezalaxe, gurekin batera jantzita emango ditugula etorkizuneko ahalmen handiko konputagailuak. Internet (World Wide Web) nahi dugunean eta bat-batean, ura edo elektrizitatea bezala, jantzita daramagun konputagailuaren bitartez erabili ahal izango da, eta behar dugun informazio erabilgarria zuzenean bilatzeko moduan izango gara.

Gaur egun pertsona baten diagnostiko medikoa egiten den legez, etorkizunean pertsonaren genoma osoa irakurriko da. Medikuak gai izango dira gaitza diagnostikatzeko eta pertsona jakin horrentzako egokituriko tratamendu partikularizatua agintzeko.

Eta zergatik ez, medikuntzako ebakuntzetan kirurgia-laria zainetatik, giharretatik, pertsonen barrenera sartuko da. Kirurgialari mekanikoa odol zainetan ipiniz bihotzeraino zuzenduko da, eta inguruan «begiratu» ostean (informazioz elikatu beharko litzateke), gaizki dagoen zaina aurkitu eta, laban txikitxo bat zabalduz, hura ebaki eta josteko gai izango da. Beste makina txikitxo batzuk ere behin-behinean edo behin betiko ondo funtzionatzen ez duen organoari laguntzeko gorputzean kokaturik egon litezke. Horrelako asmakuntzak, basati xamarrak, urrun daudela iruditu arren, ez ukan zalantzarik mende honetan egia bihur daitezkeela. Izan ere, ziur asko, mota horretako hainbat eta hainbat aplikazio tekniko gauzatuko dira.

## Fusio Energia

Gizartea garatu ahal izateko, energi iturriak funtsezkoak dira, denok dakigunez. 1970eko hamarkadan petrolioaren krisiak mendebaleko gizartea larritu zuen eta energi iturri berri eta zaharren garapena areagotu egin zuen. Eta gaur ere, energi iturriak eta hauen inguruko arazoak gizartearen kezka nagusietakoak dira. Zalantzarik gabe baieztatu daiteke energiaren problematika «harri aroan» dagoela, XX. mendea ez baita gai izan energiaren arazo larria gainditzeko. Egun erabiltzen diren energi iturriak, sailkapen zabal bat eginik, bi motatakoak direla esan dezakegu:

1) Energi kopuru handiak ekoizteko gai direnak: fisiko zentral nuklearrenak eta erregai fosilenak, hain zuzen ere. Teknologikoki oso garatuak dira, ikuspegi ekonomiko-tik oso emankorrak, baina ingurugiroarekiko kaltegarriak izan daitezke (Txernobil, hondakin erradioaktiboak, euri azidoa...).

2) Energia alternatiboak: printzipioz garbiak dirudite, ingurugiroari ez diote erasotzen (nahiz eta azken bolada

honetan energia eolikoak eztabaida sortu duen), baina ez dira gai egungo gizartearen egiturak behar duen energi kopuru itzela sortzeko.

Munduko populazioa haziz doan heinean eta jendeak energi baliabide urrietatik ihes egiten duen heinean, XXI. mendean energia nazioarteko egonkortasunerako oso preziatua izango da. Populazio hazkuntzaren estimazio kontserbakorrenak kontuan hartuz ere, argi dago energiaren kontserbazioa eta energia berriztagarrien aurrerapen handiak ere ez direla nahikoa izango munduko gizartea sustatzeko. Mende honen bigarren erdian, ingurugiroan kalte gutxi egiten duten eta hondakin kaltegarririk uzten ez duten energi iturri berriak beharko dira.

Energi iturriei buruzko eztabaida horretan, hainbatean aipatzen da etorkizunean energi dentsitate itzelak sortzeko gai izango den energi iturria, Eguzkia eta izarrak pizten dituen energiaren oinarriturikoa, izango dugula, hots, amaigabea eta garbia. Gero eta hurbilago dagoela esan arren beti urrun dagoena. Bai, fusio nuklearrean sortzen den energiari ari gara. Atomo arinek, fusionatzen direnean, elektrizitate bilaka daitekeen energia askatzen dute. Hidrogenoaren bi isotoporen, hots, deuterioaren eta tritioaren arteko fusio erreakzioa laborategian egin daiteke. Teorian, populazioaren hazkundera edozein delarik ere, gizarte osoaren energi beharrak ekoizteko ditzake. Bestalde, ez du berotegi efektua eragiten duen gasik sortzen, eta fusio erreaktorea, erregai-kopurua oso urria denez, edozein unetan da segurua. Erreaktorearen urteia edo fisioko erreaktorean gerta daitekeen beste edozein egoera kritiko ezinezkoa da. Fusioko erreakzio nuklearrean sorturiko neutroiek erreaktorearen egitura aktibatua arren, bizi luze-ko hondakinik ez da sortzen.

Fusio nuklearrerako, elkar aldaratzen duten nukleo arin bi batu egin behar dira, hots, bi nukleo horien aldarapen elektrostatikoa gainditu, nukleoak batzeko gai izan daitezten. Ohar gaitzkeenez, fusio-prozesua ez da batere erraza. Izarrek masa handia (itzela) dutenez, erakarpen grabitatorioari esker izarren masa guztia konfinatzeko gai dira; hari esker, nukleoaren arteko batzeak energi andana

igortzen du espaziorantz. Lur planetan horrelako konfinamendu grabitatoriorik gerta dadin ezinezkoa da; beraz, nukleo konfinamendu hori bestela egin behar da.

Fusio-erreakzioak lortzea, era kontrolatuan zein kontrolgabean, ez da berehalakoa. Egun garatzen ari den fusio-erreakzioetarako teknologian lehenengo urratsa fusio-erreakzioaren elektroien eta ioien zopa lortzea da, *plasma* hain zuzen ere. Plasma gure planetan agerian ez dagoen materiaren beste egoera da, laugarrena hain zuzen ere. Lurrean ez aurkitu arren, unibertsoko materiaren %99 plasma-egoeran dago. Solido bat berotuz, likido bihurtuko da eta, areago berotuz, lurrundu egingo da, gas bihurtuta. Berotzen jarraitzen badugu, tenperatura 11.000 °C-ra iristean, gasaren atomoak elektroiak galtzen hasiko dira eta elektroien negatiboz eta ioi positiboz osaturiko zopa bilakatuko dira. Halere, egoera honetan ez da oraindik fusio-erreakziorik gertatuko, ioi positiboaren arteko aldarapen-indarra baitago. Baina plasma areago berotuz gero, ioi edo nukleo horiek abiadura galanta har dezakete, eta abiadura horri esker gerta daiteke indar aldaratzailea gai ez izatea nukleoaren arteko talkak eragozteko. Esperimentalki frogaturik dago hori posible dela, baina horretarako plasmaren tenperaturak itzela izan behar du, gutxienez 100 milioi gradukoa. Tenperatura horretan fusio-erreakzioak gertatzen has daitezke, baina bakar batzuk gertatzea ez da nahikoa, tenperatura horretara iristeko erabiliriko energia ikaragarria izan baita. Komenigamiena da denbora-unitateko fusio-erreakzioen kopurua handia izatea. Ikusten ari garenez, fusioak zurgatzen duen energia oso handia da eta, jakina, fusioaren zentral batean fusioan lorturiko energiak kontsumiturikoa baino askoz ere handiagoa behar du izan.

Gaur egun, fusio proiektuak nazioarte mailakoak dira, proiektu horien diru-eskaerak itzelak baitira. Belaunaldi honetako esperimenduek «break-even» inguruko egoera lortu nahi dute, hots, fusioak sorturiko energia eta fusioa iristeko erabili den energia berdina izatea. Hurrengo belaunaldiko erreaktoretan ignizio-baldintzetako plasma lortzea espero da: hots, plasma fusio erreakzioetarako bal-

dintzetara iristean, kanpotik berotu gabe baldintza horietan mantentzea.

Fusio energiak perspektiba oso onak eduki arren, goian aipatuenez, erronka zientifikoak eta teknologikoak oso handiak dira. Gauzak aurreikusten diren bezala jarraituz gero (ez da erraza izango), mende honetako bigarren zatirako fusio nuklearra energi iturri oso probetxugarria izatea egia bihur daiteke.

## Klimatologia

Gaur egungo eredu klimatikoek gure klimaren oinarriko egoera nahiko ongi auresaten dute. Batez bestean, hurrengo egunekoa eta eskualde zabal baterako nahiko ondo asmatzen dute. Ete ez bakarrik hurrengo egunekoa, egun batzuk aurretik ere eguraldia auresaten da, hori bai, arrakasta gutxiagorekin. Horrelakoetan, eredu klimatikoaren bereizmena 50 km ingurukoa izaten da. Baina, eredu klimatikoek, auresankortasuna hurrengo egunetarako izan beharrean etorkizun urrunagorako bada, ezin dute uneko giroa auresan; bakarrik, adibidez, hilabetearen batez bestekoak tenperaturan, aire-banaketan, ekaitzen bi-deetan, eta halaber urte-sasoia zikloa eta klimaren muturreko gertakizunen probabilitatea. Honen guztiaren bereizmena 200 km ingurukoa da.

1997-98 urteetan itxaso barearen ekialdean gertaturiko «El Niño» fenomeno klimatiko oso bortitza, eta horren atzetik etorritako «La Niña» ere, 6 hilabete aurretik auresan zituen «European Centre for Medium-Range Weather Forecasts» institutuak. Izan ere, egungo eredu klimatiko arrakastatsuek auresan dezakete kanpoko eraginpeko epe luzeko batez besteko klimaren erantzuna, adibidez, berotegi efektuko gas-kontzentrazioen aldaketek sor ditzaketanak. Suposatzen da ere «El Niño» bezalako egoerak askoz lehenago, urteetako mailetan, auresango direla etorkizunearan.

Hala ere, gaur egungo eredu klimatikoek hainbat arazo dituzte. Hodeien sorrera edo Euskal Herriko alde ezberdinetako klimatologia, hots, maila lokaleko klimaren au-

rresankortasuna oso zaila da egitea, eredu bereizmenaren mailan baitago. Konputagailuek ahalmen handiagoa azaltzen dutenean, maila lokaleko auresankortasuna hobe daitekeela itxaron daiteke.

Badaude beste arazo batzuk konputagailuaren ahalmenarekin lotuta ez daudenak eta ulertzen ez direnak. Horietariko adibide garrantzitsu bat, eta ongi ulertzen ez dena, sistema klimatikoaren eta ziklo biogeokimikoen arteko elkarrekintza da. Elkarrekintza hauek lurreko eta itxasoko biosferan eragin zuzena dute, eta klimaren gainean kontrol handia sortzen dute, CO<sub>2</sub>, metano eta ozono bezalako berotegi-efektuko gasen kontzentrazioa aldatuz.

Aldaketa klimatikoaren eragina gizakiaren bizi-baldintzetan garrantzi itzelekoa da, baina oraindik ere «*terra incognita*» dela esan genezake. Klima-aldaketaren eta sistema sozio-ekonomiko globalaren arteko elkarrekintza oso konplexua da. Politika berezien bidez, aipaturiko elkarrekintzak zuzentzen saiatzen gara, baina oso gutxi ulertzen dira. Politikariek, aldaketa globalaren arazo zailarekin borrokan zuhur hasten direnean, zientzialariengana laguntza eske joko dute, eta orduan bai, problema horiek gero eta larriagoak eta presa handiagokoak bihurtuko dira. Eronka horiei aurre egiteko, klimatologian diharduten zientzialariek horizontea zabaldu beharko dute eta beste diziplinetako zientzialariek elkarlanean aritu beharko dute, Lurra sistema oso bat bezala hartuz, maila horretako azterketen eremu berri eta kitzikagarria garatzeko.

## Gehiago irakurtzeko

Joan den mendeko zientziari buruzko artikulu, artikulu sorta edo lan orokorrak:

BEDERSON B., Guest Editor, 1999, «Special Issue in Honor of The Centenary of the American Physical Society, March 1999», *Review of Modern Physics*.

LAURIE B., PAIS M.A., PIPPARD B., Editors, 1995, *Twentieth Century Physics*, Institute of Physics, Philadelphia.



Special Issue: «Past, present and future: Physics prepares for the 21st century», *Physics World*, Vol. 12, December 1999.

PLAZAOLA F., 2001, «Atomoaren eta Egitura Atomikoaren Ekarpenak XX. Mendean», *Ekaia* 14 (argitaratzeaz).  
 Gai bereziagoei buruzko artikuluak eta liburuak:

BARROW J.D., TIPLER F.J., 1986, *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Press.

BENNET C.H., 1995, «Quantum information and computation», *Physics Today*, October, 24.

BINNING G., ROHRER H., 1987, «Scanning Tunneling Microscopy. From Birth to Adolescence», Nobel Lecture, *Rev. Mod. Phys.* 59, 615.

EGUSQUIZA I.L., URRESTILLA J., 2000, «Telegarai Kuantikoa», *Ekaia* 12, 59-68.

FEYNMAN R., 1996, *Feynman Lectures on Computation*, Ed. A. Hey and R. Allen, Addison Wesley, Harlow.

HENDEE W., RITENOUR E., 1992, *Medical Imaging Physics*, Mosby-YearBook, St. Louis.

PLAZAOLA F., 1999, «Fusio Nuklearra: hurbilago, baina urrun», *Elhuyar* 141, 38-43.

RIORDAN M., HODDESON L., 1997, *Crystal Fire: The Birth of the Information Ages*, W.W. Norton, London.

ROA G., 2000, «Nanoteknologia, txikiak nagusi», *Elhuyar* 159, 28-32.

WILLIAMS R.S., 1998, «Computing in the 21st century: nanocircuitry, defect tolerance and quantum logic», *Phi., Trans., R. Soc. Lond. A* 356, 1783.¶

# Zientziaren kultur erronkak. Kultura modernoa zientifikoki islatutako kultura gisa



A N D O N I I B A R R A



X. mendeari «Zientziaren Aro» izendatu izan zaio. Lau gertakarik ezaugarrituko lukete aro hau:

1. Zientzi eremu batzuek —bereziki zientzia fisiko-kimikoek eta biologikoek—ezagutza eta prozesu teknologikoekin izandako gero eta lotura estuagoa;

2. Eremu eta diziplina batzuek —tipikoki giza eta gizarte zientziek—, beste batzuekin —natur zientziekin— alderatuz, izandako aurrerapen urria;

3. Zientziatik kanpoko erakundeen —batik bat gobernuen eta azken aldian enpresen— eragina ikerketa lerro batzuen alde eta besteen kalterako; eta

4. Zientzialari elkarteek lortutako neurri kuantitaboa, mendearen amaieran zientzia gizartean zein sartuta dagoen adieraziz: EAEko biztanleetatik %4 ari da ikerkuntzan (1995), EBn %4.9 (1995), EEBBetan %7.4 (1993) eta Japonian %9.4.

Gertakari hauetatik interes handiko auzi eta erronkak eratoritzen dira. Gera gaitezen horietatik lau hauekin:

- giza/gizarte zientzien eta natur zientzien arteko erlazio gatazkatsua, esparruotan lortutako garapenen arteko diferentziak eraginda;

---

► **Andoni Ibarra** EHUko Sanchez-Mazas Katedraren arduraduna da eta Zientziaren Filosofia Unitateko (EHU-CSIC) kidea.

- natur zientziak eta teknologiak kulturari egindako ekarpena eta hau birkontzeptualizatzeko beharra;
  - zientziaren etika tradizionala aberasteko beharra; eta
  - zientzialariaren eta publikoaren arteko harreman tradizionalen birplanteamendua.
- Lehenik eta behin, analisi-ikuspuntu orokor bat aurkeztuko dut.

## Zientzia ulertzeko marko bat, gaur

Aipatutako gertakariak zientziak eta teknikak gure bizimoduan eta kulturaren duten zentraltasunaren aztarna dira. Egun ezin dira hauek ulertu haien eragin indartsua aintzat hartu gabe. Baina, alderantziz, gizarte bizitzak eta kulturak zientziaren garapenean duten esku-hartzearen aztama ere badira. Nola jarrai dezakegu, egun, garapen hori bere gizarte eta kultur kontestualizaziotik banatzen? Imajina dezagun baliabide energetikoen eta energi ekoizpenaren inguruko ezagutza zientifiko eta teknikoari buruz informatu nahi dugula. Zein neurritaraino albora ditzakegu informazio horretatik baliabide fosilek eragindako ingurumen arazoak edo Txernobilekoaren antzeko istripuek gauzatutako arriskuak?

Horri dagokionez, aurreko mendetik garapen zientifiko-teknikoaren funtsezko kontzeptu bati ez zaio behar besteko arretarik ipintzen: arriskuaren kontzeptuaz ari naiz. Eta, haatik, arriskuaren kontzeptuaren ulerkuntza funtsezkoa da honakoa nahi bada: publikoak zientzia kritika guztietatik at dagoen zerbait miragarritzat baino, zerbait eztabaidagarritzat jotzea, eztabaida horretan parte hartu behar duela konturatuz. Historiak agertzen duenez, zientzi eta teknologi aldaketak «arriskutsuak» dira eta, ezaugarri hau ahazten bada, aldaketa horien benetako izaera iluntzen da.

Jakina, zientzialari eta teknologoak berak ere horren jakitun dira. Izan ere, sarritan, oso nabarmen ageri da izaera hori. Hain nabarmen ezen zientziaren publikoarekiko

komunikaziotik saihesten baita. Ondorioz, helburutzat zientziaren ulerkuntza publikoa (*public understanding*) duen eginkizun horrek, gehiegitan, natur zientzialarien aldetiko justifikazio publikoaren itxura hartzen du, gizartearen aurreko legitimazioa xede. Publikoaren ustezko kulturizazio zientifiko horretan, beraz, sarritan natur zientziak —neurri txikiagoan giza eta gizarte diziplinak— modu dogmatikoan aurkezten dira. Horrela, publikoak haien emaitzak onartzen ditu, emaitzon ulerkuntza eta ebaluaketa kritikorik sortzera iritsi gabe.

Normalean, lorpen zientifiko eta teknikoan mende amaierako balantzea egitean, formulatutako teorien eta ahalbidetutako objektuen gordailu gisa aurkezten zaigu zientzia. Aurkezpen horietan, zientzi teoria eta objektuek berez hitz egiten dute; gehienez ere horiek sortu dituzten zientzi pertsonalitate entzutetsuekin lotzen dira. *Zientzia -ren historia heroiko* delako horrek kritika bizia jasaten du egun. Jakina, zientzi teoria eta objektuek badute berez esanahirik, baina historia heroikoak ez du esanahi osoa atzematen. Gaur egun zientziaren ulerkuntza publikoa hainbat esparruren parte-hartzearen testuinguruan osatzeari ekin zaio. Izan ere, esparru horietan zientzi emaitzek esanahi kulturalki osoagoa erdiesten dute. Eginkizun hau ez da erraza, zientifikoki berria dena eragiten duen ideien komunitatea eraikitzea baita haren xedea. Zientzia kultura ren zati osagaitzat ulertzen duen ikusmoldearen —hemen defendatzen dena bezalakoaren— erronka hau da: zientzi berrikuntzaren ulerkuntza, berori ekoizten duen ideien komunitatearen identifikaziotik sustatzea.

Beraz, gizarte eta kultur ikuspuntutik —zientzia ere behatu behar den ikuspuntu finalistatik—, ulerkuntza ezin da kontzeptu eta teorien eraketara murriztu. Zientziaren historiografia berrienak agertzen duen legez, ulerkuntza horrek eraketa hori gauzaten duten praktika eta jardueretik interesa eskatzen du: laborategiko lanak, bertan dauden objektuak, erronka zientifiko-teknologiko batean sartzen diren aktoreak, edo historiako porrotak. Zientziaren historiografia jarauntsiak Pasteur- ez hitz egiten digu, ez harekin eztabaidatu zuen Félix-Archimède

Pouchet-ez. Egun, haatik, argi dago zientzia kultur jardue-  
ra bailitzan ulertzeak honakoei ere arreta jartzea eskatzen  
duela: adibidez, ontzi hermetikoki itxi batean organismo  
txikiak sortu zirela zioen Poucheten baieztapena bere ga-  
raikideentzat artifizial eta sinesgaitz bihurtzen zuen tes-  
tuinguru sozial, intelektual eta esperimentalari. Sinesga-  
rritasun gabezia horrek Pasteurren tesien garaipenari la-  
gundu zion.

Mende berriaren hasieran, beraz, zientzia eta tekno-  
logia direna bezala komunikatzea da xedea: jakintzaren  
eta bere aplikapenaren gauzatze hau ez da sortzen gizarte-  
tik bakartutako genio handi batek egia absolutuaren atze-  
tik eginiko bilaketatik, ezta pertsona sortzaileek baldint-  
zatzen ez dituzten asmakuntzetatik; aitzitik, gizartean  
e rrotutako aktoreen jarduerak sortzen ditu, gainerakoan  
ambizio, sentimendu eta berezitasun berberak dituzten ak-  
toreenak, hain zuzen.

Zientzia eta teknologiari buruzko azterketa berri bat-  
zuen arabera, gizarte testuinguruak baldintzatzen du neu-  
rri handi batean ezagutza zientifiko eta teknikoak hartzen  
duen forma. Zentzu honetan, adibidez, bizikletaren gara-  
pen teknikoa ezin da azaldu soilik eraginkortasun tekni-  
koaren inguruko irizpideen inplementazioaren emaitza  
gisa; horrez gain, kontsiderazio tekniko zorrotzetatik at-  
dauden gizarte eragin jakin batzuk ere aintzat hartu behar  
dira (Bijker 1995). Jakina, gertakari hauetatik ezin dira  
ondorio unibertsalak atera, eta kontestualizazio horrek  
ezagutzaren garapenean betetzen duen zeregina aztertu  
behar da (Hacking 1999).

Gizarte eraginak zientziaren —natur zientzien ere—  
eta teknikaren garapenean duen indarrari buruzko eta  
hizkuntzak zientzi autoritatearen sinesgarritasunean duen  
zereginari buruzko azterketa horiek kontrako erantzuna  
eragin dute zientzialari entzutetsuen zenbait zirkulutan.  
Zer adierazten du, horien ustez, zientzi pertsonalitate ga-  
rrantzitsuak «sozialki kontestualizatuak» izateak? Hauxe,  
bada: natur zientziaren zuzentasunaren aurkako eraso  
eta giza eta gizarte zientzietatik datozen azterketa askoren  
zentzugabekeria eta hitzontzikeria. Horren ondorioz, mun-

du angloamerikarrearan bederen, natur eta gizarte zientzialarien arteko gerra piztu da, azken buruan, natur zientzien eta gizarte zientzien arteko amildegia. Ez dut uste zientzia eta teknologiari buruzko gizarte azterketak, gizarteak natur zientzia eta teknika gutxienez partzialki baldintzatzen dituela agertzen dutela-eta, a priori baztertu behar direnik, zientzialari askok egiten duen legez (Wolpert 1993). Haatik, nago planteamendu horrek, *natur zientziak gure kultura eta gizartearen funtsezko zatizat hartzerakoan*, ikuspuntu oso interesgarria irekitzen duela. Zalantzarik gabe, begi onez hartu beharrekoa.

Beraz, publikoa zientzi eztabaidan parte hartzen saiatzen denean —horren aldekoa naiz ni neu ere—, garrantzitsua da natur zientzia eta teknika ulertzeko gure saiakeran horien baitako jardueretan esku-hartzen duten gizarte, kultur eta giza alderdiak alboko gehigarri huts gisa ez hartzea. Aitzitik, alderdiok jarduera horien eta beren emaitzen ulerkuntzaren erdigunean kokatu beharko lirarteke.

Komunikazio teknika berriek itxaropenerako oinarria eskaintzen dute erronka horretan. Izan ere, egun, publikoarentzat orain arte itxita zeuden zientzialarien arteko elkartrukeak ikusarazten dituzte teknika horiek. Gaur egun internet guztiontzat irekita dago, eta espezialistek zein ezjakinek zientziagintza erreala ren («zientziagintza ekinean», Latour 1987) aldaera elektronikoa sartzeko aukera dute. Bertan, bere eztabaidetan sartuz gero, gizarte zientzialariek azken urteotan zientziari buruz esaten dituzten gauza asko nabarmendu daitezke: ziurgabetasunak, huts egindako aurreiritziak, zientzialarien arteko lehia profesionalak, bertan diharduten aktoreen heterogeneotasuna. Sareko zientziagintza, zientziagintza ekinean, ez da ez sistematikoa ez doktrinarioa.

## Zientzien arteko banaketa?

Aurreko atalean natur zientzialarien eta giza eta gizarte zientzialarien arteko gerra aipatu dugu. «Sokal au-

zia» delakotik, «zientzien gerra» gisa ezagutzen den gerra horrek eztabaida zorrotza piztu du batik bat Estatu Batuetan eta Frantzian (Sokal/Bricmont 1997). Nire ustez, egungo «zientzien gerra» ikuspuntu bitatik interpreta dezakegu, behatzailearen kokapenaren arabera:

- Natur zientzien ikuspuntutik, giza eta gizarte zientzien zati handi bat (literatur zientziak, *Geisteswissenschaften*, aurrerantzean kultur zientziak deituko diet) —batik bat «frantses estiloan» ekoiztutakoa— zentzugabekeria edo hitzontzikeria hutsa bailitzan agertzen da. *Performance* modukoak lirateke: bertako protagonistek matematikaren edo zientzia enpirikoen gaizki ulertutako atalekin antolatzen dituzte beren ikuskizunak. Jarrera honek iruzur intelektualaren itxura du: zilegi al da natur zientzien eta matematikaren kontzeptuak beren testuingurutik kanpo metaforikoki erabiltzea? Kultur zientziek gaizki datozkien jantziak darabiltzate, beren lotsak estaltzeko baino balio ez dutenak. Sokalek salatzen duenez, itxurakeria horien atzean ez dago ezer zientifikorik. Sokalek emandakoak baino urrats bat gehiago eman eta paristar «zientzialarien» zentzugabekeriaren salaketa orokortu besterik ez dago, kultur zientzialariet, matematika eta natur zientziaren lanabesak erabiltzean, beti iruzur intelektuala egiten dutela ondorioztatzeko.

- Beste ikuspuntua kultur zientzialariena da. Batez ere konstruktibismo soziala deitutakoaren inguruko jarre-  
rak hartzen dituztenena. Ikusmolde horretan natur zientzien «objektibotasuna» jartzen da auzitan. Zientzi ezagutza, oro har —eta, beraz, baita natur zientziarena ere—, sozialki eraikitzen da eta ekoizpen testuinguruak gogor baldintzatzen du. Natur zientzialarien —bapateko— filoso-  
fiak, haatik, kontestualizazio hori ukatzen du. Baita, ziur asko, konstruktibismo sozialaren kontingentziaren tesia, hau da, munduari buruzko gure oinarritzko teoriak egun-  
goekiko erabat ezberdinak izan litezkeela baieztatzen duen tesia. Natur zientzialarien iritzi, tesi hauek zientzi jarduerarentzat interesik ez duen idealismoa adierazten dute, mundua borondate eta errepresentaziorako gure ahalmenen emaitzatatzat ikusaraziko gintuzkeen idealis-

moa. Baina zientzia eta teknologiari buruzko ikerketek, gutxienez 70eko hamarkadatik, ongi finkatuta dutenez, zientzi ezagutza zientzialarien giza talde batek ekoiztutako ezagutza da. Eta, beraz, teologoen, aztien eta abarren ezagutza ere aztertzen den era berean iker daiteke (Iranzo/Blanco 1999). Printzipioz, jarrera konparatista horrek ez garamatza, besterik gabe, ezagutza mota guztiei eskubide berdintasuna aitortuko liekeen erlatibismora.

Ikuspuntu bien emaitza gisa, natur zientzialariek zientzi analfabeto bailiran hartzen dituzte kultur zientzialariak, eta horiek zientzialaritzat ez aintzatesteko argudio berriak topatzen dituzte; kultur zientzialariek, ostera, natur zientzietako kideen hertsikeria salatzen dute.

Hauek dira Sokal auziarekin batera 90eko hamarkadan agertu diren lehiaren nondik norakoak. Baina atal honetan defendatu nahi dudan tesi nagusia hau da: Sokal auzia delakoa natur eta kultur zientzien arteko krisi erlazioaren sintoma baino ez da, erregulartasun jakin batez agertzen den eta betidanik gogoeta filosofikoa sustatu duen krisiarena, hain zuzen. Sokal auzia beste ziklo bat da. Gure artean, hala ere, auzi horrek ez du harrera erraza eduki, ez baitu ia oihartzunik izan. Baina, gainera, eztabaida ulertezina bilakatu da, funtsezko murrizketak izan baititu. Sokal auziak zientzien arteko erlazioari buruzko eztabaidaren oihartzuna aurkezten du, erlazio horren historian eta muinean barneratzea eskatzen duena. Horrek, zientziarentzat ez ezik, kulturaren bilakaerarentzat eta zientziak bertan izan behar duen zereginarentzat ere garrantzi berezia dauka.

Mende amaierak «gure garaiko kultur egoerari» buruzko analisi burutsuak ekarri dizkigu. Azpimarra dezagun horietatik gehienetan natur zientzia edo teknologiaren aipamenik ez dela egiten. (Gauza bera ikus daiteke gure «kultur» gehigarri eta aldizkari gehienetan). Kultur zientzialari ezagunenek ez dute beharrik sentitzen garai bateko egoera kultural eta intelektualari egindako ekarpenen artean natur zientziaren eta zientzialarien aipamenik egiteko<sup>1</sup>. Ondorioa: natur zientzia bizitza intelektualetik kanpo dago. Areago: hezkuntza eta kulturaren esparrutik ere



kanpo dago. Horrela, azkenaldian oso laudatutako Richard Rorty filosofoaren iritziz, hezkuntzaren gizarte eginkizuna filosofiari eta kultur zientziei dagokie, ez natur zientziei. Hauei, ostera —eta Habermasekin bat eginenez—, interes kognitibo tekniko hutsa atxikitzen zaie. Historian atzera egingo bagenu, jarrera hori XIX. mendean eta XX.eko zati batean hainbat filosofo eta zientzialarik defendatutakoaren aurka dagoela ikusiko genuke. Helmholtz-entzat, kasu, «hezkuntza» kultur zein natur zientzien gaia da.

Sokal auziak hogeita hamar urte atzeragoko beste eztabaida bat ere gogoratzen du. Snow-ek *literatur* inteligentzia eta natur zientziena bereizten zituen (Snow 1959). Orduetik kultura biak adiskidetzeko saiakera esplizituak planteatu dira. Bada soluzio erraz bat: kultura biak beti baliagarria den espektoaren metaforaren arabera ulertzea. Horrela, horien arteko funtsezko hausturarik ez dagoela baieztatzen da, gradazio aldaketa soila baino ez. Norabide horretan eskaintzen da bitik hiru kulturen kontzeptualizazioranzko urratsa. Horren arabera, hirugarren kultura ordezkatzan duten zientzialari enpirikoak, «beren obra eta literatur ekoizpenaren bitartez, intelektual klasikoaren lekua betetzen ari dira gure bizitzaren zentzurik sakonena agerian jartzerako orduan» (Brockman (arg.) 1996, 13). Proposamen horiek, asmo onekoak izanagatik, azalekoak dira eta ez oso errealistak. Ez dute interes kognitibo batzuetatik besteetaranzko «urratsik» ezartzen; aitzitik, hasierako dikotomia saihesten duten ezagutza espektrorik irudikatzen dituzte. Kultur eta natur zientzien adiskidetzearen aipamen hutsa ez da zertan *fiat* batean ebatzi behar.

Sokal auziak irekitako «zientzien gerra» ez da, agian, zientzi eremu bien arteko banaketa aztertzeke modurik egokiena, baina argi uzten du arazoa benetan badela. Historikoki banaketa horrek ez du onarpen orokorrik izan. Aitzitik, alderantziz. Zenbait eztabaiden emaitzek, jarraian ikusiko dugunez, banaketa gainditzeko joera agertu dute.

Eztabaida intuitiboaren esparruan hiru jarrera gailendu dira: (i) banaketa hura benetako existentziarik gabeko

«mitotzat» hartzen dutenena; (ii) gauditua izango den behin-behineko egoera baten adierazpen gisa azaltzen dutenena; (iii) giza izaera beti urriaren emaitza gisa interpretatzen dutenena. Hiru ikusmoldeok errazegia bihurtzen dute arazoaren ebazpena.

Arazoa, haatik, bada eta konplexuagoa da, eztabaida filosofikoak agertzen duen legez. Gutxienez duela ehun eta berrogeita hamar urtetik planteatu da, eta ez dugu hartu behar ezer errealari ez dagokion ameskeria huts legez, ezta natura eta kulturaren arteko banaketa tragiko baten adierazpen legez, mendebaldeko gizarteak hobetzeko edo ebazteko itxaropenik gabe eraman beharko lukeen banaketa alegia. Arazoari, azken buruan, *zientifikoki eta sozialki* egin behar zaio aurre.

Arazoari heltzen hasteko, azken ehun eta berrogeita hamar urteen esparru historikoan kokatzen badugu hobeto aztertu ahal izango dugula pentsatzeko arrazoiak badiugu. Izan ere, garai horren hasieran, eztabaidaren baitan filosofoez gain zientzialari itzaltsuak aurki ditzakegu (Helmholtz, Haeckel, Ostwald, du Bois-Reymond, eremu alemaniarreko batzuk aipatzearren).

Kontestualizazio historikoaren eginkizun horrek orrialde hauen mugak gaudituko lituzke. Hori dela eta, zientzi eremu bien arteko erlazioaren erronka zuzen-zeharka planteatu duten —eta XXI. mendean ere planteatzen duten— eztabaida gune batzuk identifikatuko ditut:

1. Lehen gune bat zientzi eremu handi biek —natur zientziek eta giza eta gizarte zientziek— kulturaren sistema orokorrari egindako ekarpen beti positiboa zehazten saiatzen zen, beti ere eremu bion estatus epistemikoen arteko ezberdintasuna aintzat hartuz. Filosofiarekin edo artearekin batera, zientziak, oro har, gizarte ilustratu baten egitasmoei erantzungo liekeen kultura zientifikoa eraikitzen lagundu beharko luke. Zientziak, artea eta filosofia batzen dituen kultura baten egitasmu hau, egun, duela hirurogei edo hirurogeita hamar urte baino urrunago da goela dirudi.

2. Baina kultura bateratu baten aldeko ekarpena bilatzearekin batera, azken mende t'erdi honetako beste

ohiko eztabaidagai bat alde batetik natur zientzien eta bestetik gizarte zientzien —bereziki historikoen— ezaugarri bereizleak identifikatzeaz arduratu da. Eztabaida esparru honetan gogoeta filosofiko andana bat topatzen dugu hasieran, baita interes soziologikoa duten gogoetak ere, ondoren. Eztabaida hauetan jorratutako hainbat auzi irekita daude oraindik: zientzi azalpenen izaera zientzi eremu handi biotan, diziplina bakoitzaren eta balioen arteko erlazioak, eta abar.

3. Snowek aurkeztutako banaketa gutxienez XIX. mende erdialdetik aintzatesten da, kultur zientziak natur zientzien antzeko estatusa eskuratzan saiatzen diren unetik. Eztabaida lerro bat zientziaren ikusmolde bateratzaile bat sustatzen aritu da, hala ere estatus epistemikoen arteko diferentzia onartuz. Vienako Zirkuluaren programa entziklopedistak egitasmo bateratzaile hau bultzatu nahi zuen, zientzia osoarentzako hizkuntza fisikalista baten oinarritik abiatuz.

4. Azken hamarkadetan zientziaren irudi erlatibizatuagoak eskaintzen dira. Tradizionalki, —zientzi— ezagutza sinesmen justifikatu eta egiazkotzat hartu du filosofiak. XX. mendean zehar, haatik, gero eta indartsuago eraso izan da ezaugarri horiek ezagutzari oro har esleitzea, filosofiari eta kultur zientzietan ez ezik natur zientzietan. Alde batetik, egungo filosofoek onartzen dute zientzia enpirikoen emaitza guztiak berrikusgarriak eta soilik gutxi gorabehera baliozkoak direla, eta zientzi ikerkuntzaren prozesua ezin dela deskribatu denboraz kanpoko egiaren bilaketa bailitzan. Baina, beste aldetik, adierazi dugun legez, natur zientzialari gehienek —argi eta garbi jarrera positibistetan (Wilson 1998) edo errealistetan (Maddox 1998) kokatuak<sup>2</sup>— ez dituzte onartzen muga epistemiko, soziologiko eta historiko horiek postulatu kognitiboetan barneratzen dituzten erlatibizazioak.

5. Soziologiak ere, aurreko mendean, arreta berezia jami du ezagutzaren arazoan. Durkheim ezagutza orokorra baldintza soziologikoak argitzeaz arduratzen zen. Hurrengo urratsa baldintza horiek bereziki zientzi ezagutzarentzat argitzea zen. Lehenik kultur zientziaren ezagut-

zarentzat —soziologiari berari buruzko eztabaida 20ko hamarkadan. 70eko hamarkadatik aurrera baita natur zientzientzat ere, ezagutza egiarekin zerikusirik ez duen kontzeptu hertsiki epistemikotzat hartzearen ondorioz. Zientziaren azterketa soziologikoek eragindako ondorioa argi dago: natur zientzien ustezko estatus kognitibo espezifikoa auzitan jartzen da. Beste eztabaida gunetan bezala, horrela kultur eta natur zientzien arteko aldea leuntzen da.

6. Azken bizpahiru hamarkadetako postmodernistak natur eta kultur zientzien arteko erlazioa ikuspuntu zabalago batetik aztertzen saiatu dira, erlazio horretan erlijioa, artea edo filosofia ere sartuz. Horrela, adibidez, Rortyren aburuz, zientziak ez du munduaren edo errealitatearen errepresentazio zehatzik eskaintzen. Ezagutza lotuago legoke usteen justifikazio sozialarekin. Eginkizun honetan ezagutza bestelako diskurtso moten mailan jartzen da, dela artea, erlijioa edo filosofia. Natur zientziako teoria baten eta judizio estetikoari buruzko diskurtso baten arteko ezberdintasuna ez da funtsezkoa, mailakoa baizik.

Funtsean ezberdinak ez diren diskurtso horiek era bitartara taxutzen dira eztabaida gune honetan: zientzia gainerako kulturaren mailan jarriz edo kultura zientziaren mailan jarriz. Rorty eta zenbait postmodernok lehena hautatzen dute. Baina ez da aukera bakarra.

(Oso hedatuta dagoen iritziaren kontra, zientzia eta teknologiari buruzko ikerketak ezin dira postmodernismo erlatibistarekin identifikatu. Lehenbizikoentzat jendearen usteen azalpenak, zientzilariena barne, bilatzeak badu zentzurik. Eta azalpen horiek alderdi sozialak dituzte. Erlatibista postmoderno askorentzat, ostera, munduaren zientzi ikusmoldeak ez dira «istorioak» baino, zientzi bertute tradizionalik gabeak. Beraz, zientzialariaren diskurtsoak ez du balio bestelako edozein istorio kontalarirenak baino gehiago).

7. Beste proposamen multzo batek jorratu berri ditugun eztabaida filosofiko, soziologiko edo postmodernisten beste aldean du abiapuntua. Natur zientzian bertan kokatzen da eta helburu garbia du: ezagutzaren asmo oi-

na rriztatzailleak —filosofiatik etorritakoak— zein ezagutzaren teoria soziologikoaren helburu epistemikoak auzitan jartzea. Proposamen hauek naturalizazio egitasmoekin identifikatzen dira: ezagutzaren teoria filosofikoa ordeztzeko, ezagutzaren azterketan zientzia bera —psikologia kognitiboa, eboluzio biologikoaren teoria edo informazio zientziak— erabiliko duen beste teoria batzuetara jotzea dute xede. Proposamen naturalista hauek kultur zientziei ezagutzaren beren ohiko aztergaietan duten pribilegioa ukatu nahi diete. «Iraultza naturalistak» ere zientzi eremuen arteko ezberdintasunak leuntzen ditu, baina horretarako kultur zientziei zientzi ezagutzaren *preforma* estatusa atxikitzen die zentzu zorrotz batean, estatus hura natur zientzien teoriari soilik ezagutzen.

8. Zientziaren matematizazioari buruzko eztabaida ere esanguratsua da atal honetan. Tradizionalki, diziplina baten matematizazioa hura kultur zientzien eremutik ateratzeko irizpidetzat hartu izan da. Egun, hala ere, kontzeptu matematikoak erabiliz gero diziplina bat natur zientzien eremuan sartzea eztabaidagarria da. Ekonomia, soziologia edo psikologiako hainbat eta hainbat adibidek argi uzten duten legez, diziplina matematizatu jakin batzuek kultur zientzien eremuan *ere* izan dezakete bere lekua. Matematizazioa ez da, dagoeneko, zientzi eremuen arteko funtsezko banaketaren bereizgarri.

9. Natur eta kultur zientzien arteko erlazioen azterketa, sarritan, modu abstraktuan egiten da, erlazio *horiek* gertatzen diren testuingurutik bakartuz. Ostera, zientzia batzuk eta besteak testuinguru jakinetan daude; horietan gertatzen diren harreman eta elkarrikeria lokalen ekintza andanak funtsezko ezberdintasun sinplisten bilaketa zaharkitzen du. Gero eta gehiago, diziplinarteko edukiek identifikatutako tarteko eremuetan ekoizten da ikerkuntza, diziplinen bereizketa akademiko zaharra zokoratuz. Pentsa, adibidez, giza genomaren egitasmoan parte hartzen dutenengan: bizitzaren zientzialari eta teknikariak, filosofo eta legelariak, soziologoak, ekonomialariak eta antropologoak. Ere berri hauek arazo berriak planteatzen dizkiete natur eta kultur zientziei zein filosofiari, uler-

kuntza egokirantz iristeko eta ezinbesteko lankidetza ahalbidetuko duten lanabes metodologiko eta linguistiko berriak ezartzeko asmoz.

10. Zientzi eremu bien bereizketaren aldaera historiko bat Norbert Elias-ek *kulturaren* eta *zibilizazioaren* artean egindako bereizketak dakar. Horrela, natur zientzien eremuari zibilizazioa dagokio; kultur zientzienari kulturaren esparrua. Bereizketa horren ondorioz, hezkuntza kultur zientzietan lotzen zaie. Ikuspuntu honek, lehen aipatutako lankidetza lokalaren sustapena ez ezik, kulturaren zientifizazioa —hau da, *zientifikoki islatutako kultura*— eragozten du. Kultur zientziak hezkuntza konpentsatzaile hutsera murriztea da natur zientzien ezagutza «ezagutzaren interes tekniko» hutsera murriztearen txanponaren beste alde. Hezkuntza lanaren zoritxarreko banaketa horrek *zientifikoki islatutako kultura* modernoaren aukera ezabatzen du. Eta horregatixe, kultur zientziak ez dira esanguratsuak gure garaiko egoerarentzat, zientifikoki eta teknikoki gorpuztutako egoera batentzat, alegia.

Sokal auziaren ondoko «zientzien gerrak» natur eta kultur zientzialarien arteko amildegia areagotu du. Ondorio hori, besteren artean, aipatu berri ditugun eztabaiden ezezagutzaren emaitza baino ez da. Labur ditzagun, ondoren, egungo zientziaren kultur erronkak finkatzeko ikasgaiak interesgarrienak:

(i) Zientzi eremu handi bien arteko konexioak espazio jakin batean gertatzen dira beti: bertan indar sozialek esku hartzen dute eta alderdi epistemikoak (hots, ezagutzarekin erlazionatutakoak) ez ezik, hezkuntza, komunikazio eta inplementazio teknologikoaren dimentsioak ere aplikatzen dira.

(ii) *Zientifikoki islatutako gizarte* baten garapen eta hautemateak zientziaren eremu biek —natur eta kultur eremuek— gizarte testuinguruan duten erlazioaren kontzeptualizazio konplexuagoa eskatzen dute.

(iii) Hauxe da erronka: natur eta kultur zientzien pentsamendu eta hizkuntza estiloak antolatzen, hau da, konexio harmoniko batean jartzen saiatzea. Hurrengo atalean horretarako estrategia bat proposatzen da.

## Zientzien *baitako* banaketa?

Zientziaren balioa eta autoritatea sustatu eta ahalbidetzea da zientzialarien ardurarik nagusietakoa. Paradoxikoki, haatik, natur zientzialariek zientziari buruz hartzen dituzten hainbat ideia jite askotako jarrera antizientifikoaren jomuga erraza bilakatzen dira, jarrera postmoderno erlatibistena barne. Horietako ideia batek zientziaren eremua errotik bereizten du, kultur zientziei zientziatasuna bera ukatzeraino edo, hain muturreko jarrera hartu gabe, horiek zientzia fisikoen eredura murriztuz (Maddox 1998). Baina, kultura zientifiko batentzat —hau da, *zientifikoki* zuzendutako, *islatutako kultura* batentzat—, ez du zentzurik kultur eta natur zientzien arteko «ezberdintasuna» ukatzeak, ezta eremu bion arteko bereizketa metodologiko zurrun eta absoluturik egiteak ere. Erronka, aitzitik, hauxe da: jakintza eremu bien arteko harremanen eta elkartruke lokal eta mugatuaren aukera multzo bat garatzea. Aukera multzo honek ez luke eskatu behar elkarren arteko ulerkuntza osoa edo zientzien funtsezko auzietan guztiz bat etortzea.

Zientzi diskurtsoen arteko elkarrekintza partzialezko esparru honi Peter Galison-ek elkartruke eremua deitu dio (Galison 1997). Eremu honen eraginkortasuna zientzi diziplina eta kultura ezberdinek ulerkuntza eta lankidetzak lokala lortzearen menpe dago. Eginkizun horrentzat funtsezkoa da komunikazioa eta kooperazioa ahalbidetuko duten hizkuntza eta sistema kontzeptual berriak sortzea. Horretarako ez da beharrezkoa diziplinen arteko muga tradizionalak desagertzea, muga horien birkontzeptualizazioa eta birdiseinua baizik. Zientziaren egungo garapenak erakusten duen legez, diziplinen artean mugak zorrozteak edo ezberdintasunak ezabatzeak ez diote zientzi aurrerapenari ezer eskaintzen. Aitzitik, muga tradizional horien eraldaketa konstruktiboa lotzen zaio aurrerapen horri.

Zientziaren funtsezko balioa ez datza, zientziaren ikuspegi erromantiko batek baieztatzen duen legez (Appleyard 1992), bizitza eredu izatean: bizitzarik onena zientziak finkatutako jokabidearekin (*ethos*) bat datorren hura

litzateke, hau da, razionalki, irudimentsu, aske eta ausart bizitako bizitza bat. Aitzitik, funtsezko balio hori kultura orokorri egindako ekarpenean datza, munduaren ikusmolde zientifiko bat eskaintzean: horretarako, ezagutza osoa modu bateratzailean osatu behar da, zientzi ezagutzaren integrazioetik hasiz.

Baina nola agertzen dira gertakariei buruzko auziak zientzia bakoitzean? Har dezagun, adibidez, biokimikari baten kasua, honakoa baieztatzen duenean: prozesu biologiko guztiak azken buruan kimikoak direnez, abelazkuntzan ez dago funtsezko ezberdintasunik produktu kimiko natural eta artifizialen erabilpenaren artean, ezta nekazaritza organiko edo inorganikoa mantentzearen artean ere. Biokimikariak arazorik gabe egin dezake halako baieztapena, bere zientzi autoritatearen barnean sartzen den heinean. Zentzu honetan, nekazaritza mota bakoitzaren edo abereentzako produktuen onuren artean erabakitzerakoan, haren ezagutza esanguratsua da. Baina, hala ere, nekazaritza moten artean zehazki erabakitzekeo judizioa biokimikariaren autoritatearen esparrutik haratago dago. Biokimikaren printzipio orokor eta abstraktuek barrik ezin dute eskaini auzi horri buruz ezagutza espezifikoagoa eskatzen duen erantzuna. Horretarako beste diziplina batzuetara jo behar da, biologia eta ekologiara, kasu. Areago, nekazaritza teknika aplikatu nahi den testuinguru sozial eta instituzionalari buruzko beste ezagutza mota batzuetara ere jo behar da: esate baterako, teknika-  
ren batek ekar ditzakeen ongarri jakin batzuk erabiltzeak inplikazio sozial eta ekonomiko larriak izan ditzake, eta horiei buruz ezein natur zientziak ezin dezake judiziorik eskaini. Halako arazo sozio-ekonomikoentzako ebazpen «tekniko» hutsen ezintasuna ikusita iraganean, hortik ikasi eta arazo horien konplexutasunera iristen ez den utopismo teknikoari —sarritan gobernu eta administrazioen buruetan— muzin egin beharko genioke.

Nola erantzun, bada, natur eta kultur zientzien topaketaren erronkari? Azpimarra dezagun ez dela hau auzi akademiko hutsa. Hau da, zientziak gizartean —zientziak taxututako gizartean— duen zereginarekin ere badu zeri-



kusia —hots, zientziaren funtzio sozialarekin. Hasteko: zeren menpe dago zientzi mota bien arteko bereizketa?

Batzuetan, erabilitako metodoen arabera egiten da bereizketa, bestetan ekoiztutako edukien arabera. Oro har, zientzi eremu bien arteko ezberdintasuna zehazten saiatu diren jarrerak bakoitzaren objektu eremuen arteko bereizketan hartu dute oinarri: *naturaren* zientziak; *espirituaren* edo *kulturaren* zientziak. Bereizketa ez da onargarria, erre alismo inozo defendaezina islatzen baitu. Eremu bion arteko lankidetzari ez dio, gainera, ia lekurik uzten. Aitzitik, horiek bateratzeko saiakerek batasun metodologikoa azpimarratu dute. Bide hau emankorragoa izan daiteke bateraketarako, baina ez bere bertsio tradizionaletan. Izan ere, horiek zientziaren berezko metodo gisa metodo jakin bat identifikatu nahi izan dute. Metodoa baino, zientzien benetako estrategia edo jarduerak identifikatzen saia gaitzeko, zientziak kultur jardueratzat hartzen.

Zientzien banaketa gainditzeko jarraitu izan diren estrategia bien izaera sinplista erakusten digu abiapuntu honek: (i) zientzien berdintzean oinarritutakoa: ezein zientziarentzako zoru ziur eta finkoan sinesterik ez dago dagoeneko, ezta zientzia «gogorrentzako» ere —beren ezagutzen egiari, objektibotasunari eta ukaezintasunari buruz zientzia hauek dituzten asmo epistemikoak murrizten baitira—; eta (ii) ezagutzaren naturalizazioan oinarritutakoa: tradizionalki kultur zientziei atxikitako getakarien azalpenerako *ere* natur zientzien autoritatera jo behar da. Ez dirudi ez bata ez bestea onartuko dituzten estrategia e realistik direnik, lehena natur zientzialariek, bigarrena kultur zientzialariek. Zientziak jarduera gisa ulertzearen abiapuntuak zientzien arteko erlazioen egonkortasunerako estrategia bat eskain diezaguke: lehen aipatutako elkartruke eremuen antolaketa.

Zientzia ez da, orduan, esparru —kultura— handi bitan banatuta ikusi behar, baizik eta orain arte zientzi diziplina deitutako azpikultura ugaritan. Horrela, hainbat azpikultura ditugu psikologian —bat «kulturalagoa», bestea matematikoagoa—, soziologian, ekonomian... sarritan gatazkan dauden azpikulturak. Bahe finago batekin ere

identifika daitezke: adibidez, mikrofisikan teorialarien, esperimentatzaileen eta lanabesen fabrikatzaileen azpikulturak identifika daitezke. Batzuetan azpikultura horiek kide gutxi batzuk dituzte, XX. mende hasieran elektroiarren masaren auzian zihardutenak, kasu. Gizarte kohesio maila ere aldatuz doa azpikultura batetik bestera: adibidez, Cavendish laborategiko fisikarien azpikulturaren gizarte kohesioa ez da beste azpikulturetan topatzen.

Adibide hauek erakusten dutenez, gatazka —edo dena delakoa—ez da, egun, zientzi eremu biren artekoa, azpikulturen artekoa baizik. Ez dago zientzien *arteko* gerrarik, zientzia singularren *baitako* gerra baizik. Gerra ez da bortitza elkartruke eremuak baitaude, azpikulturen ekimenen arteko koordinazio lokalezko leku sinbolikoak, azpikultura bakoitzaren mundu ikuskera *kultural* osoa ezinbestean onartu beharrik gabe. Elkartrukeak ez du izaera ontologikoa; aitzitik, ziur asko errepresentazio eta hizkuntza mota ezberdinetan —errealista, konstruktibista, logikoa, idealista...— taxututako jarduerak elkarturatu dira.

XXI. mende hasierako fisikan hainbat azpikultura, lan egiteko eta frogak lortzeko era, eskakizun ontologiko eta abar daude elkarren ondoan. Esan daiteke ez dagoela batuta, baina banaketa horrek ematen dio, hain zuzen, indarra eta egonkortasuna. Teorizazio, esperimentazio, lanabes ekoizpen eta ingeniarietza tradizio askotarikoak homogeneizatorik gabe koordinatzen dira elkarren artean, elkartruke prozesuari berari beharbada esanahi ezberdinak esleituz, eta batzuek besteen eraldaketetan ere esku hartuz. Zientziaren baitako gatazkek, era horretan, bake eta lankidetzarako bide bat aurkitzen dute.

Orokortu al genezake egoera hau gainerako zientzietara? XX. mende hasierako diziplina arketipikoa fisika zen. XXI. mende hasieran biologia molekularra da. Biologiak —batik bat teknika genetikoaz eta neurobiologiak— dakigunak XXI. mendeko zientziak oinarritatu ditzake. Zientzien arteko muga jite historikoaz eta egungo ikerkuntzaren kulturarteko izaeraz ohartzea da garrantzitsua, Foucault-en ildotik. Egungo *kimika biofisikoa* elkartruke eremu handi bat da. Bertan, hainbat azpikulturek mate-

riaren fisikaren formalismoa aplikatzen dute fase-transformatzioen errepresentazioetan informazio espazioan, prozesu materialak zuzenean aintzat hartu gabe. Har dezagun egungo zientzi ikerkuntzaren beste egitasmo paradigmatico bat: giza genomaren egitasmoa. Elkartruke eremu horretan jatorri askotariko zientzi-elkartruke jarduerak burutzen dira.

Jarduera horietan erabilitako hizkuntzek jardueren elkartruke lokal horiek lagundu edo oztopatu ditzakete. Adibidez, azpikultura baten kategoria kontzeptual guztiak beste batenera itzuli ahal izan behar direla eskatzen bada, ziur egon gaitezke ez dela ia harremanik izango. Egoera honek zientzi komunikaziorako benetako programa baten premia adierazten du —dibulgazio hutsera mugatuko ez dena—, komunikazioa oinarrituko duten hizkuntzen planifikazioaren erronka serioa hartuko duen programa. Zientziaren komunikaziorako programa bat hizkuntzen politika bat ere bada: hau da, zientzialarien beraien arteko eta horien eta publikoaren arteko komunikazioari eutsiko dion hizkuntza zientifiko, mestizo eta unibertsala ahalbidetuko duen hizkuntz politika bat. Itzuliko gara berriro hona.

Zientziaren batasun posibleak —azpikulturen artean, eta natur eta kultur zientzia tradizionalen artean— zerikusi zuzena du halako hizkuntzaren baten existentziarekin. Elkartruke eremuek, hain zuzen, azpikulturen arteko komunikazio eta eztabaida ahalbidetzen dute, hau da, hainbat hizkuntza edo sistema epistemikoren koexistentzia ahalbidetzen dute. Ikuspuntu honetatik begiratuta, alderdi batek besteari egindako kritika askok norberaren hizkuntza ezagutzen ez duen barbaroari egindako kritikaren taxua dute.

Laburbilduz, zientzia teoria-ekoizle —hots, diskurtso baten ekoizle— gisa ez ezik kultur jardueratzat hartuz gero, honakoa hobeto ulertzea irits gaitezke: hots, zientzi kultura bateratu baten ahalgarritasuna eta beharrezkotasuna zientzi azpisistema ezberdinen jarduera kontestualizatzaileari —zientzi kulturaren osotasunaren baitan— lotuta dago. Horrela, zientzi kulturaren egonkortasuna azpikulturen aniztasuna gordetzearen ondorio bilakatzen da.

Gizarte osoak kudeatu behar du zientzien arteko egungo inkomunikazio egoera, egungo garapen zientifiko eta teknikoak planteatzen dituen erronkei aurre egingo dien gizarte kultu baten xedeak lortu ahal izateko.

## Zientziaren erronka etikoak

Dirudienez, printzipioz, etika eta erantzukizuna berezkoak zaizkio zientzi jarduerari, hau da, zientziagintzan dihardutenek beren gain hartutako balioak dira. Haatik, zergatik galdetzen dugu etengabe zientziaren jokabide etiko eta moralei buruz? Izan ere, giza izaeraren ahulezia eta fede txarrez jardutearena alde batera utzita, bada zailtasun sakonago bat: gauza bat da ona zer den jakitea, eta beste bat zerbait ona egiteko gehien komeni dena zer den jakitea. Eta hori ez dago jokabide dekalogo edo errezeta liburu baten pean, baizik eta kultura moral, hezkuntza etiko baten pean. Eta hemen hauxe da galdera: zientziaren etika gai al da gizarteak onartzen dituen eta zientzi- eta teknologi-ikerakuntza prozesuak gidatu behar dituen balioak hartzeko? Auzi horri erantzuten saiatuko naiz.

Zientzia, intuitiboki, *nova scientia*-ren agerpenaren garaian —XVI. mendetik XIX.eko amaiera arte doan prozesu luzean— hasitako espirituan parte hartzen duen jarduera multzoari deitzen diogu. Prozesu horretan, jarduera espekulatzailerik hutsetatik, naturaren filosofiatik eta abarretatik bereiziz doa zientzia. Hipotesien kontrol empirikoa funtsezko alderdia bilakatzen da *nova scientia*-ren espirituaren baitan. Horrek eragiten ditu, lehenik, zientziaren sekularizazioa eta, ondoren, izaera autartikodun borroka batean, jokabide baten edo, Merton soziologoaren adierazpen egokia erabiliz, *ethos* zientifiko baten eraketa (Iranzo/Blanco 1999). Razionaltasun epistemikoaren *ethos* bat da —hau da, ezagutzarantz bideratutakoa—, ikusmolde fisiko eta etikoen arteko antzinako harreman estua desegiten duena. *Ethos* honi barnetiko —nolabait esatearren— erantzukizuna atxikitzen zaio. Kanpotiko deitu daitekeen beste erantzukizun motatik bereiz daiteke kontzeptualki.

Zientzi garapenetik eratorritako ahalgarritasun teknikoek argi utzi dute, XX. mendearen bigarren erdian, zientzi jarduera ezin dela bere bilakaeraren ondorioekin aurrez aurre jartzetik askatu. Ondorioz, zientzi erantzukizuna ezin da mugatu barnetiko erantzukizunera, datuen benetokotasunari, argudioen egokitasunari edo ikerkuntza prozesuen gardentasunari buruz diharduen erantzukizunera, hain zuzen.

Arazo etikoen lehen gune bat zuzenki lotuta dago *ethos* horrekin. Azken urteotan zientziaren *ethos*-aren urraketak asko ugaritu dira, eta iruzur nabarmen batzuk publikoarenganaino ere iritsi dira. Ondorioz, razionaltasun epistemikoaren *ethos*-aren hautematea —ordura arte eztabaida publikotik at kokatua— aldatu da. Izan ere, zientzi kultura etikoak, zientzialariek oro har onartutako printzipio eta erregelatan gauzatzen denez, ez du kodifikaziorik eskatzen. Printzipio eta erregela horien balio gorenaren ideia honetan zertzen da: egitasmo, kritika eta emaitzek gizarte osoaren ongia bilatzea, pertsonen jatorri kultural, sozial edo politikoa kontuan hartu gabe.

Dena den, zientzi ikerkuntzaren eta bere aplikapen tekniko eta komertzialaren arteko gero eta harreman estuagoek eragindako interesek gero eta gehiago mehatxatzen dute zientziaren *ethos*-a. Ikuspuntu moraletik, desiragarria litzateke zientziaren etika zientzialarien jarduera gidatzeko moduko irizpide eta balioak eskainiko lituzkeen hezkuntza moralean oinarritzea. Hau da, norberak egiten duen guztia uste osoz egitea —eta ez gizarte konbentzioz edo araututako inposaketaz— bideratuko lukeen hezkuntza moralean. Horrela, zientzi jokabide moralak urratzen duena zientifikoki nardagarria eta gaitzesgarria delako baztertuko litzateke, eta ez soilik urraketatik letozkeen zigoren beldurragatik. Baina zientzialariak ez daude beti jokabide moralaren autoulkuntzarako egoerarik egokienetan, kodifikazio edo zigorren beharrik gabe. Horren erakusgarri, zientzialariek beraiek gero eta sarriago iruzurren edo ekimen zientifikoki gaitzesgarrien inguruko «zientzi ohorearen kodeak» ezartzeko egiten dituzten aldarrikapenak. Bestetik, gero eta indar handiagoz, esparru jakin bat-

zuk —medikuntza, teknika genikoa, ekonomia, kasu— arautzeko legedi esplizituak eskatzen dituzte zientzialariek.

Arazo hauxe planteatzen zaigu hemen: zientzialariak etikoki jokatzera bideratuko dituen zientzi kultura etiko baten eraginkortasuna, zientzialarien elkarrekin onartu ta-ko balio epistemikoen garapenetik eraikitako kultura, ala, bestela, kontrolatu, mehatxatu, saritu edo zigortuko duen legediren baten premia. Tradizionalki, *ethos* zientifikoak halako diskriminazio ahalmena edo argitasun morala zekarren bere baitan: zientzialariari —edo zientzialari elkar-teari, hobeto— une bakoitzean egin beharrekoa erabakitzen laguntzen zion, osagai normatiboak eta informazio eskuragarria neurtuz. Gaur egun ahalmen hori ez da zientzialarien autoulertuntza moralean behar besteko in-darrez agertzen. *Ethos* hori zientzi erantzukizun orokorra-ren *ethos* batera hedatzeko premia gero eta argiago ikus-ten dute zientzialariek, lehenago erantzukizunaren kan-potiko alderdia deitu duguna ere jasoko lukeen *ethos* bate-ra.

Hauxe dugu mende hasiera honetako zientziaren be-reizgaririk garrantzitsuenetakoa. Azpimarra dezagun *ethos* tradizionala ez dela ordeztu, zabaltzen baizik. Kanpotiko zientzi erantzukizunaren *ethos*-ak ezin du razionaltasun epistemikoaren *ethos*-a ordeztu. Zientziaren dimentsio eti-ko horien bien identifikazioak —soilik analitikoki bereiz-garriak— argi uzten du egungo garapen zientifiko teknolo-gikoan bestelako aktore batzuek ere parte hartzen dutela.

*Kanpotiko* erantzukizunak erakusten digun legez, as-kotariko aktoreek zuzentzen dute ikerkuntza. Zientziala-rien borondateaz gain, bestelako aktoreek ere —finantza baliabideak eman edo zientzi politikak zehazten dituzte-nak barne— esku hartzen dute erantzukizun horretan. Zientzialariaren irudi erromantikoak edo «marfilezko do-rraren» metafora ezagunak ez dute egungo zientzi proze-suen irudi egokia eskaintzen. Areago, zientziaren uler-kuntza egokia eta zientziak gizartean duen lekuaren hau-temate zuzena oztopatzen dute. Hainbat aktorek eraikita-ko kanpotiko erantzukizunak gidatzen du ikerkuntzaren jokabide erantzulea, eta ez zientzialari edo adituen barne-

tiko jokabide moralak. Horiek egin *daitekeena* ezagutzen dute. Egingarritasun horren kudeaketa, haatik, aktore ugari esku dago, zientzialariak barne. Zientzialariak, beraz, gizartearekin komunikatu behar du, eta, gizarte erantzukizun komuna eratzerakoan, esparru politiko, ekonomiko eta sozialekin elkarlanean aritu.

Teknika transgenikoen edo klonazioaren eremuetako egungo ikerkuntzak aurkako jarrera bi utzi ditu agerian: batzuek edozein gizarte instantziarekiko zientziaren autonomia lehenesten dute, besteek ez dute zientzia bere gizarte erantzukizunetik bakartzen. Lehen jarrera, iraganean, zientziaren eta gizartearen arteko kontratu baten atala bailitzan sortu zen: kontratu horren arabera, adituek gidatutako ikerkuntza laguntzen zuen gizarteak, ondoren haren fruituak gizartearen hobekuntzara zuzentzeko. Jarrera horren muturreko aldaera batzuen ondorioz, publikoaren zati bat etsai bihurtu zen zientziarekiko. Denbora batez, kontratuan oinarritutako ikuspegi horrek gizartearen eta zientziaren arteko benetako lankidetza oztopatu zuen. Izan ere, «zientzia» sisteman dirua inbertitzeak ez du, besterik gabe, lankidetza adierazten. Ezta, egun egiten den legez, zientziaren gizarte onarpena bere ondorio teknologikoen edo edonolako eraginen gizarte ebaluaketatzat ulertzeak ere. Zientziaren autonomia gordetzeko —jakina, modu konplexuagoan— baldintza hauxe litzateke: autonomia hori bizitza eta kultur forma berriak gizartearekin batera eraikitzeko lankidetza faktoretzat hartzea. Prozesu zientifiko-teknikoek hain gogor baldintzatzen dituzte forma berri horiek, ezen zientzialariek ezin baitute horietatik bakartu. Hauxe da, beraz, baldintza: zientzia, ezagutza publiko gisa ez ezik, *publikoarentzako* ezagutzatzat hartzea.

Zientzialariek erantzukizun etiko orokorra onartu behar dute, erantzukizun hori beren zientzi jardueraren ulerkuntzan barneratuz. Zientziaren *ethos* tradizionala da goeneko ez da nahikoa. *Ethos* hau hezkuntza moral orokorrangoan barneratu behar da, gizarte mailan onartutako erregela eta jokabide axiologikoak aintzat hartuko dituen. Horretarako lanabes egokiak izan daitezke gure herrian oraindik ez dauden ikerkuntzaren batzorde etikoak.

Batzorde etiko hauek ez dira kontrol instantziatzat hartu behar; aitzitik, ikerkuntza zientifiko eta teknologikoan argitzapen etiko eta moralaren prozesua bultzatzeko plataformak liriateke. Batzorde horietan natur eta gizarte zientzialariek, filosofoek eta zientziaren ordezkari publikoek ere —erakunde sozial, politiko eta abarretako ordezkariak— hartzen dute parte. Batzordeok lehen aipatutako elkartruke eremuen burutzapen zehatzak dira. Horregatik, zientziaren osotasuna integratzeko funtzioa dute: etiko, legelari eta gizarte zientzialarien eta natur zientzialari eta teknologoen arteko lankidetzat sustatzen dute. Gizartearen onartutako balio eta jokamoldeak zientziaren *ethos*-ean bideratzeko beste lanabes bat honakoa litzateke: zientziaren dimentsio etiko eta morala etorkizuneko zientzialarien ikasketa plangintzetan sartzea, horrela beren jardueraren inplikazio etikoei eta gizarte kontestualizazioari aurre egitera ohitu daitezen.

Azkenik, zientzia ez bakartzeko jarrera hauen bitartez, errazago uler dezake publikoak prozesu zientifiko-tekniko orokorrek duen garrantzia kulturaren eraikuntzan eta beronen konplexutasunean, postulatu filosofikoek, mundu irudiek, zientziaren prozesuek, garapen teknikoek eta abarrek osatutako konplexutasunean. Ulerkuntza horrek, publikoak zientziara hurbiltzeaz gain, zientziaren politika publikoen eraketan parte hartzera bultzatu behar du. Erronka horrek lotura estua du zientziaren ulerkuntza publiko egokiagora bideratutako ekimen publikoen sustapenarekin.

## Zientziaren politika publiko parte-hartzaile batentzako komunikatu

Zientziaren ulerkuntza publikoak azaltzeko *defizit kognitiboaren* eredu erabili ohi da. Horren arabera, zientzia ongi finkatu eta zedarritutako ezagutza gorputza da. Publikoak, bere aldetik, gorputz horren zati bat ezagutu edo ulertzen du. Eredu horrek, gainera, batetik ezagutza mailaren eta bestetik hautemate eta jarreraren arteko erlazio



kausala ezartzen du. Sarritan, publikoa zientziara hurbildu nahi duten halako ikusmoldeen ustez, publikoak baldintzarik gabe babesten du zientzia. Publikoak, gainera, ezagutzeko eskubidea du. Beraz, ezagutza helarazi eta ulertzen lagundu behar zaio. Zientziaren ulerkuntza publikoak, bada, ezagutza hori sozialki zilegitzen du.

Duela urte batzuetatik, haatik, hainbat eragozpen jarri zaizkio defizit kognitiboaren ereduari. Horien artean:

(i) problematikoa ez den zerbait legez planteatzen du zientzia;

(ii) zientzi ezagutza espezializatuak oso garrantzi urria du eta ez da esanguratsua eguneroko bizimodurako; eta

(iii) eredu inplizituki arauemailea da, hots, zientziaren ulerkuntzari buruz egiten diren balio judizioak berez onak dira. Eredu horren defendatzaileen iritziz, zientziaz eta teknikaz dakitenak sozialki eta moralki bikainagoak dira (Wynne 1995).

Oro har, ikusmolde horiek ez dute arreta jartzen zientziaren ulerkuntza publikoaren prozesu komunikatzaileen dimentsio diskurtsiboan, hau da, ez dute ondorioztatzen zientziaren eta teknikaren zilegitze soziala zientzia eta teknikaren inguruko erabakietako parte-hartze demokratikoaren mailatik, ezta komunikazioan erabilitako argudioen izaera kualitatibotik. Ikuspuntu horretatik, zientziaren ulerkuntza publikoa ez da oinarritzen gizartean onartutako printzipio eta balio etiko, politiko eta abarretan; aitzitik, emandako edukietara akritikoki egokitzea esan nahiko luke.

*Defizit kognitiboaren* eredia zientziaren ulerkuntza publikoaren ikusmolde sinplista —eta ez parte-hartzaileria— da. Zientzia eta teknologiaren ulerkuntza eta politika publikoek aritzean, haatik, posible da bestela jokatea: gizabanakoei raziotaltasun printzipioa egotziz, horrela ulerkuntza publikoari buruzko eztabaida demokraziaren izaerari buruzkoa bilaka dadin. Demokraziaren zilegitzearen funtsa jendearen kontsentsuan datza; horregatik, ezinbestekoa da zientzia eta teknikaren ulerkuntza publikoaren prozesuak garatzeko baldintza komunikatiboak (elka-

rrizketa, elkarrekintza, kontsentsu kritikoa eta parte-hartze erantzulea) zeintzuk diren zehaztea.

Ulerkuntza publikoak erabaki zientifiko-teknologikoaren esparrua zilegitzeko eginkizuna hartu behar du bere gain, elkarriketa eta kontsentsuaren printzipioetan oinarritutako komunikazio prozesu kritiko baten bitartez. Zentzu honetan, ulerkuntza publikoak era bitara zilegitzen ditu erabaki zientifiko-teknologikoak: positiboki, sozialki onartutako balioen arabera planteatutako programak betetzeko itxaropenak onartuz; eta negatiboki, ikerkuntza programa eta auzi jakinak baztertuz (adibidez, giza klonazioaren antzeko programak).

Egungo erronka, esparru honetan, zientziaren komunikazio dimentsioan itza ahalbidezeko bitartekoak identifikatzean datza. Komunikazioaren ikusmolde batzuk, defizit kognitiboaren ereduak kasu, igorle-eduki-hartzaile eske-maren arabera sortutako ezagutzazko edukien ekoizte/hartze bipolarizazioan oinarritzen dira. Komunikazioa, berez, neutroa da. Areago, interpretazio batzuen arabera, ezta neutroa ere, berdintasuneko egitura bat baitu, eta egitura horren birtualtasunak beste xede batzuetarako baliatu baitaitezke<sup>3</sup>.

Halako ikusmoldeek zientzi eta teknologiarik jardueren konplexutasunaren ikuspegia galtzen dute. J. Echeverriak lau jarduera testuinguru identifikatu ditu analitikoki: hezkuntza (zientziaren irakaskuntza eta hedapena), berrikuntza, ebaluaketa eta aplikapen testuinguruak, hain zuzen. Jarduera asko, berez, testuinguru horietako jardueren konbinaketak dira. Dena dela, azpimarragarria da zientzi ekoizpena ez dela soilik berrikuntza testuinguruan gertatzen. Hezkuntza testuinguruan ere bertako errepresentazio jardueren ekoiztutako eduki esanguratsuak sortzen dira. Bestela esanda, zientziaren komunikazioan erabilitako errepresentazio bitartekoak, komunikazio neutroaren bitarteko ez ezik, ezagutzazko esanahitasunaren ekoizpenaren bitarteko ere badira.

Ez dago behin-betiko ezarritako eduki zientifiko edo teknikorik, hainbat euskarritan unibokoki hedatzen denik. Eduki hori errepresentatu egiten da eta esanahi berriak

hartzan dituzte errepresentazio bakoitzean. Edukia errepresentazio bitarteko berrietan eta lortu nahi diren xedeen arabera ekoiztu eta hedatzen da. Eskema honetan, errepresentatua eta errepresentatzailea ez dira absolutuak, erlatiboak baizik (Ibarra/Mormann 1997).

Igorle-eduki-hartzaile komunikazio ereduaren arabera, batek ekoizten du eta besteak jaso. Azken buruan, hartzaileak ez du edukiarekiko erantzukizunik. Eduki (zientifiko) bat jasotzen du, ongi igorritik gero informatiboki ustez objektiboa dena, unibokoki hedatzen delako. Ez dago norabide anitzeko ildorik. Komunikazioaren ezaugarri hori seriozki jorratu nahi duten ikusmoldeetan, haatik, ez da interpretatzen berezko eduki absoluturik, hau da, entitate monadikorik dagoenik: edukia beti da igorritako eta jasotako edukia. Entitate triadikoa da. Zientzi edukia-erantzukuntza publikoa hiruren gauza da, eta ez funtsean bat bakararekin identifika daitezkeen zerbait.

Zientziaren erantzukuntza publikorako komunikazioaren erronkak ez du, beraz, komunikazioa arazo tekniko hutsa bailitzan ikusi behar —adibidez, ezagutza sasizientzia bihurtzeraino ez bulgarizatzen saiatuz—, hau da, ez du mugatu behar komunikazio ideologikoki neutralaren —edo, beste ikusmolde baten arabera, sozialki eraldatzaileen— «benetako» eginkizuna gordetzera. Horrek komunikazioa bulgarizazio hutsera murrizten du. Bulgarizazioa ez da komunikazioa, ez da bitartekotza, iragangaitza da, komunikazio eza fabrikatzen du, ez du erantzuna bilatzen. Komunikazioa elkartruketa da, erantzunaren bilaketa. Erantzunaren aukera horrek ahalbidetu dezake zientzi edukien demokratizazioa, parte-hartze publikoa zientzi jardueran, politika publikoen baitako erabakietan inplikatuz. Horrek bilakatzen du zientzia demokratikoagoa eta ez hain elitista. Izan ere, botere elitistaren oinarria hauxe da: ematea eta atzera ez jasotzea dagokio eliteari. Zientziaren erantzukuntza publikoaren erronka, mende hasiera honetan, ez da edukiak, jakintzak eskaintzea, dibulгатzea. Horiek elkartrukatzea da erronka.

Publikoarentzako zientzia egiteko horiek elkartrukatzea. Bigarren milurtekoaren lorpen nagusia zientzia publi-

ko bihurtzea izan da. Hiru ga rren milurtekoaren erronka *publikoarentzako, kulturarentzako* zientzia egitea izango da. Eta horrek, gizarte demokratiko batean, honako hau esan nahi du: publiko zientifikoki kultuak zientziaren eta teknologiaren politika publikoen orientazioan parte hartu behar du.¶

- 
1. Zenbait natur zientzialariren ustez, egoera horren atzean panorama intelektual eta editoriala bereganatzeko jarrera konspiratzaileak daude (Stephen Jay Gould), kultur zientzialarien «mafia intelektuaren» (Paul Davies) eskutik (ikus Brockman (arg.) 1996, 17 eta 21).
  2. Positibisten arabera, sentimenen eremuaren mugetatik at joateko ahalmenari buruzko usteak ez du justifikaziorik. Behatu dezakeguna bakarrik ezagutu dezakegu. Errealisten arabera, eredu matematikoen erabilpenari esker, naturako alderdi hautemanezin baina nabariei buruzko gure usteak justifikatuta daude.
  3. Hauxe da marxista askoren interpretazioa, teknikaren gaitasun eraldatzailearen Marcuse-ren tesiaren antzekoa (kritika baterako, ikus Azurmendi 1998, 82h).

### Bibliografia

- Appleyard, B., 1992, *Understanding the present*, New York, Doubleday.
- Azurmendi, J., 1998, *Teknikaren meditazioa*, Donostia, Kutxa.
- Bijker, W., 1995, *Of bicycles, bakelites and bulbs: Towards a theory of sociotechnical change*, Cambridge, Mas., MIT Press.
- Brockman, J. (arg.), 1996, *La tercera cultura. Más allá de la revolución científica*, Bartzelona, Tusquets.
- Echeverria, J., 1995, *Filosofía de la ciencia*, Madril, Akal.
- Galison, P., 1997, *Image and logic: A material culture of microphysics*, Chicago, The University of Chicago Press.
- Hacking, I., 1999, *¿La construcción social de qué?*, Bartzelona, Paidós, 2001.
- Ibarra, A., Mormann, T., 1997, *Representaciones en la ciencia*, Bartzelona, Eds. del Bronce.
- Iranzo, J.M., Blanco, R., 1999, *Sociología del conocimiento científico*, Madril, CIS.
- Latour, B., 1987, *La ciencia en acción*, Bartzelona, Labor, 1992.
- Maddox, J., 1998, *What remains to be discovered*, New York, The Free Press.
- Snow, C.P., 1959, *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Madril, Alianza, 1977.
- Sokal, A., Bricmont, J., 1997, *Imposturas intelectuales*, Bartzelona, Paidós, 1999.
- Wilson, E.O., 1998, *Consilience. La unidad del conocimiento*, Bartzelona, Galaxia Gutenberg, 1999.
- Wolpert, L., 1993, *The unnatural nature of science*, Cambridge, Mas., Harvard University Press.
- Wynne, B., 1995, «Public understanding of science», in S. Jasanoff, G.E. Markle, J.C. Petersen, T. Pinch (arg.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousand Oaks, Ca., Sage, 361-388.



## Zientziaren erronkak XXI. mendean

**S**ail honetan zientziaren orainari eta geroari buruz aurkeztu ditugun bi artikuluetan, dagoeneko, hainbat eta hainbat auzi jorratu eta aztertu dituzte egileek. Lehenengo artikuluan, zientzi eta teknologi garapenaren ildo nagusiak nondik nora joan daitezkeen auresaten saiatu dira Etxenike, Pitarke eta Plazaola. Bigarrenean, aldiz, zientziaren baldintzapen sozial, kultural eta etikoaren inguruko hausnarketak agertu dizkigu Ibarrek. Azken buruan, zientziaren bilakaera gizakiaren eta gizartearen bilakaerarekin —eta alderantziz— estuki lotuta dagoenez— eta etorkizunean ere egongo denez—, funtsezkoa iruditu zaigu zientziaren etorkizunaren inguruko gogoeta hauei bide irekitzea.

Aurreko artikulua hauek osatzeko asmoz, batzuren eta besteren iritzia jasotzen saiatu gara *Jakinetik*. Beraz, sail honetako azken atalean hainbat aditurengana jo dugu XXI. mendean zientziak izan ditzakeen erronken inguruan galdeginez. Horrela, Julio Abascal eta Kepa Sarasola, Kepa Altonaga, Fernando P. Cossío eta Jesus M. Ugalde, Xabier Eizagirre, Inaki Irazabalbeitia, eta Jose Maria Urkieren erantzunak bildu ditugu.

Ondoren datoz aditu hauei, gidoi lagungarri gisa, zientziaren etorkizunari buruz planteatu dizkiegun auzi nagusiak. Jakina, gidoi honi norberak bere ikuspuntutik heldu dio:

- Zein izango dira ikerketa zientifiko-teknologikoaren esparru eta ildo nagusiak?
- Gizarte, natur eta ingurumen mailako zein arazo nagusirir egin beharko die aurre zientziak eta teknologiak?
- Zein arrisku ekar ditzake zientzia eta teknologiaren aurrerakuntzak gizartearentzat zein naturarentzat?
- Zein funtzio eta zeregin legokioke gizarte zibilari auzi zientifiko-teknologiko hauetan?



## Julio Abascal / Kepa Sarasola

### **Informatika 2020**

Jakina, oso zaila da etorkizuna asmatzea. Are zailagoa da informatika kontuetan; programak, aplikazioak eta konputagailuak eurak ere bost urteko epean (asko jota) zaharrituta geratzen dira eta. Adibidez, une honetan, 2001. urtean, 17 gigabyte duen DVD<sup>1</sup> formatuak edukiera 25 aldiz txikiagoa duen CD formatua lurperatuko du, eta CDren bizitza ez da heldu hamar urtera. Teknologiaren aurrerapen horren adierazgarri dira memoriaren hazkundera eta konputagailuaren «erlojuaren» maiztasuna: konputagailu pertsonaletan 512 megabyteko memoria nagusia ez da bitxikeria, eta honez gero, gaindituta dago gigahertzeko «erlojua». Aldaketak eritmo zoroan datoz bata bestearen atzetik. Testuinguru honetan zorabio pixka bat ematen du aurrera begiratzea, baina, hala ere, ausartuko gara artikulua honetan zenbait aurreikuspen biltzen, zehaztasun zorrotzik gabekoak direla jakinda, noski. Aurreikuspenak eta gero, gizarte-ondorioak ere ukituko ditugu bigarren atal batean; horretan aipatuko dugu pasa den urtean teknologiaren arriskuei buruz Interneten izan den eztabaida sutsu bat. Aurreikuspen eta beldur horiek gogoeta eta eztabaida plazaratzeko baliagarriak izango direla uste dugu<sup>2</sup>. Azken batean horixe izan baita gure helburua: eztabaidarako datuak ematea<sup>3</sup>.

### **Muga bat konputagailuaren eta memoriaren tamainan**

Zalantzarik gabe espero den aldaketarik nabarmenetako bat silizioaren aroaren bukaera da. Azken hogeita hamar urteotan konputagailuen memoria-edukiera modu espo-



nentzian igo da urtero-urtero, eta antzeko hobekuntzak lortu dira eragiketak burutzeko azkartasunean. Orain dela hogeita hamar urteko konputagailua gaur prezio berean eros daitekeenarekin konparatzen badugu, gaurko konputagailua milioi bider ahaltsuagoa dela esaten da. Baina hazkuntza-erritmo hori laster bukatuko dela aitortu dute hainbat zientzialarik; Intel enpresako (mikroprozesadorea ekoizten dituen enpresa nagusia) ingeniarien aurreikuspenetan ere onartu egin da horrelakorik. Transistorearen tamaina atomoarenarekin konparagarria bihurtzen ari den honetan, gero eta arazo fisiko-kuantiko berri gehiago azalduko dira. Oraingo hazkuntza-erritmoari eutsiz gero, hemendik hamar urtera goia joko da, transistore baten tamaina 30-60 nanometrokoa edo izango denean. Muga hori gainditzeko bi irtenbide aipatu izan dira konputagailuaren teknologian bat-bateko geldialdirik gerta ez dadin. Batzuek defenditzen dute molekula mailako elektronikari esker oraingo hazkuntza-erritmoa beste 20 urtean mantentzea posible izango dela. Beste batzuen arabera *hardware* mailako hobekuntzak ez lirateke etorriko oinarritzko elementuen tamainaren aldetik, hau da, memoria-edukieran gero eta handiago eta tamainan gero eta txikiago izateko joeratik, baizik eta oraingo tamaina txiki hainbat osagaien integrazio mota berri eta eraginkorren aldetik. Horrela, oraingo mikroprozesadore baten tamaina berean integratu ahal izango direla funtzio digitalak, funtzio analogikoak, memoria, sare-komunikaziorako kontrolatzailea eta potentzia kudeatzeko sistema. Eta, zergatik ez?..., bideokamera, sakelako telefonoa eta GPS<sup>4</sup> ere bai.

Horrela, helburu zehatzeko hainbat konputagailu mota txiki sortuko dira eta paradigma berri bat berauek erabiltzeko. Orain dela hogeitaz hamar urteko konputagailu bakoitzak erabiltzaile ugariri ematen zion zerbitzua. Azken hamar urteotan erabiltzaile bakarreko *konputagailu pertsonala* bihurtu da estandarra. Aipatu integrazio-maila horri esker epe erdian *konputagailu nonahikoa* (*ubiquitous computing*) paradigmara pasatuko gara, non pertsona bakoitzak hainbat eta hainbat konputagailu «ikusezin» erabiliko dituen

bere inguruan. Eta askotan erabiltzaileak konputagailu horiek «jantzita» eramango ditu, Mark Weiser-ek, *wearable computing* deritzonaren proposatzaileak<sup>5</sup>, aurreikusten duen bezala.

## 2020 urteko infomatikaren «aurreikuspegi» orokorra

**A**tal honetan ikusiko dugu, modu laburrean baino ez bada ere, infomatikaren zenbait arlotatik zer agintzen zaigun datorren hamarkadetarako.

Agintzen digute garraio-sistema autonomoak ikusiko ditugula, hots, automatikoki gidatuak izango diren hegazkin, tren edo automobilak. Zenbait fabrikatan ia-ia giza manipulaziorik gabeko ekoizpena posible izango dela robotei esker. Robotak etxean ere izango ditugula ohiko lanak egiteko; gainera, robot eta etxekotresna guztiek elkarrekin edo era koordinatuan lan egingo dutela.

Dударик gabe konputagailu eta gizakien arteko harremana idatzia eta mintzatua ere izango da. Harantzago joanda, batzuek aurreikusi izan dute kasko berezia erabiliko dela makinekin komunikatzeko, hain zuzen ere, kristal likidozko betaurrekoak, mikrofonoa eta belarritakoak integratuko dituen kaskoa. Betaurrekoen bidez erabiltzaileak pantaila grafiko bat ikusiko luke, baina, hori bai, aldi berean ingurunean gertatzen dena ere ikusiko du, dena batera; era berean, belarritakoen bidez konputagailuaren mezuak entzungo ditu inguruko zarata eta soinuekin integratuta. Bere mezuak ulergarriago izan daitezten, ordenagailuak aurpegi hiztun baten bidez azalduko dizkigu, bere mintzoa begietako eta ahoko keinuekin osatuz. Gaur eguneko saguaren betebeharra (pantailaren gainean elementu bat aukeratu esate baterako) begien mugimenduen bidez lortuko omen da. Hala ere, oraindik oso urrindago askotan aipatzen den garunaren eta konputagailuaren arteko komunikazio zuzena.

Konputagailuarekin komunikatzeko biderik egokienetako bat hizketa bidezkoa litzateke. Baina giza hizkunt-

zak ulertzea ez da batere erraza. Hizketa erabiltzeak arazo asko sortzen ditu oraindik aplikazio orokorretan, baina zenbait aplikazio murriztuetan posible bihurtzen ari da. Esaten dute erabili eta erabili azkenean ikasiko dugula be-reizten nola hitz egin behar den konputagailu batekin. Hizkuntza idatzia ahozkoa baino formalagoa eta muga-tuagoa den neurri berean, konputagailuekin erabiliko du-gun euskara ere gure euskara idatzi batua baino murriz-tuago eta formalagoa izango da. Ondo jakingo dugu jakin ordenadoreak zer ulertuko digun. Ulertuko dizkigula agin-du errazak (esaterako, telebista edo arropa-garbigailua kon-trolatzekoak), baina ez duela txisterik ulertuko, epe ertai-nean bederen. Ildo horretatik ere, amets egin genezake konputagailuaren laguntzaz pertsona bakoitzak hainbat hizkuntza erabili ahal izango dituela; nahiz eta, askotan, ez lortu oso kalitate handiko itzulpenak, eskura izango di-tugun hizkuntza-tresnek komunikatzeko laguntza ikara-garria emango digute (hiztegiak, zuzentzaileak, hitzen erabileren adibideak, bilatzaileak...).

Litekeena da ingelesa are eta nagusiago bihurtzea beste hizkuntzen gainean, berarentzat egiten baitira hiz-kuntza aplikazio gehienak. Hala ere, euskara bezalako era-biltzaile gutxiko hizkuntzei ere egokituko zaizkie zenbait hizkuntza-tresna. Alde batetik, bertakoek ahaleginak egin-go dituztelako beren mintzaira besteen atzetik gera ez da-din; baina, kontuz, beste alde batetik ere, mundu mailako botere nagusiek komunikazio elektronikoa kontrolatu nahi izango dutenez, ezinbestekoa izango zaie hizkuntza guztietarako tresna automatikoen erabilera informazio susmagarriak atzemateko eta jarraitzeko. Egun ere hasi di-ra nabaritzen eremu urriko hizkuntzak aztertzeko bi joera horiek: bata hizkuntzaren garapena eta erabilera sustatze-koa, eta bestea kontrolatzailea.

## Interneten etorkizuna

2010. urtean munduko populazioaren erdia Interneten konektatuta egongo omen da egungo hazkuntzari eusten

bazaio bederen. Esparru guztietan aldaketa izugarriak iragarri dira. Adibidez, eskola, lana, aisia, erosketak eta abar, urrunetik egingo dira terminal telematikoen bidez. Era guztietako informazioaren banaketa libre eta errazaren ondorioz kulturaren eta zientziaren berpizkunde-garai berribat etor daiteke, XV. mendean inprimategiaren asmatuntzarekin gertatu zen bezala.

Baina badira zenbait argi-ilun Interneten etorkizunaz. Zein izango da mundu mailako sarearen joera nagusia? Merkataritza elektronikoaren bitartez gutxi batzuen negozio borobilak lortzea edo giza-harremanak, zientzia eta kultura sustatzea? Ildo honetan iragarpen interesatu askok Interneten garapena bere probetxuaren aldera bideratu nahi dute, alegia, bide horretatik lortuko lirakeen Internet zerbitzu komertzialak ondorio natural gisa aurkeztu nahi dituzte. Iragarpenek eragin handia sortzen dute gizartean, nahiz eta aditu askoren aurreikuspenak oinarririk gabeko uste pertsonalak eta interesatuak besterik ez diren.

Sare telematikoen fenomenoak analisi sakonagoak merezi ditu. Badaude alderdi garrantzitsu batzuk, ia inoiz aipatzen ez direnak. Hona hemen batzuk: soziologikoak (nola izango dira lan-harremanak eta pertsonen artekoak? isolamendua ekarriko al du? nola aldatuko ditu gizarte egiturak?); psikologikoak (gaindituko al da maiz gertatzen den Internetetikiko dependentzia? gizartean integratu ezin direnak «bizimodu birtualean» murgilduko al dira?); politikoak (nork kontrolatzen du Interneten dagoen informazioa? zentsura eta *ziber-polizia* indartuko al dira?); geopolitikoak (herrien arteko ezberdintasunak desagertuko dira edo Internetek handituko ditu? nola lortuko dute hirugarren munduko herriek behar den azpiegitura Interneten abantailak profitatzeko? herri garatuen mendetasun edo inperialismo berria jasan beharko dute?); ekonomikoak (zer interes daude Interneten atzean? telekomunikazio-azpiegiturarako izan diren izugarritzko gastuak gobernuek bere gain hartu dituzte, eta telekomunikazio konpainia pribatu batzuek izugarritzko etekinak ateratzen jarraituko al dute?); azkenik, informazioaren kalitatea (sarean dagoen

informazio kopuru itzelean<sup>6</sup> nola bereiztu fidagarria eta baliagarria dena?).

Gizarte aurreratu batean, gizarteak berak erabaki beharko luke norantz doan etorkizuna, baina hori posible izango da, bakarrik, Interneten aurrean jarrera kritikoak hedatzen badira eta alderdi guztiak aztertzen badira.

## Ondorioak gizarte-antolakuntzan

Beti esan digute teknologiaren aurrerabideak ongizatearen gizartea ekarriko digula. Denborarekin hori ez baina beste gauza bat frogatu da: eragin oso heterogeneoa sortzen duela aurrerabideak langileen artean eta herrien artean. Alde batetik, langile oso espezializatuak eskatzen dira, eta lan asko (batzuetan gehiegi) egin behar dute. Beste alde bateatik, jende asko lanik gabe edo kualifikazio txikiko lanpostuetan ibiltzen da, lan baldintza eskaseta eta erabateko behin-behinekotasunpean. Argi dago, teknologi berrikuntzak, berez, ez du ekartzen denentzako ongizatea.

Gizakiok erne ibili beharko dugu geure pribatutasuna babesten, begira bestela giza-eskubideen alde dabilen Privacy International erakundeak argitaratu dituen zenbait datu: lehen munduko edozein pertsonaren ezaugarriak laurhun bat datu-basetan edo aurkitu omen daitezke. Are gehiago, Estatu Batuetan, adibidez, bertako edozein pertsonaren berri zehatza (azken urteetako helbideak, telefonoak, senideak, auzokoak, ondasunak, ikasketak, jabe-goa, aurrekari penalak...) lor daiteke Interneten bidez 20 dolar ordainduz gero<sup>7</sup>. Europako ENFOPOL eta Estatu Batuetako ECHELON planek entzuketara elektronikoa masiboa bideratu nahi dute epe motzean; mezu elektronikoa, sakelako telefonoko elkarrizketak, faxak eta pertsona bilatzaile guztiak arakatu ahal izateko neurriak hartu dituzte. Merkatuan diren *Win Watch Professional* eta *Norton Lambert's Close-Up/LAN* sistema eragileek aukera ematen diote enpresako sarearen kudeatzaileari langileen pantaila, datu-fitxategiak eta posta elektronikoa ikusteko, edo minutuko zenbat pultsazio egiten dituen jakiteko ere. Telebista

digital elkarreragileari esker, enpresa banatzaileek zuzenean jasotzen dute beren bezeroen gustu eta ohituren berri. Eta gehienetan gauza hauek gertatzen dira erabiltzaileak ezer nabaritu gabe. Horregatik, oso garrantzitsua da jakitea zein kontrol dauden eta zein neurri har daitezkeen saihesteko.

## **Wired-eko eztabaida: Gizakia suntsituko du teknologiak?**

Bukatzeko, ezin da utzi aipatu gabe azken hilabeteetan WIRED nazioarteko eztabaidagunean sortu den polemika<sup>8</sup>. Unix eta Java ospetsuen sortzaile nagusietako bat den Bill Joy-k piztu zuen eztabaida «Zergatik etorkizunak ez gaitu behar» artikulua argitaratu zuenean, eta ondoren hainbat erantzun etorri dira. Artikuluan aurreikusten da gizakia arriskupeko espeziea izango dela XXI. mendean robotika, ingeniariak genetikoak eta nanoteknologiaren bilakaeraren ondorioz.

Zergatik dator arriskua hiru ikerlerro horietatik eta ez besteetatik? Bill Joy-k azaltzen du hiru bide horietatik oso emaitza potenteak eta aldi berean arriskutsuak lortuko direla, baina bi ezaugarri berezi agertzen direla hiru ikerlerro horietan, besteetan ez direnak: batetik, horrelako sistemetan autokopia (*self replication*) posible da, eta, bestetik, teknologia horiek garatzeko ez da behar ez izugarritzko baliabide garestirik, ezta lehengai bitxi bakanik ere.

Roboten arriskuaz ohartzeko, Theodore Kaczynskiren aipu bat ekartzen du:

[...] (makina adimentsuek) gero eta ahalmen gehiago dute. Gero eta parte-hartze handiagoa dute gure sistema konputerizatu konplexuetan erabakiak hartzeko unean.

[...] ezinezko izango zaigu makinak amatatzea.

Gainera, robotak sortzeko eta ekoizteko gai omen den «konputagailu ama» aurkeztu berri dute EEBBetan.

Nanoteknologiaren arriskuaz ari denean Joyk aurreikusten du 2030. urteko konputagailuak gaurko PCak bai-

no milioi bat bider ahaltsuagoak izango direla. Lehenago esan bezala, hori ez omen da lortuko gaur egunean funtsezkoa diren siliziozko transistoreak erabiliz (horien muga teknologikoa gertu omen baitago), molekula mailako elektronikaren bidetik baizik. Konputuak egiteko gaitasun itzel horrek (oraingoa baino milioi bider handiagoa), fisi-ka eta genetikaren aurrerapenekin integratuta, ekar deza-keenaren beldur da:

Autokopia eta eboluzio-prozesuak, orain arte naturaren esparru barruan mugatuta egon direnak, gizakiaren hel-buru eta ahaleginen artean sartzekotan daude. [...] eta gu desagertzea geure garapen teknologikoaren emaitza (as-ki) posiblea balitz, ez genuke kontu handiz ibili behar-ko?

Eric Drexler-en arabera:

[...] materiaren manipulazioa atomo mailan egiteak opa-rotasunezko etorkizun utopikoa sor lezake, non ia edozer ekoiztu ahal izango den merkeago, non gaixotasun edo arazo fisiko guztiak konponduko diren. [...] eguzki ener-gia merke baino merkeago, minbiziaren sendabidea, sis-tema immunologikoaren hobekuntza, ingurumenaren ia erabateko garbiketa, sakelako konputagailu ikaragarri merkeak, [...] espazio-hegaldiak eta desagertutako espe-zieen berreskuratzea. [...] Tamalez, teknologia nuklearra-ekin gertatu bezala, askoz errazagoa da sortzea suntsi-pen-erabilerak eraikitze-erabilerak baino. Nanoteknolo-giak erabilera militar eta terrorista nabarmenak ditu. [...]

Joyren arabera, XX. mendeko masa-suntsiketarako ar-mak (nuklearrak, biologikoak eta kimikoak) ez dira orain-go arrisku nagusia, ezagutza bidezko masa-suntsiketa be-rria baizik. Bere aburuz, geure buruari murriztapen zabal bat jarri beharko genioke lehenbailehen, eta arlo horieta-ko ikerketa bertan behera utzi beharko litzateke. Dena de-la, artikulua horretan ez dago datu objektibo zehatzik ho-rrelako arriskua hobeto deskribatzeko. Makinen ahalmena askoz handiagoa izango dela erakusten da artikuluan, ho-ri bai, eta era sinesgarrian. Ondoren, hazkuntza handiegi horrek kalte handiak ekarriko dituela aurreikus daitekeela dio, baina hori susmo huts gisa azalduta. Dena dela argi

dago teknologia ahaltsuen garapen zoroak bi ahoko labana sortzen duela, eta artikulu horretan horrelako hiru prozesu identifikatu dira. Bill Joy ez da teknologiaren kontrako *neoludita* fanatiko bat, konputagailu-ekoizle nagusietako bat den Sun Microsystems enpresaren sortzaileetako bat baizik.

Beraz, alde batetik, probetxua aterako diegu teknologiaren ekarpen berriei, baina, beste alde batetik, behar-beharrezkoa da gogoeta sakona, teknologiak dakartzan arazoak identifikatzeko, irtenbideak proposatzeko eta teknologiaren kontrol demokratikoa bideratuko duten neurriak asmatzeko<sup>9</sup>.

- 
1. DVD: Digital Video Disk. CD: Compact Disk (disco konpaktua).
  2. Eskerrak eman nahi dizkiegu, besteak beste, Agustin Arruabarrena eta Iñaki Alegria lankideei beren oharrengatik.
  3. Irakurle goseak, gaia sakonago landu nahi duenak, jo dezala *Novática* aldizkariaren 145. alera (<http://www.ati.es/novatica/2000/145/nv145sum.html>), *Wired* eztabaida-gunera (<http://www.wired.com>) eta Privacy International erakundera (<http://www.privacy.org/pi>), bertatik jaso baititugu artikulu hau idazteko ideia eta datu nagusiak.
  4. Global Position System. Kokapen geografikoa ematen duen sistema.
  5. Mark Weiser: «The world is not a desktop», *Interactions*, 1994ko urtarrila, 7-8 orr.
  6. Ikus David Shenk-en *Data smog* liburua (HarperEdge, 1998).
  7. <http://www.1800ussearch.com>
  8. Ikus (<http://www.wired.com>). Gurean, Josu Zabalak jaso zuen eztabaidaren berri (*Euskaldunon Egunkaria*, 2000-IX-9).
  9. Artikulu honen idazketa 2000ko abenduan amaitu da.





## Kepa Altonaga

### **Biodibertsitatearen krisi biak**

Azken urteotan komunitate zientifikoan barrena eta bai berorretatik kanpo ere, biodibertsitate hitza azkarrago barreiatu da seguraski, zientziaren historia osoan zehar beste edozein terminok egin duena baino. Izan ere, ez zen agertu Oxford English Dictionary-ren 1989ko argitalpenean, baina 1992rako mundu guztiaren ahoan zegoen, hala zientzialari famaturenean nola politikarirenean. Ezin dugu ahaztu, gainera, Rio de Janeiroko gailurrak hitzaren zabalakundearen alde emandako bultzada galanta.

Biodibertsitate hitza ingelesezko «biological diversity» terminoaren kontrakzioa da, eta bizidunen espezie-kopurua adierazteko erabiltzen da normalean. Ikuspegi zehatzagoa erabiliz, biodibertsitatea hierarkikoki antolaturiko hiru kategoriatan sailkatzen da, bizidunen hiru alde nagusiak aintzat hartuz: geneak, espezieak eta ekosistemak.

Kasurako, dibertsitate genetikoa espezie baten barruko geneen eraniztasuna da. Zer azaldu gura dugun ulertzeko, nahikoa da Azkueren hiztegi hirueleduna hartzea eta «sagar» sarreratik abiatzea, aspaldi batean Euskal Herrian zegoen sagarrondo-barietatearen aberastasunaz konturatzeko, izan ere, 90etik gora sagar-izen dakartza hiztegiak. Ostera, gaur egun supermerkatuara joan eta «golden» sagar famatua besterik ez dugu ikusiko, ia. Oso modu manikeoan bada ere, adibide horrek biodibertsitate genetikoa eta berorren galera erakusten dizkigu: gutxi gorabehera Azkuek damaigun izen bakoitza sagarrondo-mota bat izan zen, hau da, informazio genetiko konkretu bat hainbat ezaugarri diferentzialez osotua; alabaina, eraniztasun genetiko hori guztia, alegia, sagarrondo desberdin horien gene diferenteak, «golden» motaren uniformizaziora etorri dira. Pentsa dezagun antzeko zeozer gertatu dela mun-

duan gari, arroz, zekale, arto, kafe, patata eta abar luze-luze batekin, eta konturatu egingo gara gertatutako erosio genetikoaren garrantziaz.

Edozelan ere, hemen gehien bat espezieen dibertsitatea erabiliko dugu, alegia, lurralde batean bizi diren espezieen eraniztasuna. Berori neurtzeko sarritan erabiltzen den parametroa espezieen kopurua da, hau da, «espezie-abetes-tasuna».

Dena dela, gaurko egunean biodibertsitateari buruzko aipamenak entzuten ditugunean, autua biodibertsitatearen krisia izan ohi da. Biodibertsitatearen krisian, izatez, elkarregaz loturiko arazo zabal eta larri bi bereiz ditza-kegu. Batetik, biodibertsitatearen ezagutzaren krisia: orain arte denetara 1,4-1,8 milioi bizidun-espezie deskribatu bada- dira ere, kopuru hori zifra errearen oso parte txikia bide da. Hau da, kuestio honekiko gure ezjakintasuna ikaragaria da, eta, urteko zientziarako 13.000 espezie berri deskribatu arren, erritmo horrekin segituz gero mende bi, berrehun urte!, beharko dira planetako espezie guztien katalogoa amaitzeko. Bigarrenik, biodibertsitatearen galeraren krisia dugu, alegia, espezieen suntsipen masiboaren fenomenoa. Zenbait ikerlarik kalkulatu dutenez, urtero eta giza ihardueraren ondorioz 27.000 espezie suntsitzen dira, eurotariko asko eta asko zientziarako oraindik ezezagunak izanik. Horrela, ba, hurrengo 30 urteotan espezie guztien bostena, gehiago ez baldin bada, desagertuko da, batez ere habitat tropikalen deuseztapenaren ondorioz. Munduan ez da leku egokirik geratuko animalia eta landare gehienentzat.

## **Biodibertsitatearen ezagutzaren krisia**

Pentsatu ahal dugu mundua osorik esploratuta daukagula, puntarik punta, baina argiztu beharrean dago; areago, mundu ezezagun batean bizi garela esan daiteke. Izan ere, eta orain arte 1,4 milioi espezie deskribatu diren arren, Lurreko espezie bizi guztien kopuru erreala zehaztu barik dago, dirudienez 10-100 milioi artean, hor nonbait. Gai-

nera, inork ezin du esan zifra biotatik zein dagoen kopuru errealetik hurbilago. Bestalde, izen zientifiko formala jaso duten milioi t'erdi espezie horietatik, 10%a baino gutxiago azertu da azaleko anatomia baino maila sakonago batean. Hortaz, arrazoia du poetak «lurrak orain ere infinitoak ditun haur-oina tipientzat» dinoskunean. Izatez, zehaztasun handiagoz neurtu ditugu Uranoko eremu magnetikoak, gure Lurreko bizidunen eraniztasuna baino.

Zehaztu barik dago espezie-kopurua, baina, edozein izanik ere, ikaragarri handia da estimazio guztien arabera. Kopuruak kopuru, bizidun desberdin horien ikerketaz eta sailkapenez arduratzen diren zientzialariak oso gutxi dira. Kasurako, horietako 1.200 espezialista ari dira lanean Iberiar Penintsulan, bertako milaka animalia-, landare- eta onddo-espezieak identifikatu eta sailkatzeko. Iparramerikarako inoiz aipatu den sistematikari-kopurua 10.000 izan da, eta munduko kopuru globala hiru halako izan daiteke. Hegoamerika eta Afrika subsahararrean (hots, biodibertsitate gehiena kokatzen den gunetan), 1.500 bat sistematikari arituko dira lanean: bizidun tropikalen adituak ez dira 5%era iristen, organismo guztien gehien-go zabalarekin badihardute ere. Eskasia horren adibide tipikoa, termiten espezialistena dateke: termitak zuraren deskonposatzaile garrantzitsuak dira eta bai lurzorua berriztatzaileak (zizareak bezala), izurri-sortzaile nabarmenak eta tropikoetako animalia biomasaren 10%a; ba, hala ere, soilik hiru pertsona kualifikatu daude munduan termiten sailkapenean aritzeko.

Behar den bezala prestatuturiko jende-kopurua arrasurria izanik, eman dezake Lurreko biodibertsitate itzelaren azterketa osoa gure posibilitateetatik kanpo dagoela. Baina, ostondoaren esplorazioan, partikula subatomikoen karakterizazioan edota giza genomak lortu denarekin konparatuz gero, orduan, erronka horren magnitudea hain neurribakoa ez dela ikusiko da. Izan ere, hamar milioi bizidun-espezieren prozesamendua 50 urtetan erdiets daiteke. Horretarako beharrezkoa den sistematikari-multzoa Estatu Batuetako zientzialari aktiboen populazio osoaren 10%a baino txikiagoa da. Horretarako, jakina, politika zientifiko-

rako arduradunek lehentasunen zerrendan aurre-aurrean jami beharko lukete biodibertsitatearen azterketa.

Zer dela-eta horrenbesteko lehentasuna? Arrazoi premiazkoena biodibertsitatearen azterketak denbora-muga bat duela da, zientziaren gainontzeko eremuek ez bezala. Muga bat, zeren espezieak desagertzen ari baitira, abiada bizian desagertzen, batez ere giza iharduerek ondorioztatutako habitat naturalen deuseztapenaren kausaz. Konturra gaitezen: espezieen suntsipenak egungo tasarekin segituz gero, 2020. urterako gaur egungo biodibertsitate osoaren bostena, edo gehiago, iraganeko kontua izan daiteke.

## **Biodibertsitatearen galeraren krisia**

Zenbat espezie ari da desagertzen momentuon? Biologoek ezin dute esan modu absolutu batez, zeren, hasteko, ez baitakigu Lurreko espezie-kopurua sikieran zein magnitudetako den. Halaber, ezin da munduko habitat gehienen urteroko galera-ehunekoa estimatu, ez baitira egin horretarako beharrezkoak diren ikerketak. Hortaz, ezin da jakin urteroko zenbat espezie suntsitzen diren koralezko arrezifetan, basamortu desberdinetan edota larre alpetarretan.

Hala ere, egingarria da habitat aberatseneko, hau da, euri-oihan tropikaletako, espezieen gutxi gorabeherako suntsipen-tasaren kalkulua. Hurbilketa hori posiblea da, zeren ebaluatu egin baita euri-oihanen deuseztapen-tasa. Oihanaren azalera-murrizketatik abiatuz, espezieak desagertzen direnoko tasak inferitu dira, hau da, suntsipen-tasak eskura daitezke. Eta oihan tropikalek Lurreko animalia- eta landare-espezieen erdia baino gehiago dutenez, suntsipen-tasa horiek biodibertsitate osoaren galeraren norainokoa antzematea posibilitatuko digute: galera globalaren larritasun-maila diagnostikatu ahal da horrela.

Mundu osoko euri-oihanak 1989. urtean 8 milioi km<sup>2</sup>-raino murriztu ziren, alegia, aro prehistorikoetan zuten hedaduraren erdia baino zertxobait gutxiagora. Deuseztapen-tasa urteko 142.000 km<sup>2</sup>-koa izan zen urte horretan, hau da, egungo hedaduraren 1,8%koa; 1979. urtean

deuseztatu zenaren doblea ia (= 75.000 km<sup>2</sup>). Kontuak eginenez eta gure pertzepziorako erraztuz: Euskal Herriaren azalera 7 biderrez da galera hori, edo, beste modu batez adieraziz, futbol-zelai bat segundoko.

Oihan tropikalen atzerakada ikaragarri horrek zelan eragiten du biodibertsitatearen gainean? Suntsipen-tasa estimatzeko, ekologian nahikoa ezagun den erlazio bat erabiltzen da, alegia, habitat baten azaleraren eta bertako espezie-kopuruaren artekoa. Modu horretako modelo matematikoez dinoskutenez, euri-oihanaren deuseztapenak tasa horrekin 2022. urtera arte segituko balu, momentu honetan dauden oihanen erdia desagertuko litzateke, eta gertaera horrek ekarriko lukeen espezie-suntsipena 10% eta 22%aren artean legoke. Hau da, deforestazioak beste 30 urtez gaurko tasan segituz gero, oihan tropikalako espezieen hamarrenetik laurdenera desagertuko dira. Eta oihan tropikalak biologoek uste duten bezain joriak baldin badira, kalkulatu dugun galera hori bera bakarrik espezie-kopuru globalaren 5-10%a litzateke, gehiago ez baldin bada. Munduko habitat guztiak aintzat hartuta, suntsipena 20%koa izan daitekeela kalkulatu da posibilitate oso probable gisara, eta hori, gaur eguneko ingurune-deuseztapena mantenduz gero.

Biodibertsitatea zelako arintasunez doa desagertuz? Ez dago modurik mundu osoko euri-oihanetan urteko desagerturiko biodibertsitatea zenbatzeko, are eta hegaztiena bezain ondo ezaguturiko taldeetan ere ez. Edozelan ere, eta gertatzen ari den hemorragiaren zenbatekoaz kontura gaitzen, estimaziorik kontserbakorrenak dinoskunez (onartuz euri-oihanetan 10 milioi espezie bizi direla), emaitza loa kentzeko modukoa da: kondnaturik daude urteko 27.000 espezie. Egunero 74 espezie. Orduro 3 espezie.

Erregistro fosilak erakutsi duenez, iraganeko denboretan urteko espezie bat suntsitzen zen milioi espezieko. Giza iharduerak abiada hori ikaragarriro azkartu du euri-oihanetan, hain zuzen, mila eta hamar mila tarteko alditako gehikuntza jasan duelarik. Begi-bistakoa da, ba, historia geologikoan zeharreko suntsipen-episodio itzelenetariko batean gaudena.

## Itxaropenak zirrikiturik ez

Munduko ondare biologikoaren ikerketa, egungo zientziak dituen erronka handienetarikoa bat da, eta, aldi berean, baita gizateria osoaren beharrian premiazkoenetarikoa ere, zeren, biodibertsitatea, izatez, aberastasun materialaren iturri potentzial oparoa baita, gehienetan ustiatu gabekoa. Ikerketa horri ez ekitea errakuntza estrategiko barkaezina litzateke.

Biodibertsitatearen galerarako lehendabiziko kausa zuzena oihan tropikalen errausketa bada ere, aferaren sus-traiak, zer esanik ez, askoz sakonagoak dira. Batetik, munduko biztanleriaren hazkunde azeleratua, batez ere lurralde atzeratuetan. Bestalde, baliagaien eskaria gero eta handiagoa, bereziki herri aberatsenetan. Berau, izatez, energia-gastuaren gehikuntza da, beti dakarren isurketa poluitzaileen eta negutegi-gasen gorakadarekin. Azken batean, badakizue, klima globalaren aldaketa bihurtzen ari da. Hiru gaurrenez, gutxien garaturiko herrien pobrezia lazgarria aipatu behar da, zeinak, habitat naturalaren eta biodibertsitatearen deuseztapen zuzen eta ez-zuzena baitakar.

Arestian zerrendatutako arazo «estrukturaletatik» (nolabait izendatzearen) edozein txarragora barik onerantz aldatzea, ezinezkoa da antza denez, eta izan ere, arazo horietariko batzuk duten *momentum*-a, esate baterako populazio-hazkundearen *momentum*-a, halakoxea da, non, baldintzarik onenetan ere hobetzerantz barik okerragorantz egingo baitu. 1992an, munduko populazioa 90 milioi lagun baino gehiagoz hazi zen: inoiz erregistraturiko emendio handiena. Hau da, soilik esfortzu maximoa eginez espero dezakegu, 1990ean 5.300 milioikoa izan den munduko biztanleria 2050. urtean 10.000 milioira mugatzea. Denbora-tarte horretan produkzio ekonomikoa laukoiztu egingo da. Eta, populazio- eta produkzio-emen-dio horiek gaur eguneko teknologien aldaketa drastikorik gabe eskuratzen baldin badira, esan gabe doa, sistema naturalen gainean eragingo den presioak hutsaren hurrengo utziko du egungo ustiaketa neurribakoa. Erantsi horri guztuari negutegi-gasen gehikuntzak ekar lezakeen klima-alda-

keta botitzaren ondoriozko kataklismo potentziala, eta 2050. urterako aurreikuspena erabat beldurgarri bilakatu-ko zaigu.

Arazo estruktural horien soluzioa utopikoa-edo denez, premia biziko kontua da biodibertsitatearen azterketa, luzamendutan ibili barik burutu beharrekoa, eta maila globalean zein lokalean: zein espezie bizi diren eta zein egoeratan. Kontua, baina, ez dago gustatuko litzaigukeen modura. Hain justu, gizateriaren ongizaterako bizidun-mota guztien garrantzia argien dagoen unean, orduan da larriagoa espezie eta ekosistemen desagertzearen azelerazioa, eta hori gizakiaren eskutik. Egia da, dilema horrek biodibertsitate-azterketen susperketa ondorioztatu du, eta hori dela eta, hamarkada luzetan zehar hilda egon den sistematikazko ikerketak, dirudienez, agintarien arreta erakarri du ezari-ezarian. Ez da harrizkekoa: herri batek zelan eskura dezake inolako etekinik bere biodibertsitateak, bere mugen barruan sikiera zein espezie bizi diren jakin barik?

Hala ere, begi-bistakoa denez, dirutza galanta behar-ko da biodibertsitatearen inbentarioa, kartografiaketa eta analisisa burutzeko. Horrela izanik ere, gure planeta honen biodibertsitate osoa mapeatzeko beharrezko finantzazioaren magnitudea ez da handiagoa izango, adibidez, giza genomaren azterketarako dagoeneko esleitutako finantzazioarena baino, edo partikula-azeleratzaile ahaltsuak erai-kitzeko xahutzen dena baino, eta hori guztia esplorazio espazialaren aurrekontu astronomikoak aipatu barik. Adibide hauek hona ekarri baditugu, hori, biodibertsitatearen azterketarako finantzazioa utopikoa ez dela adierazteko izan da, eta baita ere, azpimarratzeko gure ingurune naturalaren ezagutza, gutxienez, gure genomaren deskodifikatzea edo atomoaren egitura argitzea bezain garrantzitsua dela.¶



Fernando P. Cossío / Jesus M. Ugalde

### **Zientziaren erronkak erronka zientifikoak ote?**

Ezagutza zientifikoa eta haren erabilgarritasuna dira egungo giza bilakaera mugatu alde batetik eta bideratu bestetik egiten dituzten bi faktore garrantzitsu. Ez dira bakarrak baina bai kontuan hartzeko modukoak. Gauza jakina da, gaur egun zientziak eragindako *aurerapenak* nola kudeatu behar diren gero eta gehiago arduratzen gaituela. Izan ere, eztabaida hau ez da aspaldikoa. Lehen ez zegoen eztabaida handirik gai hauei buruz, gauza ona zela pentsatzen zen, besterik gabe. Hau inozentziaren aroa izan zen, bonba atomikoa egin aurrekoa, zientzialariaren ideala, horrelako gertakizun tamalgarriek oraindik kutsatu egin ez zutenekoa. Edota, ezagutza zientifikoaren erabilpenak abantaila eta desberdintasun nabarmenak hainbat giza taldeen artean eragin zitzakeela oraindik ez genekien aroa.

Egungo *scenario*-a erabat ezberdina da. Zientziaren erabilpenaren ondorio ikusgarrienera bat, gizarte moderno oso bizkor aldatzen dela da. Eta kontura gaitezen eboluzioak kale egin digula hemen, ez gaitu hornitu behar zen abiadurarekin mundu modernoaren arazo eta gatazkei aurre egiteko, alegia, *ez gaude gertu aldaketa nabariak jasan ahal izateko aldaketok abiadura handian ematen direnean*. Giza historian, azkenengo 70 urteotan ez ezik, pertsonak jaio eta hil egiten ziren munduak berdinak ziren. Aldaketa abiadura hain zen txikia apenas nabaritu egiten zela bizitzan zehar. Gazteek nagusiengandik ikasi egiten zuten bizi ahal izateko gehiena, eta, ondoren, beren oinordekoei erakutsi egiten zieten ikasitakoa. Baina gaur egungo baldintzek ez dute zerikusirik gure gurasoek ezagutu zituztenekin. Zientzia da, neurri handi batean, aldaketa honen eragile. Eta honek paradigma berri bat ekarri digu: gizarteak ezin duela luzaroago zientzialariek egi-



ten dihardutena ez ezagutu, ezin dela zientziak gizartearen egituraketan duen eragina ez kontsideratu.

Hala eta guztiz ere, aurrera egin baino lehenago, bada, gure ustez, *ezagutza* bera alde batetik eta haren *era-biltzeko modua* edo *teknologia*, jar dezagun nahi den erara, bereizteko hainbat arrazoi. Zientzia eta teknologia ez dira gauza bera. Ez dute ezta estilo bera ere. Zientziaren mezua ezkorra izan ohi da. Kopernikoren ekarpena izan zen ez gara unibertsoaren zentroa deskubritzea. Darwinek erakutsi zigun naturan *ez* dagoela plangintzarik. Mekanika kuantikoak argitu digu *ezin* dela dena jakin, edota Gödelek frogatu zigun *ezin* dela eraiki kontraesanik gabeko teoria axiomatikorik<sup>1</sup>. Azkenik, erlatibitatearen teoriak informazioa argiaren abiadura baina bizkorrago *ezin* dela garraiatu diosku. Teknologiaren mezua, berriz, baikorra da, gehienetan. Zubiak egin daitezke eta teknologoek eraiki egiten ditzute, eritasunak sendatu egiten dira, espazio untiak bidal daitezke ilargira, mila milioi argi urtera dauden supernovak eta zulo beltzak ikusi egiten ditu Hubble teleskopioak, eta beste hainbat gauza harrigarri. Izan ere, ziurgabetasunak dominatzen du zientziaren eremuan eta segurantzak teknologiarenean. Honegatik da errazago gizartearen esku-hartze zuzena bideratzea egitasmo teknologikoetan zientifikoetan baino.

Laburtuz, zientziak bi zailtasun nagusi ditu: zaila eta ezkorra dela. Orduan ez da batere harrigarria historian zehar zientzia eta teknologiaren aurkako mugimenduak gero eta nabariagoak izatea. Badaude, berriz, beste fenomeno batzuk gizakiarengan eragin handiagoa dutenak, nahiz eta beraien oinarriak erabat ahulak izan. Gaur egun, esate baterako, edozein egunkari egiteko teknologiarik aurreratuen erabili beharra dago, hala nola: satellite konexioa, Internet, laserra erabiltzen dituzten gailuak; baina, antza denez, egunkari horretan horoskopoko bat egunero agertzea saihestezina da, askotan kosmologia eta astrologia maila berean jarriz. Makina bat adibide eman genezake: gauza jakina da Reaganen garaian Etxe Zurian bertan bazeudela hainbat astrologo bulego iraunkorrak zeuzkatenak. Edozein botikatan aurki ditzakegu medikamentu modernoak,

punta-puntako kimika eta biologia erabiliz eginda daudenak, pilula homeopatikokoak edota «eskumuturreko magnetikoekin» batera. Beraz, gure gizarteak zientzia eta teknologiaren emaitzak erabiltzen ditu, baina zientziak berak ez du apenas eraginik jendearen balio-sisteman. Eta kolektibo batek zientziak bere balio-sistema zalantzan jar dezakeela sumatzen duenean, botere ekonomiko eta politiko nahikoa du lan zientifikoa oztopatzeko. Estatu Batuetako estatu batzuetan (eta Australian ere bai) eboluzionismo eta kreazionismoaren arteko gatazkarekin gertatu dena ez da pasadizo huts-hutsa, ohar argi eta ozen bat baizik.

Bestaldetik, ikerkuntza zientifikoa gero eta garestiagoa da, jarraitzeko gero eta azpiegitura eta baliabide garestiagoak behar izaten ditu. Nolabait ere, gaur egungo zientzialari eta teknologoek beste garaietako artisten egoera partekatzen dute. Baina zientzia artea bezalaxe ulertzea ez da erraza, zientzia ulertu egin beharra dago artea ez bezala, eta normalean ulertzen ez denak beldurra eragiten du. Joan den mendeko *errudun* nagusiak nukleo atomikoa eta molekula izan dira, naturalak ez direnak batez ere. Litekeena da XXI. mendeko *erruduna* genea izatea, zientziaren aurkako korronteez behar duten etsaia. Erlatibismo epistemologiko, irrazionaltasun eta ezjakintasunarengatik, zientzia eta zientzialarien mezenasgo egoera oso ahula da, eta komunikabideetan agertzen den (eta noizean behin intelektual batzuek salatzen duten) zientzialarien harrokeriak ez du zerikusirik errealitatearekin, botere efektiboari dagokionez, behintzat. Zientzialariak ez dira gaurko *guru*-ak.

Egoera honetaz gain, beste arazo batzuen konponbideek ere badute zerikusia zientziarekin. Energia eta ingurugiroarena oso argibide argia da. Harrigarria badirudi ere, bigarrena ez da hain larria, beharrezkoak diren tresna zientifikokoak jadanik gure eskutan daude eta. Esaterako, gaur egun garatuta dagoen kimika erabiliz, konposatu klorofluorodunak eta plastiko ezbiodegradagarriak ordezkatzeko ez litzateke zaila izango. Energiarena, berriz, beste kontu bat da. Alde batetik, mendebaldeko gizarteek behar duten energia ezberritzagarria lortzea gero eta zailagoa

(hots, garestiagoa) izango da. Bestaldetik, adituen esanetan hiru lur planeta beharrezkoak izango lirateke Europako bizitza maila mundu osoan mantentzeko. Europaren ordez Iparramerika edo Japon jarriko bagenu, bost edo lau planeta beharko genituzke, hurrenez hurren. Goiz edo berandu zientzia edo teknologia berriak garatzea beharrezkoa izango da, edo bestela neurri zorrotzak hartzea ezinbestekoa izango da, arazoaren dimentsio errealak go-goan izanez gero batik bat.

Beste arazo larri bat osasunarena izango da. Zorionez, mendebaldeko gizarteetan gaur egun ia ez dakigu zer den senide gazte bat galtzea. Antibiotikoen izan duten garapena da horren arrazoi nagusietarikoa. Baina gizakiok eta bakteriak arma lasterketa baten antzera gabilta. Adibidez, gure belaunaldiko pertsonen txikitan hartu ohi zituzten penizilina gaur egun erabat alferrikakoak izango lirateke, erabiliko balituzte. Denboran zehar, bakteriek arma berezi batzuk garatu dituzte antibiotikoen aurre egiteko. Penizilina naturalak alferrikakoak direnez gero, gaur egun indarrean dauden antibiotikoak erdi-sintetikoak dira, eta oso litekeena da datorren belaunaldiko antibiotikoak erabat sintetikoak izatea. Beraz, antibiotiko berriak lehenbailehen garatu beharra dago, eta bakteriek kimika, biologia eta medikuntza berria egitera bultzatzen gaituzte, bestela gure agurren egoerara itzul gintezke. Nahitaez bakterien aurkako lasterketan parte hartu behar dugu, ez dago altematibarik. Eta arazo hau gaur konponbidea daukaten gaisotasunekin gertatzen bada, zer esanik ez minbizi mota gehienekin...

Hauxe da, gure ustez, zientziak izango duen arisku handienetarikoa datozen urteotan. Gizarteari jakinarazi egin behar zaio zientzia zer den eta teknologia zer den eta zer espero daitekeen bai batetik eta bai bestetik. Esate baterako, giza genomaren kodifikazioa ez da egintza zientifiko bat. Teknologia aitzindariak eta hainbat baliabide berezi erabiliz egiten ari den lana baino ez da. Deba Garaiko edozein tailerrek torlojuak egiten dituen bezalaxe. Hor azaltzen diren A,G,T... hizkiok zer diren eta genoma horietxek eta ez beste ezerk osatzen dutela jakitea da zient-

zia. Edota, zer informazio dagoen kodifikatuta genoma horretan eta zein ez dagoen jakitea da, hain zuzen.

Honek ez du esan nahi zientzialariak eta teknologoak elkarrengandik aparte daudenik, bi mundutan bizi direnik. Mundua bera da, gainera mundu horretan zientzia da lehenengo eta gero teknologia. Eta mundu horretan ez daude beraiek bakarrik, gizartea ere badago. Beraz, nolahi ere gizarteak berak ere baldintzatu egiten du zientzia eta teknologiaren bilakaera, gehienbat bigarrenarena. Energia eta zentral nuklearren historia da horren adibide garbia. Bestelako elkarrekintza aipagarriak ere badago gizarte eta teknologiaren artean. Modakoak diren gaiak, esate baterako, ez dira irizpide zientifiko aratz eta gardenekin aukeratzen eta gutxiago oraindik bere horretan plazaratzen. Dakusagun, adibidez, informazio gizartearen *boom*-a. Antza, informazioa bizkor eta txukun *eskuratzea* omen da gakoa hemen, garrantzitsuena informazioa *ulertu* eta egoiki erabiltzea denean. Horrek, noski, ez du zerikusirik horren inguruan eraiki den merkatu erraldoiarekin, hardware baliabideak direla edota *internet* zerbitzariak direla. Noam Chomskyk zioenez, zientzialariok daukagu ardura galanta honetan, errazegi eta musu-truk eman genizkiolako merkatuari baliabide horiek guztiak. Eta merkatuak dakiena baino ez du egiten, batzuk txiroago eta besteak, gutxi batzuk, aberatsago, *internet* erabiliz. Honek beste gai garrantzua dakarkigu: ba ote dute zientzialariek ardurarik beraiek egiten duten zientziari erabilpen hau edo bestea ematen bazaio? Ba ote du ezagutza zientifikoak berak etikarik? Galdera hau guk baino sakonkiago erantzun dezakeenik badago, dudarik gabe. Roald Hoffmann da horietariko bat. Hoffmannek zientzialariak tragedia klasiko bateko aktoreak bailiran ikusten ditu. Zientzialariak derrigor-tuta daude asmatzera. Ezin dute besterik egin. Kimikariak izanda, adibidez, molekulak aurkitu edo sintetizatu egingo dituzte. Baina era berean zientzialariek badute ardura beraien asmakizunak okerrerako erabiltzen badira, okerrak egiten dituztenak beste batzuk badira ere. Beraz, zientzialariak derrigor-tuta daude erabilpen anker horiek gizartearen aurrean salatzen. Ardura honek egiten baititu

zientzialariak tragedia bateko aktore eta ez komedia barre-garri bateko arlote.

Horrela, bere tokira ekarri ahal izango genuke gaur egun gizartean hain hedatuta dagoen idea, alegia, zientzia eta sistema zientifiko modernoak sortu dituztela pairatzen ari garen hainbat hondamen, behi eroen episodua, negutegi efektua, ozono geruzaren suntsipena, ur, lur eta airearen kutsadura, besteak beste. Baina arazo horiek guztiak zientzi sistemak sortu baditu, berak konponduko al ditu? Badira bazterretan hainbat ekimen sistema aldatzeko. Ohizko zientzian egiteko moduan oinarrituta eta kalitate handiko teknologiaz baliatuz, hauen emaitzak gizarte arekiko integratzaile izango diren hainbat prozesu sozialen parte izan daitezten. Hauexek dira ebaluatzaile talde hedatuen eginkizunak. Helburua ez da izango, abantaila ekonomikoak soilik irabaztearren, *elite* ekonomikoek hautatutako teknologiarentzako zientzia egitea. Helburuak giza talde zabalago batek finkatuko ditu, iritzi eta interes ezberdin eta sarritan kontrajarriak dituenak. Hau lortzeko erabili beharko den metodoak konplexutasunaren sinplifikazio apur bat behar du, baina orain ziurgabetasun gaindiezina eta ezjakintasuna badirela eta bazterrezinak direla onartuz. Honela, sistema zientifikoa erabaki politikoak hartzen laguntzeko tresna baliotsua izango da, eta zientzia, beste hainbat gizarte egintza bezalaxe, *gobernatua* izango da.¶

- 
1. Beste batzuek, ordea, Gödelen teoremak Jainkoaren existentzia frogatzen dezakeela uste dute. Ikus, besteak beste, M. Gardner, *The Whys of a Philosophical Scrivener*, 1983.



## Xabier Eizagirre

### **Zientziaren gizarte kontratu zaharra. Garapenaren eredu linealaren krisia**

XX. mendean zehar eta, batik bat, II. Mundu Gerraren ostean, mendebaldeko zientziagintza *laissez-faire* politika klasikoan oinarritzen zen: hau da, baldintzarik gabeko finantzaketa jasotzen zuen, zientziak gizarte aurrerapenarekiko leukakeen ahalgarritasunari buruzko baikortasunean oinarrituta. Garai horretan, baikortasun horrek bultzatuta, politikariek zein publikoak fede eta konfiantza itsua zuten zientzian, hainbat aurrerapen esanguratsuren eraginez: 1946an lehen ordenagailu elektronikoak (ENIAC), 1950ean giltzurrunen lehen transplanteak, 1954an —USS Nautilus-ekin— energia nuklearraren lehen erabilerak garraioan, 1955ean pilula antisorgailuaren asmakuntza...

Jarrera hau zientzia eta gizartearen arteko harremanei buruzko ikusmolde esentzialista eta triumfalista batean oinarritzen da. Bere azpian, garapenaren eredu linealaren formula topa genezake: zenbat eta zientzia gehiago, hainbat eta teknologia gehiago, beraz, aberastasun gehiago, beraz, gizarte ongizate handiago.

Gainera, eredu klasiko horren adierazpen politikoak zientzia eta teknologiaren autonomia aldarrikatzen du esku-hartze sozial eta politikoarekiko: zientziak, xedetzat gizarte ongizatea handitzea duen heinean, bere jardunean gizartea bera alde batera utzi behar du eta soilik egia bilatzera abiatu: hau da, zientziak gizarte balioetatik at egon behar du. Era berean, teknologiak ere, gizarte hobekuntzarako tresna bilakatzeko, gizarteaz ahaztu eta barnetiko eraginkortasun teknikoaren irizpideari soilik jarraitu behar dio. Ikusten denez, beraz, eredu honetan zientzia eta teknologia kulturaren forma autonomo bailiran aurkezten dira, edozein motatako balorazioerekiko jarduera neutral gisa.

Zientzi garapenaren onuragarritasunaren eta gizartearekiko autonomiaren tesien gauzatze doktrinala Vannevar Bush zientzialari iparramerikar ospetsuari zor diogu. II. Mundu Gerran zehar EEBBetako Zientzi Ikerkuntza eta Garapenerako Bulegoko zuzendari izan zen Bush. 1945eko uztailan, Roosevelt-ek —aurreko lehendakariak— berari urtebete lehenago eskatutako txostena ematen dio Truman-i: *Science. The Endless Frontier*. Txosten horrek etorkizuneko politika zientifiko-teknologiko iparramerikarraren ildo nagusiak zedarritzen ditu<sup>1</sup>, garapenaren eredu lineala azpimarratuz: nazioaren ongizatea oinarritzko zientziaren eta teknologiaren eragozpenik gabeko garapenaren menpe dago, eta ereduak aurrera egin dezan zientziaren autonomiari eutsi behar zaio. Ildo honi jarraituz, gainera, ekonomi hazkundera eta gizarte garapena etorriko dira. Txostenak bere helburua lortu zuen: gerra ondoren, Estatu Batuak zientzi garapena sustatzeko baliabide publiko ugari eskaintzen hasi ziren, zientzi erakundeek ezarritako irizpideei men eginez.

Laburbilduz, oinarritzko ikerkuntzaren finantzaketa publikoaren premia azpimarratuz, zientzi erakundearen autonomia bultzatzen zen kontrol politiko publikoaren aurrean. Iritzi publikoari, bitartean, gizarte garapenaren promesa agintzen zion zientziaren garapen eredu honek.

Hala eta guztiz ere, 50eko hamarkadaren erdian, argi ikusten zen gertaerak ez zetozeela bat norabide bakarreko eredu linealarekin. Pixkanaka, hainbat gertakari oihartzun publikoa hartzen hasi ziren: garapen zientifiko-teknologikoari lotutako hondamendiak (hondakin poluitzaileen isurketak, istripu nuklearrak erreaktore zibil eta garraio militarretan, pozointze farmazeutikoak, petrolio jarioak...), hedabideek plazaratutako zientziaren baitako eztabaida eta iruzur kasuak, teknologiaren eraginari lotutako dilema etikoen eta gizarte arazoaren salaketak... Gertakari horiek, «txeke zurian» oinarritutako politika zientifiko-teknologikoa auzitan jartzeaz gain, oro har, zientzia-teknologia-gizartearen harremanak berrikusteko premia azpimarratzen zuten. 60ko hamarkadaren amaieran, politika horren aldaketaren premiaren aldarrikapena puntu gorenera iritsi

zen. Urte horietan gizarte aurreratuetan sortutako mugimendu kontrakulturalak ugaritu ziren: mugimendu ekologistak, Vietnamgo gerra-ren aurkako protestak, energia nuklearraren erabilera zibil eta militararen aurkako protestak, 68ko Maiatza... Shirley Williams, orduko politikari ingeles errespetatutakoenaren hitzetan, «zientzialariaren tzat amaitu da festa». Zalantzarik gabe, halako adierazpen batzuk garai horretan mendebaldeko gizartean gero eta indar handiagoz nabaritzen zen sentsibilitate baten adierazgarri edo sintomatizat jo daitezke: politika zientifiko-teknologikoarentzako norabide bakarreko ereduaren berrikuspenaren unea heldu zen.

### **«Zientzia, teknika eta gizartea» (ZTG) azterketak eredu berri baten bila**

Sentsibilitate publiko eta politiko berri hau esparru akademikoan ere islatzen da. Azterketa filosofiko eta soziologikoen baitan biraketa bat gertatzen da: zientziaren ohiko irudi positibista, esentzialista eta onegilearekiko bateraezina den irudi berri bat gauzatzen hasten da, zientziaren gizarte kontestualizazioan oinarritzen dena<sup>2</sup>. Ikusmolde akademiko berri horren emaitzarik behinenak ditugu «Zientzia, teknika eta gizartea» (ZTG) diziplinarteko azterketak<sup>3</sup>. Hasiara batean batik bat EEBBetan eta Erresuma Batuan, ZTG azterketa sozial hauek zientzia eta teknologiaren eta hauen eta gizartearen arteko harremanen hautemate berria islatzen dute.

ZTG azterketek lan eremu berri eta heterogeneoa definitzen dute egun. Dena den, ongi finkatutako eremua da: zientziaren eta teknologiaren ohiko irudi esentzialistarekiko kritikoa, kontestualizatua eta diziplinartekoa. Izan ere, bertan, batik bat gizarte zientzietako eta humanitateetako hainbat diziplinek —zientziaren eta teknologiaren filosofia eta historiak, zientzi ezagutzaren soziologiak, hezkuntzaren teoriak eta aldaketa teknikoaren ekonomiak, kasu— bat egiten dute. Oro har, zientzia eta teknologiaren «gizarte dimentsioa» ulertzea da azterketa horien helburua, bi



norabidetan gainera: batetik, zientziaren aurrekari sozialen ikuspuntutik, hau da, ikerkuntza zientifiko-teknologikoa taxutu eta baldintzatzten duten izaera sozial, politiko eta ekonomikozko faktoreak azalduz (batik bat, ZTG azterketen tradizio europamean); bestetik, zientzi jardueraren gizarte eta ingurumen ondorioen ikuspuntutik, hots, jardueraren horren ondorio sozial, etiko, ambiental edo kulturalak aztertuz (ZTGren tradizio amerikarrean, batez ere)<sup>4</sup>.

Zientziaren irudi berri horrek zientzi ikerkuntza sozialki ezaugarritzen du: prozesu edo produktu sozial honetan, hau da, zientzian, osagai epistemikoez ez ezik, ez epistemikoez ere (balio moralek, sinesmen erlijiosoek, interes profesionalek, presio ekonomikoez...) funtsezko zeregina betetzen dute teoria zientifikoen eta artefaktu teknologikoen sorreran. Bestela esanda, zientzia ez da objektibotasun eta egiazko hurbilketa bermatuko lukeen prozedura unibertsal soiltzat jotzen. Aitzitik, giza jardueraren konplexua da, ahalmen azaltzaile handikoa, baina beti ere testuinguru kultural jakinetan kokatua.

Bestalde, politika publikoaren eremuan, ZTG azterketek zientzia eta teknologiararen arautze soziala defendatzen dute, politika zientifiko-teknologikoei buruzko auzietan erabakiak hartzeko prozesuak zabaltzea ahalbidetu dezaketen mekanismo demokratikoak sustatuz. Azken buruan, esparru akademiko horretatik, ZTG azterketak zientziaren eta gizartearen arteko negoziazio berriaren oinarriak finkatzen laguntzen ari dira, hain zuzen ere zientzia eta teknologia ulerkuntza eta balio publikoetara irekitzen saiatuz.

## **Zientziaren gizarte kontratu berrirantz, Budapestetik barna**

Bai iritzi publiko eta politikoaren alorrean bai esparru akademikoan azken hamarkadetan gertatu den kontzientziazio prozesu honek izan du, duela gutxi, emaitza zehatzik. Zientzia eta gizartearen artean ezarri beharreko kontratu berriaren premiak testigantza esanguratsu bat izan du: *Zientziari buruzko Mundu Kongresua*, Budapesten 1999ko

ekaina-uztailean burutua, UNESCOren eta Zientziarako Nazioarteko Kontseiluaren (ICSU) ekimenez. Planeta oso-ko herrialdeak lehen aldiz bildu ziren zientziari buruz eta honek egungo munduan duen zereginari buruz soilik hitz egiteko. Bilkurak ia 150 herrialdetako ordezkariak hartu zituen, eta baita zientzialari elkarte eta zientziarekin erlazioatutako erakunde ugari ere. Bileraren amaieran, *Zientziari eta zientzi ezagutzaren erabilerari buruzko deklarazioa* eta agiri honen *Zientziarentzako agenda: ekimen markoa* garapena onartu zituen bilkura osoak<sup>5</sup>. Kongresuaren eta deklarazioaren beraren gai nagusia zientziarentzat gizarte kontratu berri bat eratu eta adostea zen, zientziaren eta gizartearen arteko hurbilketan oinarritutakoa, bai analisi zientifikoaren esparruan, bai erabakimen politikoaren esparruan ere.

Budapesteko Kongresua, mende amaierako gure gizarteak duen arazorik nagusienetakoari, hots, zientzia eta gizartearen arteko harremanen negoziaketa berriari, aurre egiteko ahalegin bat gehiago da, arazo korapilatsu horrek dituen dimentsio akademiko, etiko-politiko, ekonomiko eta hezkuntzazkoei erantzun orokor bat emateko asmoz.

Budapesten onartutako agirien eta landutako gaien edukiek garrantzi itzela dute egun, honako arazo eta erronken aurrean: zientzialariaren eta teknologoaren erantzukizun eta konpromiso etikoak finkatzea, zientziaren finantzaketan estatuek duten zeregina zehaztea, ikerkuntza lehentasunak biztanleriaren benetako premietara bideratzea, hainbat nazio eta lurraldetako I+G sistemen asimetria sakonak gainditzea, emakumeak eta gizarte talde baztertuenak ikerkuntza sistematan sartzea, zientzi hezkuntzan eta zientziaren komunikazio ereduetan aldaketak txertatzea, eta abar.

Hauxe da Budapesteko Kongresuan eta antzeko foroetan eskatzen den gizarte kontratu berria, zientzia eta gizartearen arteko harremanen negoziazio berriaren objektua: zientzi jardueraren kudeaketarako eredu politikoa eraldatzea; izaera esku-hartzaile, demokratiko eta prebentiboagoa duten zientzia eta teknologiari buruzko politika publikoak sustatzea; garapen zientifiko-teknologikoak na-

turan eta gizartean dituen ondorio kaltegarriak zaintzeko lanabes tekniko, administratibo eta legegile berriak garatzea eta aplikatzea. Azken buruan, zientzia eta teknologia, dagoeneko beste gizarte jarduera batzuk gidatzen dituzten estandar etikoetara doitzea, hau da, haiek demokratizatzea. Horrela, gizarte zibila zientzia eta teknologiaren lehenetasun eta helburuetan eragiteko gauza izan daiteke; gainera, gizartearen benetako premietara, hots, eztabaida publiko batetik lezozkeen premietara, berbideratu ahal izango dira.

Horretarako, zientzia eta teknologiaren izaeraren berrikuspen epistemologikoa ere sustatu behar dugu: zientziaren kutxa beltza ireki eta publikoari komunikatu, haren ohiko irudi esentzialista eta filantropikoa desmitifikatu, teknologia saihestezina eta azken buruan onegilea dela baieztatzen duen uste interesatua auzitan jarri.

Budapesteko Goi Bilerak, lege edo ekonomia mailan konpromiso zehatzik lortu ez badu ere, Deklarazioaren testuaren bidez zientziarentzako gizarte kontratu berri horrek hartu beharreko zentzuaren inguruan mundu mailako adostasuna bildu du. Adostasun horretan, auzi etikoek, parte-hartze publikoak eta zientziaren demokratizazioak leku berezia betetzen dute. XX. mende hasiera honetan, ZTG azterketak baliagarriak izan daitezke xede horretarako eta gobernuen agendan Budapesteko gai zerrenda gordezko. Baina gizarte zibilari, hau da, guztioi dagokigu orain protagonismoa geureganatu eta erronka horiei aurre egitea.¶

- 
1. Zientzi ikerkuntza sustatzeko xedez, agentzia federal bat sortzea proposatu zuen Bushek. Bost urte beranduago —1950ean— Zientziarako Nazio Fundazioa eratu zen. Gainerako estatu industrializatuak, EEBBek irekitako ildotik, oinarrizko zientziaren finantzaketan murgildu ziren erabat. European, adibidez, 1954an *Centre Européen de la Recherche Nucleaire* (CERN) ofizialki sortu eta Suitzan kokatu zen, ikerketa nuklearren inguruko nazioarteko lasterketan barneratuz.
  2. Zientziaren filosofia eta soziologiaren baitako biraketa horren erantzule nagusia Thomas S. Kuhn-en 1962ko *The Structure of*

- Scientific Revolutions* liburua izan zen (*Iraultza zientifikoaren egitura*, Donostia, Elhuyar-Elkar, 1990). Kuhnen aburuz, hain zuzen, zientziaren kanpotiko baldintzapen psikosozialak aintzat hartu behar dira ezinbestean zientziaren irudi osoa eta egokia lortzeko.
3. ZTG azterketei buruzko sarrera egokia aurki daiteke, gaztelaniaz, liburu honetan: González García, Marta I., López Cerezo, José A., Luján López, José L.: *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madril, Tecnos, 1996. OEI erakundeak ere (Organización de Estados Iberoamericanos) web gune interesgarria du ZTG azterketen inguruan ([www.oei.es/cts.htm](http://www.oei.es/cts.htm)); bertan, sarrera teoriko laburrak, artikulak eta testu interesgarriak (esparru iberoamerikarrekokoak zein beste-lakoak) eta bibliografia zabalak topa daitezke, besteak beste.
  4. Tradizio europarrekoak ditugu, besteak beste, B. Barnes, D. Bloor eta S. Shapin (Programa Bortitza), H.M. Collins eta T. Pinch (Erlatibismoaren Programa Enpirikoa), W. Bijker (Teknologiaren Eraikuntza Soziala), B. Latour, S. Woolgar eta K. Knorr-Cetina (laborategiko azterketak). Eta tradizio amerikarrekoak, besteren artean, D. Nelkin, L. Winner, K. Shrader-Frechette, D. Collingridge, S. Carpenter, C. Mitcham, L. Waks eta P. Durbin.
  5. Ikus agiri hauek [www.unesco.org/opi/science](http://www.unesco.org/opi/science) (frantsesez eta ingelesez) eta [www.oei.es/cts.htm](http://www.oei.es/cts.htm) (gaztelaniaz) helbideetan.



## Inaki Irazabalbeitia

### Zientzia XXI. mendean, gizarteratzea erronka

Edozein giza jardunetan legez aurreikuspenak egin nahi direnean, geroak zer ekarriko digun igarri gura denean, huts egiteko arriskua biziki handia da; baita definizioz prediktiboa den zientziaren eremuan ere. Orain arte behintzat zeregin horrek errenta eskasa ekarri die igarleei eta, halaber, barregarri utzi ditu ondorengo belaunaldien aurrean, 1950eko hamarkadaren bukaera aldean, ordenagailuen merkatuak etorkizunik ez zuela esan zuen IBMko goi-zuzendari horren moduan.

Horrek, noski, ikaratu egiten nau, inork ez baitu gus-tuko besteen aurrean barregarri gelditzea eta ez dut gura inork nire kontura barre egitea. Esperientziak darakusa, gainera, egun ezinezkotzat jotzen dena geurtz errealitate izan daitekeela. Beraz, tentuz ibili beharko dut. Ez horre-gatik bakarrik, ordea.

Jeneralista izateak abantaila nabarmenak ditu: gauza asko ezagutzea, kontzeptu askoren adiera izatea, honetaz eta hartaz iritzia eman ahal izateko elementuak ukaitea. Alta bada, orojakileari ipurdia agerian gelditzeko arriskua emendatu egiten zaio, azaleko ezagutzatik nekez egin bai-taitezke etorkizunaren augurioak.

Parada horretan nago neroni, zientzi dibulgazioaren gerizpean, alorreko adituen artean murgildurik, zientzia-ren bilakaerak zer ekarriko digun asmatu asmoz.

Ehun urte lehenago pareko egokieran jarrita eta, os-tean, mendeak zer eman duen ikusita, etorkizuna igartze-ko elementu aski barik egongo nintzatekeen: kuantua Max Planck-en buruan zebilen makulu teorikoa baino ez zen; Mendelen legeak gauza ahantzien kutxan gordeta zeuden; automobilak lau asmatzaile txireneren denbora-pasa ziren; imajinaezina zen airea baino astunago ezerk

hegan egin zezakeenik eta bizi itxaropenak doi-doi gainditzen zuen mende erdia. Non gaude orain? Kuantu teoriako haiek materia eta unibertsoa ulertzeko modua aldarazteaz gain, gure mundua suntsitzeko bidea eman digute; Mendelen ilarren gibelean genetikaren indar jainkotiarra ezkutatzen zen, automobilek, gu libre egiteko jaio ei zirenek, harrapatuta gauzkate beren hatzapparretan; munduari bira egiteko ez dira jada 80 egun behar, minutu gutxi batzuk aski dira eta gerontologia etorkizuneko medikuntzaren adarra da.

Hortaz, nora doaz zientzia eta teknika? Zantzu batzuk eman litezke, joera batzuk aurreikusitakoak, baina erdia ere ez dugu igarriko, hain segur, usteak erdiak ustelak baitira atsotitzak dioenez.

Zientziaren adar batzuen konbergentzia eta elkarhartzea izango da XXI. mendearen ezaugarrietako bat. Egoera solidoaren fisikak eta teknologiak, biologiak eta kimika makromolekularrak bat egingo dute, hain segur, nanozientziaren esparruan, eta hortik sor daitezkeen sinergiek orain ikusten ez ditugun ondorioak izan litzakete. Naturaren bideari jarraituta nanometroaren eta mikrometroaren artean dagoen distantzi tarte horretan garatutako zientziak eta teknologiak zeresan handia eman lezakete.

Atzen bi hamarkadek genetikaren iraultza ekarri dute. Bizia manipulatzeko gai gara. Genoma, transgeniko, ADN edo klon eguneroko hizkeran ez dira arrotz, gizartearen kultura integratu direla esan daiteke. Oso azkarra ez da izan behar genetika, XXI. mendearen hasieran behintzat, zientziaren alor izarretako bat izango dela aldarrikatzeko. Zientziaren, ezagutzaren edo osasunaren ikuspegitik genetikaren aurrerabideak izan ditzakeen inplikazioez landa, gizartean eztabaida sakon eta patxadatsua zabaldu beharko da genetikaren aplikazioak eragin ditzakeen ondorio etiko, filosofiko eta sozialei buruz. Gizarteak, hitzaren zentzu zabalenean, deliberatu beharko du klonazioak, gene-terapiak edo bizidun transgenikoen erabilerak mugarik izango duten eta hala bada, zein eta norainokoak izango diren. Eztabaida hori egoki bideratzea da orain gizarteak eta zientziak duten erronka handienetako bat.

Horrelako delibero bat ez da elite politiko edo zientifikoaren esku soilik laga behar, erabakia demokratizatu behar da eta gizarteak bere erabakimena erreklamatu behar du. Horretarako, jakina, gizarteari auziari buruzko informazio zuzen, egoki eta ulergarria eman behar zaio. Honi buruz geroxeago arituko gara.

Astrofisika ere izarretako bat izango da. Zerua behatzeko garatzen ari diren tresna sofistikatuek, Hubble espazio-teleskopioaren modukoek, unibertsoa beste begi batzuekin ikusteko aukera ematen dute. Behaketen zehaztasuna eta irismena etengabe hobetzen ari da. Unibertsoaren irudi gero eta zehatzagoa dugu eta urrats bakoitzak lehenago jarritako galdera batzuk erantzuten baditu ere, beste batzuk paratzen ditu. Unibertsoaren jatorriaz, egoeraz eta etorkizunaz dugun irudia aldatzen edo osatzen ari zaigu egunez egun. Materia ilunaren auzia hutsaren energiak konpontzen ote duen, Leherketa Handiaren lehen-lehen unetan zer gertatu zen edo horren aurretik ezer egon ote zen eta beste anitz kezka argitu daitezke ondorengo urteetan. Itaun horiei erantzuteko, tresneria astronomiko sofistikatuen ez da nahikoa izango, materiaren osagaiak diren oinarrizko partikulei buruz ere haboro jakin beharoko dugu, partikula-azeleragailuen eta enparauen lana alegia. Nolabait, ñimiñoaren eta neurtezinaren azterketek bat egingo dute.

Fisikaren aurrerabideak bi ondorio teknologiko iraultzaile ekar ditzake. Tenperatura altuko supere roaleak amets dira oraindik eguneroko bizitzan, nahiz eta azken hamabost urteotan izugarri aurrera egin den. Horretarako eza gutza teoriko sakonagoa eta garapen teknologiko egokiak behar dira, mende berriaren lehen hamarkadan urrats garrantzitsuen lekuko izan gaitzke. Ordenadore kuantikoak, aitzitik, urrunago dirudi, baina informazio-kantitate itzela maneiatzeko ahalmen neurtezinak informazioaren beste iraultza bat ekarriko luke.

Astronautikak orrialde asko eta minutu asko betetzen ditu gure komunikabideetan. Espazioaren esplorazioak, gizateria hurrengo mugaldea delako apika, jakin-min handia pizten du jendearengan. XX. mendearen bigarren

erdiak zientzia horren jaiotza ezagutu du; lorpen handiak egin dira, erronkek eta aukerek zenbatezinak izaten darrate hala ere. Espazioaren esplorazioaren ikuspegitik bi protagonista nagusi izango ditu mendearen lehen laurdenak: Marteren esplorazioa eta Nazioarteko Estazio Espaziala. Gizaldiaren hirugarren hamarkada gizakia marteratzearen lekuko izango da aurreikusitako planak betetzen baldin badira. Bien bitartean, zunda automatikoen andana bat planeta gorriari buruzko informazioa biltzen ibiliko da, jaurtiketa-leiho guztien aukera profitatuz. Datu-pilo hori ustiatuz, Marte ezagutzeaz gain, gure planetari buruz ere gehiago jakingo dugu. Nazioarteko Estazio Espazialak mendearen lehen urtearekin bere buruaz beste egingo duen *Mir*-en errelebua hartuko du. Aintza eta ohore *Miri*. Espazioa gizakiarentzat bizileku eta lantegi izan daitekeela frogatu nahi da. Bestetik, espazio-turismoaren sorrera oso hur dagoke.

Gaia ere protagonista izango da. Bizileku dugun planeta urdina garapen teknologiko eta industrialaren presio izugarria pairatzen ari da. Klima-aldaketari, berotegi efektuari, ozono-geruzaren zuloari, deforestazioari eta gainerrako ingurugiro-arazoei konponbide serioa ematen hasi behar zaie. «Garapen jasangarri» hitz majiko izatetik bizi-modua eta aurrerapena ulertzeko modu bat izatera pasatu behar du. Horrela obratzea deliberatuz gero, gizarte-ahalegin handia eskatuko du; bizimodua ulertzeko beste manera bat ekarriko du. Horrek bizitzeko, mugitzeko, jateko, dibertitzeko edo bidaiatzeko moduan aldaketak ekarriko ditu. Orain ohizko diren zenbait portaera, ezin ametituzkoak izango dira. Gizarteak erabaki beharko du kasu honetan ere. Honek guztiak gorago aipatutako informazio adituaren auzia dakarkigu berriz ere.

Garapen jasangarria estu-estu lotuta dago energi iturrien ustiapen zentzuzkoarekin. Jakin badakigu gure ekonomian oinarri diren energia fosilek epe-muga dutela, ordezkioak behar ditugula. Halaber, ingurugiro-arazo askoren iturburu ere badira. Energi iturriak kudeatzeko sisteman aldaketa sakonak etorriko dira halaberrez. Batzuk, energi efikaziaren bidetik etorriko dira, beste batzuk gara-



pen jasagarriak behartuko ditu, garraio-sistemen razionalizazioa<sup>1</sup> adibidez. Energia alternatiboek ez dute bide luzerik egin. Kasu gehienetan promesa dira oraindik, nahiz eta batzuk, haize-energia gure herriaren kasuan, pisu adierazgarria hartzen ari diren energi homikuntzan. Dena den, ez daude ingurugiro-inpaktutik salbu. Bestetik, energi iturri agortezina izango litzatekeen fusio nuklearra oso astiro egiten ari da aurrera, eta askok izarrak hornitzen dituen energia hori inoiz menderatzeko gai izango garen zalantzan jartzen dute. Epe laburrean etorkizun oparagoa duten energia alternatiboak landare-biomasaren energia, zuzenean zein erregai likido bihurtuta, eta hidrogeno-energia dira. Islandiak, esaterako, 2020rako hidrogeno-energian oinarritu nahi du bere ekonomia.

Horiek guztiak kontuan harturik ere, XXI. mendeari begira zientziak duen erronka nagusia demokratizazioa da. Alegia, zientzia elite batzuen esku ez gelditzea eta gizarte osoarena izatea. Gure mendebaldeko gizarte honetan zientzia eta teknologia gizarte aurreratuen kulturaren oinarritzko zutabetzat jo izan dira. Ondorioz, ezagutza zientifiko-teknikoaren transmisioak toki garrantzitsua du hezkuntza sisteman. Gure aitona-amonek eskolan jaso zuten garaiko ezagutza zientifikoa eta, oro har, nahikoa izan zitzairen beren bizitzan garapen zientifikoaren aurrean eroso sentitzeko. Hori orain ezinezkoa da, inguratzen duen munduaz interes minimoa duenaren ikuspegitik behintzat. Azken hamarkadetan zientzia eta teknologia oso azkar ari dira berritzen. Eman dezagun adibide bat, nik duela hogeitun urte lortu nuen kimika zientzietan lizentziatura. Oinarri zientifiko sendo baten jabe nintzen. Garai hartan hibernatu izan banindute eta gaur esnarazi, ez nuke jakingo klon, txip, transgeniko, genoma, HIES edota RAM auto-markak ala modako musika-taldeak ote ziren. Kimikako kontzeptuekin gauza bera gertatuko zitzaidakeen: fulerenoak edo kimika kombinatoriala lekuko.

Hortaz, gizarteak garapen zientifiko-teknikoak dituen ardurabideaz, ekar ditzakeen onurez edota eragin ditzakeen arriskuez informazio zehatza, zuzena eta egokia izan dituzan mekanismoak abian jarri edo indartu behar dira.

Elikagai transgenikoen debatean edo medikuntza alternatiboen auzian nekez ahal izango du hiritarrak iritzi sendo eta egokia izan kontzeptu horien gibelean dagoen errealtatea ezagutzen ez badu. Jendeak egunero hartu behar ditu zientziak baldintzatutako erabakiak, hain justu, zientziaz zerbait jakitea behar duten erabakiak. Esate baterako, zer egin gure umeen eskolan HIESa duen ume bat dagoenean? Utziko al dugu gure etxetik gertu zabortegei bat eginen? Barakaldoko biztanlea banaiz, zein jarrera hartu behar dut lindanoa prozesatzeko plantaz? Antzeko galderak planteatu daitezke maila pertsonalean: transgenikoak dituzten elikagaiak jango al ditut? Zer egingo dut gene-terapia eskaintzen badidate?

Zeinek osatu eskolaren transmisio-mekanismoa? Beste batzuk aipatu baldin badaitezke ere<sup>2</sup>, masa-komunikabideek (formatu guztietan) osatu behar dute mekanismo hori<sup>3</sup>. Ez dago gure gizartearen esparru guztietan jazotzen ari den aldaketa azkarra hedabideen eragina barik entenditzerik. Are gehiago esango nuke, beharrezkoak ditugu, zientzialariok bederen. Nekez gizartera genezake itzelezko abiaduraz pilatzen ari den ezagutza zientifikoa masa-komunikabiderik gabe. Horretarako, noski, masa-komunikabideek horretaz jabetu beharko dute; informatzeaz at, iritzia formatzen ari direla ametitu behar dute. Egia esan, masa-komunikabideek, salbuespenak salbuespen, ez dute zientzia eta teknologiarekiko jarrera oso positiborik. Batetik, ez dituzte gai horiek besteen mailan (maiztasuna, duintasuna, garrantzia) tratatzen eta, bestetik, ikuspegi negatiboak azpimarratzen dituzte sarri: istripu, porrot, arrisku... Dena dela, komunikabideen eta zientziaren arteko harremanak beste artikuluko bateko gaia izango litzateke.

Laburtuz, komunitate zientifikoaren eta bere produkzioaren eta gizartearen artean zubiak indartu behar dira, gizartea baita finean zientzia horren ordaintzaile, erabiltzaile, pairatzaile eta erantzule.

Hala eta guztiz ere, gizartearen eta komunitate zientifikoaren artean zubi sendoak eta informazio-fluxu ona egonik ere, ez gintuzke harritu behar jarrera azientifikoak gure gizartearen indartzea edota pseudozientziari eta sasija-

kintzari arreta jartzea zenbait komunitateetan<sup>4</sup>. Paradoxikoa bada ere, gizartean zientziak duen balorazioa edo onarpena ez dagokio horretan jokatzeko duen paperari<sup>5</sup>.

Hor dugu erronka lagunok, hori bai, zientzia erlijio bihurtu gabe.¶

- 
1. Egun Europan nagusi den errepide-sarean funtsatutako garraio-sistemak ez du zentzurik garapen jasangarriaren ikuspegitik, oraindik horretan egiten diren inbertsio erraldoien lekuko bagara ere. Etorkezunean, trenbide-sare egoki batean oinarritutakoa nagusituko da, hain segur.
  2. Hitzaldi, museo, erakusketa, etab.
  3. Jendeak ez du zientziaren garapena bere eguneroko esperientzietatik edo eskolatik jasotzen, kazetarien hizkera eta irudikeriaren iragazkietan zehar pasatuta baizik. Komunikabideak dira, hain zuzen, etengabe eboluzionatzen ari diren zientzia eta teknologia-rekin duten zubi edo harremanbide bakarra eta, noski, baita bizitzaren beste alor askorekin ere.
  4. Estatu Batuetako kreaionismoa izango litzateke adibiderik behinena, baina euskal gizartean sasimedikuek eta 'terapia' alternatiboek duten onarpena gertaera sozial beraren beste aurpegi bat da.
  5. Horren beste adierazle bat da Europan zientzi ikasketak egin nahi dituzten unibertsitateen portzentajeak behera egitea. Egia esan, horren atzean beste arrazoi batzuk egon litezke, ikerlarietako karrera profesional taxuzkoa bermatuta ez izatea, besteak beste.



## Jose Maria Urkia

### **Hirugarren milurtekoko medikuntzari buruzko hausnarketa bat**

Zaila da jakitea nondik nora joango den XXI. mendeko medikuntza. Dena den, saiatuko naiz hausnarketa bat egin; horrekin esan nahi dut nire iritzia azalduko dudala idatzi honetan eta, horregatik, denak ez dira izango nirekin ados.

Beharrezkoa da ikuspuntu historikoa, historiaren bidez ikas baitezakegu nolakoa izan zen aurreko mendeetako gure medikuntza, eta horren bitartez pentsatu, agian, nolakoa izango den XXI. mendeko medikuntza eta etorkizuna.

Historiak erakusten digu mendeetan zehar gizakiak beti izan duela gaixotasuna menperatzeko kemena eta indarra. Hori bai, mende bakoitzak bere arazoak izan ditu, batzuetan larriak, bereziki, izurriteak, jende ugari hiltzen edo hilzorian uzten zituztenak. Beste gaixotasun asko ere gainditu behar zituzten. Honekin esan nahi dut garai bakoitzak bere modura egin diola aurre gaixotasunari. Garai bakoitzak aurrerakuntzak ere izan ditu, eta pausoka-pausoka, orain arte eta hemendik aurrera berdin, gaixotasunaren aurka aritu gara. Medikuntzan, beste zientziekin konparatuz, alderdi desberdin asko ikusten dira. Hau da, medikuntzan zerikusi handi daukate garai bakoitzaren testuinguru kultural, politiko eta ekonomikoak, teknikak, fisikak, kimikak, matematikak eta abar. Guztiek eragite nabaria dute medikuntzaren zientzian.

Askotan, sendagileok uste dugu gure garaia dela onena eta aurreko mendeekin konparatuz asko dakigula, harrigarri gure une historikoaz. Hau gezur ustela da. Ezin ditugu konparazioak nolanahi egin, mende bakoitzak izan du zeresanik eta orain ere guk egiazat jotzen ditugu-

nak hemendik urte batzuetara zalantzan jarriko dira. Apalak izan behar dugu, etorkizuna zaila baita eta medikuntzaren zientzia menperatzea lan gogorra eta bihurria.

Medikuntzaren historiak erakusten digu, besteak beste, kritikoak eta apalak izaten. Oraingo egia borobilak, urteak pasa ondoren, gezur bilakatuko dira; ez denak, bai asko, ordea.

Gaur egungo medikuntza teknologiaren bidez egiten dugu erabat. Beste modu batera esanda, teknologiaren menpe dago. Egia da, azkenengo berrogeita hamar urte hauetan, medikuntzak ikaragarritzko aurrerakuntza egin du. Esparru denetan: diagnostikoan, terapeutikan eta prebentzioan. Fisikak asko lagundu du gaurko medikuntzaren teknologizazioan. Gaurko ospitaleak tresna edo aparatuz beteta daude. Aparatu benetan sofistikuak, diagnostiko zorrotzak egin ahal izateko. Gaixoak ondo daki tresna horiek garrantzia dutela diagnostiko on bat egiteko; horegatik, bat-batean, sendagileari RNM edo TAKak eskatzen dizkio. Medikua baino gehiago fidatzen dira horietaz. Gaur egungo aldaketa bat da hau, aurreko mendeekin konparatuz. Teknologia hedatuz joango da. Medikua aparatuen menpe egongo da. Laster robotek egingo dituzte ebakuntzak eta gaixoak ordenagailuaren bitartez kontsultatuko du medikua. Horrek ez du esan nahi mediku-pertsona soberan egonga denik, inolaz ez; pertsonak beti behar du beste pertsona batek eskua ematea eta begiratzea. Bioteknologiaren, klonazioaren, mapa genetikoaren ikerkuntzak eta minbiziaren aurkakoak aurrera egingo dute.

Gaixotasun kutsakorrek ere jarraipena izango dute. Berriak etorriko dira, HIESa agertu zen bezala. Oraingo antibiotikoei epe laburra dute: esan ohi denez, 2021. urtetik aurrera antibiotiko berriak behar dira, daudenak ez baitute izango efekturik bakteria eta birusen aurka. Terapeutika arloan ikerkuntza egingo da, antibiotiko berriak eta bestelako botika edo drogak aurkitzeko. Baliteke, planeta berriak edo mundu berriak bilatu ondoren, horietan sendagai berriak aurkitzea. Horrela gertatu zen XVI. men-

dean Amerika aurkitu ondoren, handik ekarri baitzituzten hainbat botika eta elikadura Europa.

Buruko gaixotasunak gehitzen ari dira: depresioak, bereziki, nagusi izango dira XXI. mendean. Gaur egun, depresioa gaitz latza dugu, eta lehenengo munduan botika antidepressiboak saltzen dira gehien. Medikiak beldur dira hemendik aurrerako benetako izurria depresioa izango ote den.

Minbiziari eta bihotzeko gaixotasunei buruz ikerkuntza ugari egiten ari dira. Prebentzio mailako eta tabakoaren aurkako kanpaina nabarmenak ere egiten dira. Dieta, kirola eta bizimodu lasaia aholkatzen dira. Dena den, bizimodua aldatzea oso zaila egiten da gaurko mundu honetan.

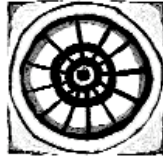
Zahartzaroak arazo handiak ekarri dizkio gure gizarteari. Eutanasiari buruz hainbat eztabaida sortzen ari da. Teknikaren bitartez, esan dugunez, hainbat eta hainbat zaharrek bizimodu luzea eta batzuetan tamalgarria izaten dute. Egoera honen aurrean eutanasia aipatzen da, bizitza laburtzeko eta sufrikarioa gainditzeko. Nire iritziz, XXI. mendean are gehiago hitz egingo da eutanasiari buruz, eta Estatuak legeen bidezko akordioak burutzerara behartuta egongo dira.

Europa mailan medikuntza erabat sozializatuta dago. Honek abantaila izugarriak ekarri dizkio gizarteari. Denok aukera berdina daukagu, eta medikuntza doan eskaintzen zaio gizarte osoari. Estatu Batuetan, berriz, alde izugarriak ikusten dira medikuntza zerbitzuetan: batzuek aukera guztiak dituzte eta goi mailako medikuntza daukate; besteak, ordea, txiro bizi dira, eta hirugarren munduko gaitzak dituzte. Gurean ere horrelako zerbait gerta daiteke. Medikuntza gero eta garestiagoa izango da, teknologia dela eta. Baliteke laster guk geuk ere, geure herrian, medikuntza zerbitzua, hau da, azterketa mediku bereziak edota botikak, ordaintzera behartuta egotea. Kontu handiz eta erne ibili beharko dugu horrelakorik gerta ez dadin. Izan ere, asko eta asko kostatu zaigu medikuntza zabal eta sozializatua lortzea.

Bestelako arrisku bat ere badugu. Ekologia eta natura ere suntsitzen ari gara. Hortxe ditugu, gaurkotasun osoz, hainbat eskandalu elikaduraren inguruan, haragi kutsatua, jaki pozoinduak... Naturarekiko errespetua berreskuratatu behar dugu.

Azkenik, komunikabideek zerikusi handia izango dute gure gizartean. Neurritz eta egiazkotasun osoz eman beharko dituzte medikuntzari buruzko informazio eta albisteak. Osasuna baita gure altxorrik preziatuena, eta, beraz, osasunari buruzko informazioak legezkoa eta garbia izan behar du.¶

*Egunen*  
*gurpilean*



*kultura • 115*

Sofia Loren edo Carmen Rossi • Garai berriak

JOSEBA BALERDI



*literatura • 120*

Euri sasoi lehortearen ostean • Sarearen aukerak

• Itzulpenari tiraka • Maiatzen eskutik

URTZI URRUTIKOETXEA



*soziolinguistika • 126*

Europako haizeak eta hizkuntza gutxituak

• Zer eskain diezaioke EBk euskarari?

• Euskal hiztunen komunitatearen bizindarra

• Euskalgintza profesionalizatua gehi herriaren berotasuna

• Prestakuntza teknikorako aukera berriak

IÑAKI MARTINEZ DE LUNA



*telepolis • 132*

Bigarren eraldaketa ekonomiko handia

• Ezagutzaren Gestioa • Ezagutza neurtu beharra

• Neurtzeko lehen urratsak • E-konomia ez dago modan

• Interneten bigarren olatua

• Hauteskunde-gaua gero eta azkarrago

AMATIÑO





## Sofia Loren edo Carmen Rossi

Sofia Loren edo Carmen Rossi (edo Martínez-Bordiú Franco). Edo New Yorketik Bilborako bide luzea. Erakusketa bat eta bi mundu. Edo Manhattango bosgarren abenidatik Abandoibarako trenbide geltokia (kontenedore geltokia, gainera, eta RENFERena) glamourra nola gal daitekeen.

Giorgio Armani da izarra. Zuek hau irakurtzerako, memoria eta hemerotekan bakarrik egongo da Italiako jostunaren lana, baina aurtengo udaran, Paris, Milan edo Madrilgo dendetan ez ezik, Guggenheim Bilbao museoaren espazio nagusiak bereak izan ditu. Zer egiten du jostun baten lanak museoan? Moda (janzkeraren inguruko moda), hori ere artea al da?

Dudarik gabe, Guggenheim museoaren arduraduentzat bai. New Yorken sekulako arrakasta izan zuen, gainera. Baina, hori bai, han egindako inaugurazio ekitaldira Sofia Loren eta maila horretako zeluloidearen artistak bildu ziren. Gurean, ordea, museoaren arduradunek Francoren biloba ekartzea lortu zuten, eta, itxuraz, Armanik berak gonbidatuta, Antonia dell'Atte, garai batean jostunaren inspirazio iturri, edo maniki, edo gauza biak batera izandako emakume italiarra. Ezberdintasunak ez dira horretan gelditzen, Bilboko ahots maltzurrenek diotenez; izan ere, New Yorkeko arrakasta Bilbon askoz ere apalagoa izan omen baita, baina museoaren zuzendaritzak badu hori arrazoitzeko pisu gehiagoko arrazoirik: eguraldia kaxkarrak izan da aurtengo udaran Bilbon; Euskal Herriak bizi duen egoera ez omen da kanpotarrak erakarri ahal izateko egokiena, eta beste hainbat. Bisitariak iaz baino gutxiago izan omen dira, baina inork ez du, benetako datuak erabiliz, inpresio hau egiaztatu edo gezurtatu.

Baina gatozen moda kontuetara. Artea al da moda? Zergatik ez, esango dute askok. Baina pare-parean jar da kioke *zergatik bai?* galdera ere. Behin eta berriro agertzen da mahai ganean, ustekabeen askotan, artearen mugaren

auzia. Eta behin eta berriro argi gelditzen den gauza bakarra, muga hori zehaztea oso kontu zaila dela, azken mendeetan lortu ez dena, eta gaur egun, norberak erreakzionario edo kontserbadore etiketak bizkarrean itsatsita ikusi nahi ez baditu behintzat, auzia albo batean utzi eta ezikusia rena egitea hobe dela. Zaila da, ordea, kasu honetan, begiak itxi eta artearen kontzeptu zabalenekin bat egitea. Behin baino gehiagotan esan dut bat natorrela artea sentsazioak sortzen dituen sormen-lan gisa definitzen dutenekin, eta ikuspuntu horretatik, dudarik gabe, Giorgio Armanik artea egiten du.

Kotoia, fibra sintetikoak, seta edo lihoa esku artean hartu, eta berez ezer ez diren material horietatik abiatuta soineko edo traje dotoreak egitea sormen-lana da, dudarik gabe, eta sentsazioak sortzen dituen, baita ikuslearentzat ere. Baina Armanik ez ditu bere jantziak norbaitek ikus ditzan egiten —ez horretarako bakarrik, behintzat— jantzi horien barruan norbait sar dadin behintzat. Eta berak badaki norbait hori ez dela, ordea, edozein izango. Nik neuk, esate baterako, ez daukat Armanik sortutako jantzirik, eta ez horretarako ahalbide gehiegi ere. Pertsona konkretuengana bideratzen da Armaniren lana, eta zentzu horretan, artelan batek behar duen unibertsaltasunik gabekoa da jostun italiarraren sormen lana. Baina, hala ere, Guggenheim Bilbao Museoaren udarako izarra izan da.

Ez da, gainera, kasu bakarra izan, ez hemen Euskal Herrian, ez guretik kanpo ere. New Yorken —hantxe hasi gara eta— Metropolitan Museum-a jendez gainezka ibili da Jackie Kennedy Onassis dela eta. *Jacqueline Kennedy: Etxe Zuriko urteak* izenpean, hiri hartako La Guardia aireportuan ere «sukurtsal» koxkor bat zabaldu duen museoak, 80 soineko, hainbat marrazki, argazki eta bideo batzuk biltzen dituen erakusketa zabaldu du, eta arrakasta izugarria izan da. Kasu honetan, soinekoak ez ziren gainera Estatu Batuetako presidente maitatuenaren emazteak egingakoak; berarentzat beste hainbatek eginak bakarrik. Baina Metropolitanok bere diru sarrerak nola igo diren ikusi du erakusketari esker, artearen kontzeptua baino gehiago, herrialde hartako mitomania erabiliz jendearen sent-

sazioen katalizadore gisa. Edo, gertuago, Donostian bertan Cristobal Balenciagaren soinekoei ere eskaini zaie erakusketa Kurasaalean.

New Yorkekoak, hala ere, ez du Jackie Kennedyren esku utzi bere udako programazio guztia. Eta nahi izan duenak, Johanne Vermeer-en lanak ere ikusi ahal izan ditu —adituek diotenez, optikarentzat hain garrantzitsua izan den kamara ilunaren teknika koadroak egiteko erabiltzen zuen pintore holandarra. Edo baita, orain arte mundu osoan XIX. mendeko William Blake pintore erromantikoari eskainitako erakusketarik zabalena ere. Bilboko Guggenheimen, ordea, Panza bildumako artista minimalisten lanak (zailak, eta bestela ere bertan daudenak), eta Nam June Paik sortzaile korearraren lan audiobisualak. Eta noski, Armani.

Artea, historian gero eta gehiago, nolabait instrumentalizatu egin dela argi dago. Eta kontzeptu estetikoek gero eta indar handiagoa dutela egunerokotasunean. Warhol izan daiteke, nolabait, uztartze horren paradigma nagusietakoa. Baina, hala ere, ez daukat batere argi, korronte instrumentalizatzaile horren izenean, edozer gauza onar daitekeen. Edo bestela esanda, niri asko gustatuko litzaidake, esate baterako, aeronautikak azken ehun urteetan izan dituen aurrerapausoak erakutsiko lituzkeen erakusketa bat; Wright anaien lehen abioi hartatik Concordera eta radarrarentzat ikustezinak diren abioietara kontzeptu estetikoak nola aldatuz joan diren ikustea, politik iruditzen baitzaizkit abioiak. Baina ez dakit horretarako dagoen Guggenheim Bilbao museoa. Edo hobe genukeen horrelako erakusketak Industria sailaren esku uztea. Izan ere, erakusketa bat ez da berez artea, artelan guztiak erakusketa batean erakuts ez daitezkeen bezalaxe. Baina udara udara da beti, ari-nagoa, friboloagoa, eta udazkenaren zain geldituko gara.

## Garai berriak

Udazkenean ekin beharko dio, buru-belarri, Miren Azkarete ere. Mari Karmen Garmendiaren agintaldi luzearen

ondoren, pentsatzekoa da Azkarate andreak, Ibarretzek izendatu zuenetik, udako hilabeteak 2002. urteko aurrekontuak prestatzen pasako zituela, horixe izango baita bere politika propioa aurrera ateratzeko tresna garrantzitsuena. Momentuz, ordea, ezer gutxi jakin da datorren aurrekontuei buruz, non eta Zenarruzabeitia andrearen ohizko zuhurtziaren zipriztinak Gobernuaren sail guztietara zabalduko direla ez bada.

Beraz, Eusko Jaurlaritzaren Kultura sailburu berriari buruz ezer gutxi esan daiteke momentuz, nahiz eta iragan zapal eta oparoko emakumea izan. Eta kulturarekin batera, berea duen bigarren betebeharrean ere, hizkuntz politikari dagokionean ere, zer egingo ote duen jakitea ez da erraza, baina niri behintzat, nondik datorren ikusita, itxaropen apur bat piztu zait. Hala ere —zilegi bekit transgresio kokor hau— ezin dut burutik kendu, Euskaltzaindiaren eraginez, edo akademiaren erabakiak gizarteratzeaz arduratzen direnen eraginez, nire burua askotan eta askotan analfabeto gisa ikusten dudala euskaraz, ez dakidala ziur zuzen idazten dudana, ez ditudala ulertzen hainbat eta hainbat erabaki, eta iruditzen zaidala, gainera, ez naitzela honetan bakarra. Akademiak, nolabait, alde batera utzi duela hiztunekiko konpromisoa, eta gure hizkuntz segurtasuna kolokan dagoela uneoro. Baina, tira, hausnarketa oso pertsonalak dira hauek.

Gure beste administrazio batean gertatzen ari denak askoz ere gehiago kezkatzen nau, eta hasiera batean Jesús Laguna kontseilaria gizon irekia zela ziotenak inolako esperantzarik gabe gelditu direla argi dago. Eskola liburuak itzultzeari ekin dio Nafarroako Gobernuak, euskaraz idatzitakoek ez omen dituzte eta Sanzen mutilek eskatzen dituzten baldintzak betetzen. Merke atera zaizkie gainera itzulpenak Laguna eta Pegenauteri (hain gutxi kobratzen al dute itzultzaileek?), eta zaila da, benetan, ankerkeria honetatik ondorio itxaropentsu txikiena ere aurkitzea. Bai, derrigorrez onartu behar izan du Nafarroako Gobernuak euskarazko irakaskuntzak ez duela atzera bueltarik —eta bada zerbait—, baina doktrina ideologikoari kostatuta eutsiko diotela ere argi gelditu da. Nafarroaren be-

netako izaera esplikatuko behar omen zaie eskolaumeei, eta ez orain arte bezala, Euskal Autonomia Erkidegotik zetozen liburuek egiten zuten moduan, dotrina abetzale-sabiniano-deabruzalea.

Eta zer egingo dute liburu berriek: Xabierko Frantziskoren lehen hizkuntza latina zela esplikatuko? Amaiurko gazteluaren hondakinak Fernando Katolikoak udara pasatzeko erabiltzen zuten egoitzaren arrastoak direla esan? Edo Paueko Nafarroako Parlamentua solidarioen maltzurkeriaren asmakizuna? Barregarria litzateke, negargarria ez balitz.°



## **Euri sasoia lehortearen ostean**

**M**unduko paralelo jakin batetik iparrera bizi garenok lau urtaro bereizi ohi ditugu, tropikoetan berriz, euri sasoia eta lehorra baino ez. Euskal liburugintzak ere klimatologia tropikala duela ematen du: gorabehera mailakatu barik, edo zaparrada edo sikate latza.

Badiriudi amaitzear dela utteroko sikatea eta udagoien a rekin euria etorriko dela. Aurkezpenak nonahi izango ditugu, *Euskaldunon Egunkaria*-k ez du ez kazetari ez orrialde nahikorik izango egun berean hiruzpalaura heltzen direnean eta uriola Durangon itsasoratuko da. Diskogintzan urte roko %60 asteburu luze horretan eta Durangon saltzen zutela esan zidaten lehengoan disketxe batekoek. Exajeratua ematen du erdia izanda ere... eta nago liburutan gehiago ere izango dela.

Liburu egunaren karietara, apirilean berriz ere bizkunde modukoa egoten ei da. Horri esker, zorionez idazlea ez dago oraindik erabat behartuta Durangoko erritmorra lanera, irailan ukitu guztiak eman eta inprentara bidali eta urrian aurkezpena egiteko —horretaz bizi ezinik uda idazle-lanerako sakrifikatzea kontu arrunta da alta— baina jai dauka negu amaierarako liburua burutu ez badu. Maiatzeraino luza liteke epea asko-asko jota, baina ekaina suizidioaren pareko ei da liburuarentzat.

Donibane-Lohizuneko azokari erreparatu. Arrazoi sikonagoak ere badira noski, baina gainbehera ei zihoan kontuari behin-behineko etena eman behar izan diote, gaia hobe hausnartu artean. Durangoren udaberri-udako alternatiba polita izan zitekeen, eta argi dago hasierak gogorak eta bakartiak izan ohi direla, baina noiz arte jarraitu horrela, hurrengoan gorantz joango gara pentsatuz? Argialetxe gutxi zihoan, ikusle-erosleak ere antzeratsu eta aurten ez antolatzea erabaki dute. Halabeharrez ziur asko, baina berehalakoan tristeza izateaz gain zer pentsatua ere eman beharko liguke denoi.

Eta bestaldetik erreparatuta, ez ote da geroz eta ugaragoa udako irakurlea? Esan nahi baita, liburu irakurketa udara mugatzen duen hori. Aitzakiak mila dira, oro har lanaren edo ikasketen jira-bueltan, baina kontua da gustuko liburuak udan bakarrik irakurtzen dituela. Urtean zehar egunkaria, lanarekin zerikusia daukaten aldizkari, artikulua eta liburuak... baina irakurtzeko plazera udarako gordetzen du.

Eta orduan, hemerrotekara jo behar, aspaldion zer kaleratu den jakiteko, hil eta erdi izango da eta ia libururik aurkeztu ez dela. Gainera, erdal egunkariak oraintsu jabetu dira liburuak ere, edizio merkean emanez gero, badaukala promozio ahalmena. Horrez gain, non eta gurean, urte osoz politikak egunkarietako orrialdeak irensten dizigularik, udako egunkari meharretan ziur txoko handiago izango luketela liburuak, hondartzan irakurtzeko besterik ez bada ere.

## Sarearen aukerak

Nahastuta eta umezurtz gelditu gara udan halaber Koldo Izagirrearen irakurleok. Udaberrian ekin zion nik dakidala orain arte euskal narratiban egin ez den esperientziari: badago nobelarik sarean paratuta, baina idatzi ahala irakur daitekeenik ba ote? Hala ekin zion Senegalgo gazetxoa batzuen istorioa kontatzeari, kapitulu kapitulu laugarreneraino heldu zen ekainean, eta lerrook osatzerako, bere horretan dirau. Istorioari emandako itzuliei begira gainera, ezin asma nondik joko duen hurrengoak, asmoa antzeman dion bat edo beste badagoen arren.

Izan ere, Izagirrek eleberriko kapituluak idatzi eta besteok irakurtzera mugatu orde, haren inguruan eztabaidatzeko foroa ere zabalik da Susa argitaletzeko webgurean. Kontu interesgarri asko idatzi dira hor gainera, egi-learn beraren erantzun eta guzti.

Askori urrun gelditzen zaion eremu zabalegia da menturaz Internetek zabaldutako atea. Stephen Kingek ere paratu zuen eleberria sarean, hori bai, irakurri gura

duenak ordaindu beharra dauka. Gurean, hiztun-irakurle kopuru mugatu horrekin, ez du ematen etorkizun hurbilenean arrakastatsua izan daitekeenik horrelakorik, baina batek daki. Atea behintzat zabaldu du Koldo Izagirrek eta oraindik aukera askotako bakarra lantzen dihardu.

Kazetariei lan tresna ezinbesteko bihurtu zaie egun sa-rea. Bistan da horrek bere arriskua daukala, kontua horretara mugatuz gero, edo Internet amaigabeko iturritzat hartuta. Baina oraintsu arte ezinezko edo oso garesti suertatuko liratekeen erreportajeak neke handiegi barik osa daitezke. Mundu zabaleko edozein getaeraren efemeridea, kultur gertaera edo liburu argitalpenen berri berehala jakin daiteke, eta sarri askotan antolatzaileekin elkarriketa lortu ere bai. Genero epistolar berria sortzeaz da inondik ere, baldin jada sortu ez bada, berehalakotasuna ezaugarri duela. Salbuespena, geure etxea: autore sami edo papua bat hil dela, edo sariren bat eskuratu duela eta webean osteratxo egin da laster lor zenezake bere biografia erdi txukuna... baina ez dadila euskalduna izan, alferrik emango dituzu-eta orduak.

## Itzulpenari tiraka

Itxaropen handia jarri du zenbaitek itzulpen automatikoan, baina oraindik zeharo bide mugatua gertatu da, oso aukera gutxitan nahikoa ulerkorra eta ohi denez hizkuntza gutxituetakoak atzera gelditzen gabiltzana, geure urrats apalak emanagatik. Itzultzaile pertsonaren figurak oraindik ere urte nahikotxo dituela aurretik uste dut, langabeziara joan orduko.

Badiñi gainera sasoi gozoa bizi dutela aspaldion, gau beltzaren iluntasunean luzaroegi ibili ostean. Zenbait argitaletzek apustua egin dute munduko literatura euskaraz emateko, eta eskertzen da ahalegina inondik ere. Itzultzaileak eurak hasteko, baina irakurleok ere zorioneko gaudela ezin ukatu. Literatura Unibertsala bilduma amaierara hurbiltzen dabilenean etorri da itzulpenen hazkundera, eta tenore egokia da hausnarketa egiteko.



Ehun liburu izan dira, batzuk hobeto, bestetzuk makalxeago, eta bilduma burutzeaz dagoela, argitaletxeek hartu dute erronka. Horren ondoan, erosleen harrera zelakoa den begiratu beharko da, orain urte batzuetako gaitza osatu den jakiteko. Irakurleak euskaraz sortutako lanak baino ez ei zituen irakurri-erosten, itzulpenarekiko erreparoz. Baliteke akatsak egin izana, zurruntasunez jokatu izana, baina azken liburuetako testuei begira, euskaraz sortutakoen ondoan ez dago horrelako alderik. Batak asko, ikaragami aurreratu du, beste aldeak bere konplexuak uxatzea agian zailagoa izango da, baina liburuok funtzionatzen badute, beren urrian hasiatatik, ez da gutxi.

Poesiazaleok ez dugu itxaropenik galduko. Eleberr i beltzen ostean, Jose Saramago, James Joyce edo Juan Rulforen atzean, etorkizun hurbilen batean, Szymborska, Rilke edo Seamus Heaney euskaraz irakurtzerik izango ote dugu! Irakurlearen jarrera aldatzen hasi bada, oraindik gutxi izanagatik gutxi denez pentsa dezagun besteak ere izanen duela bere tenorea. Baina beste kontu bat da hori.

## **Maiatzen eskutik**

**E**uskaldunok literatura unibertsala gurean irakurtzea ez da gutxi, inondik ere, areago, itzulpena eta edizioa unibertsitatekanpo, kaleko irakurle arruntari bideratu eta atsegingarri eginda. Baina txanponaren beste aldeari ere erreparatu beharko zaio. Mundu globalizatu honetan nork daki Euskal Herria, euskara eta euskal literatura baidirenik ere?

Aspaldion dabilen eta indarra hartu duen eztabaida da, euskal idazleak zelaz ezagutarazi behar duen bere lana, ez atzerrian soilik, baita gure komunitateko kide diren horien guztiengana ere. Bertsozale elkarteak ere badauka ardura hori. Baina horrela da, elkarren ondoan bizi eta ez gaituzte ezagutzen, ez dakite bagarenik ere, eta berdin igeltseroak edo unibertsitateko literatura irakasleak. Alderik ez horretan, azken horrek bere kontraesanean jarrera biren artean hautatu behar badu ere: ukazioaren bidetik

itzulpenaren galbahean ezarri euskal literaturaren kalitatea, edo ezagutu gura eta ezina, sarri jazo den legez, zeren gainean lan egin ohi duzun, zer argitaratu berri duzun, zertan diharduzun galdetu beharrean, zenbat itzuli dizute? da lehen galdera. Arazorik gabe mintza gaitezke euren liburuen gainean, arazorik gabe munduko edozein autorez, geure buruaz izan ezik. Eta gure inguru naturalean daude, elkarrekin bizi gara, familian, auzoan, koadrilan ditugu. Baina ez gaituzte ezagutzen.

Gure independentzia jarrera ere miresgarria iruditzen zait, inozentea behar bada. Geure bidea geure irakurleentzat egin eta aurrera. Sasoi erromantikoa dirudi baina iragan hurbila dugu, harrokeria puntu hori, baldin etortzen badira, ondo, baina gu makurtu euren interesetara? Bai eta zera ere! Eta gure zokoratzean hizkuntzak ere ederto lagundu gaitu. Jon Alonsok esan zuen galegotik edo portugesezik gatzelaniara itzultzeak meritu lar ez zeukala, baina gurea beste kontu bat zela.

Gure *best seller* egileei Atxagaren atzetik, Saizarbitoria, Irigoien, Lertxundi... Espainiako merkatuak atea zabaltzen dizkie, lanean hasi eta hogeita hamar urtera! Horren ondoan, esperientzia apalagoak badaude. Apaltasuna, bistan da, medioek eta diruak ezartzen dituzte.

Euskal poeta gazteen lehen antologia eta bakarra kooperatiba gisa antolatutako poeta galiziar gazte batzuen eskutik etorri zen, edizio elebidunean. Lehenago aipatu Susaren webguneak hainbat idazleren itzulpenak paratu ohi ditu erdaretan halaber, eta azkenaldian hainbat lan gehituz hazi du tarte hori. Gehienak inon argitaratu gabeak dira eta sarri egileek eurek itzuli dituzte lanak.

Baionatik ere badatoz esperientzia berriak: Maiatz literatur taldeko idazleek edizio elebidunean liburuak kale-ratzeko asmoa daukate. Ezkerreko orrialdea euskaraz eta ondokoa frantsesez. Europako hizkuntza gutxituetan, poesiaren kasuan behinik behin, sarri egin izan da, eta nago idazleek eurek ere lanaren barruan sartuko dutela liburuak itzultzea.

Itxaro Borda izan zen lehena Elebi sail horretan eta Antton Luku izanen da hurrena. Helburua, euskal herritar

erdaldunei zein Britainia bezalako herrialdeei begira trukaketak garatzeko tresna gisa, Maiatzekoen hitzetan. *Entre les loups cruels* Bordak berak itzuli zuen, eta aitortu, lotsa ekarriagatik, ahatge hori gainditu egin behar dela, Ipar Euskal Herriko literaturaren garapenarentzat garrantzitsua baita. Laster irakurlerik gabe geldituko baita. Gogoan izateko hitzak eta ondo begiratu beharreko ekimena, inondik ere.°



## Europako haizeak eta hizkuntza gutxituak

Bojan Brezigar, Hizkuntza Gutxituen Europako Bulegoko (EBLUL) presidenteak Euskal Herria bisitatu zuen udaberri bukaeran, Euskararen Kontseiluak (Donostian) eta Sabino Arana Elkargoaren *Hermes* aldizkariak (Bilbon) bultzatutako ekimenetan parte hartzeko.

Italiako, Triesteko esloveniar aditu hau guztiz interresgarria zaigu, bere bizitzako azken 30 urteak hizkuntza gutxituak normaltzeko lanetan eman dituelako, ibilia den kazetari eta politikari gisako jardueren bitartez. Beraz, Brezigarrek gure artean azaldu zituen ideia batzuk gogora ekartzea egokia baino, derrigorrezkoa dugu soziolinguistikari eskainitako lerro hauetan.

*Hizkuntza gutxituen garrantzia*: lehendabizi, hizkuntza gutxituen ugaritasuna eta garrantzi kuantitatiboa aipa dezakegu. Izan ere, Brezigarrek dioenez, Europako Batasuneko estatu guzti-guztietan hizkuntza gutxitutzat jo daitekeen hizkuntzaren bat —gutxienez— erabiltzen da. Hau da, gaur egun 40 milioi hitzunik 60 hizkuntza gutxitu hitz egiten dituzte.

Datuok hizkuntza gutxituek European duten garrantzia agerian uzten dute eta, baten batek inoiz pentsatu izan badu *hizkuntza berezia* izatea euskaldun, katalan eta galego bakan bitxi batzuen kontua zela, begi bistakoa da berezitasun hori uste baino hedatuagoa dela. Dena den, ezjakintasun edo uste oker hori gure artean nahikoa zabaldua da goela susmatzen dut, hizkuntza gutxituak azpi-talde edo azpi-gizarte batzuen berezitasuna izanik, hiztun komunitate horien bizipenak jendaurrean oihartzunik gabe gelditu ohi direlako; ezkutuan edo arlo pribatuan zokoratuta, duten garrantzi kuantitatiboa —eta zer esanik ez, kualitatiboa— dutela ere.

Gure artean ere gauza bera gertatzen da: zonalde erdaldunetako jende askok ez du euskararen komunitatea-

ren berririk; eta hau ez da nire uste apala, hainbat ikerketatan agertu zaigun errealitatea baizik. Euskararen agerpena, poliki-poliki gero eta ugariagoa bada ere, Euskal Herriko gizartearen indar eta korrante indartsuen eta nagusietan —botere zein kontrabotere eremuetan— sarri ahaztuta eta baztertuta gelditzen da, oraindik.

*Hizkuntza gutxituak eta Europa*: 1990. urtetik aurrera, alabaina, hizkuntza gutxituak gero eta aipatuagoak dira Europan, Brezigarrek gogorarazten zigun bezala. Baina, mugimendu berri horren pizgarria ez zen hizkuntza horien alde egiteko zioa, gatazka etnikoak —askotan, hizkuntza gutxituak tarte— ekiditea baizik.

Ondoren, aurrerapausoak eman dira, eta, adibidez, joan zen abuztuaren 1ean Herrialdeetako eta gutxiengo hizkuntzen Europako gutuna ([www.euskadi.net/euskara\\_araubidea/Legedia/texjueus.pdf](http://www.euskadi.net/euskara_araubidea/Legedia/texjueus.pdf)) indarrean jarri da Espainian; baina, halakoak gehiago sozialarentzat txikieria eta ezerekeria izanik, gertakizun horrek ez du gizatean inolako oihartzunik izan. Aipagarriak dira gutun horren bigarren partean aintzakotzat hartzen diren hainbat funts; besteak beste, herrialdeetako eta gutxiengo hizkuntzen onarpen eta errespetua; halako hizkuntzak bultzatzeko eginkizunen premia; berauek ikasteko eta irakasteko erraztasunak; bazterketa errotik kendu...

Brezigarrek gogorazi zuenera bueltatuz, 1998ko otsailaren 1ean indarrean jarri zen *Gutxitu Nazionalak babetzeko hitzarmen-markoa* dugu legalki lotesle den lehengo oinarritzko dokumentua (hori ere, aipaturiko web orrian dago).

Dena dela, EBLULEko presidentek argi utzi zuen egindako bidea ez dela inolaz ere nahikoa hizkuntza gutxituen geroa ziurtatzeko. Lortutakoa ontzat jo arren, estatuek hizkuntz politikarako ahalmen osoa euren esku dute oraindik, eta EBko Europar Kontseiluak 2000. urteko Nizako bileran aldarrikapen politiko gisa Europar Batasunaren Oinarritzko Eskubideen Karta ontzat eman bazuen ere, dokumentu horrek juridikoki ez du inolako baliorik. Brezigar, halere, itxaropentsu agertu zen aldarrikapen horrek bide emankorragoa urratzeko irizpideak finkatzen zituela-

koan. Baina, ikuspuntu eraginkor batetik begiratuta, lan mardula dugu oraindik egiteke.

Esloveniar interesgarri horren esanetan, Europako haizeak gure alde dabilta eta Nafarroan atzera egiteko saioen parekorik ez dira kontinente honetan ezagutu, azken hogeit urteotan. Bada zori txarra, gero, halako marka gurean lortzea!

### **Zer eskain diezaioke EBk euskarari?**

**O**rain arte bildutako ideiez gogoeta eginez, ondorio batzuk atera ditzakegu. Batetik, argi dago EBren eragile nagusia ekonomia denez, Europako erakunde horrek ez duela berez ahalegin berezirik egingo hizkuntza gutxituak bermatzeko eta zeregin hori ez da euren kezka nagusien artean sartuko.

Baina, egia da ere pluraltasun kulturalaren eta oinarriko eskubideen aldeko aldarrikapenak sarri egin direla kontinente zaharrear, eta Europa harro dagoela horiekiko dituen mirespenaz eta sentiberatasunaz —Estatu Batuek ez bezala—.

Puntu biok batera jarrita, hauxe ondoriozta dezakegu: EBko hizkuntza gutxituen aldeko jarrera epelak pizgarri bat beharko du hizkuntza horiekiko grina sortzeko; eta hor dago gure eginkizuna, hizkuntza horien hiztun komunitateen partaide eta ordezkari guztiena, hain zuzen ere: hizkuntza gutxituen normalkuntza hizpide bihurtzea, etxean bertan nahiz European. Lan hori guk geuk bete ezean beste inork ez duela bere gain hartuko argi izan behar dugu. Azken finean, EBko asmorik hoberenak ere ez dira inoiz gauzatuko horren premiarik sentitu ezean, eta premia hori gure eskutik soilik sor daiteke.

### **Euskal hiztunen komunitatearen bizindarra**

**H**orretan, alabaina, herriak du azken hitza. Esate baterako, Quebec-en sortu zen hiztun komunitate baten *bizin* -

*dar etnolinguistiko* kontzeptuak hizkuntza bik edo gehiagok ukipen egoera batean duten osasuna islatzen du.

Bada, kontzeptu hori gure artean aplikatuz gero, euskararen komunitatearen bizindarrak zalantza potoloak pizten zaizkit. Izan ere, Hego Euskal Herriko gazteen artean, adibidez, euskaldunak gero eta ugariagoak badira ere, horietako gehienek ez dute hiztun komunitate sendo eta trinkorik osatzen, *Etorkizuna Aurreikusten 99: Euskal Herriko gaztetxoak eta euskara* ikerlanak argi uzten duen bezala; gaztetxo euskaldun gehienak erdal hiztunen komunitatean sakabanatzen dira; ez dute euskaldunen arteko euskarazko harreman sarerik osatzen, eta horren ezean ez dago euskal komunitate osasuntsurik.

Halere, itzaropenerako lekua badago, zeren euskalgintzak sendo dirauen lekuetan eta euskararen normal-kuntzarako urratsak eman direnean, ondorioz, euskarazko harreman sareen hedapena astiro-astiro zabalduz doa.

Baina, bestalde, asko dira, batere kezka arrastorik gabe, egunerokoan euskara alde batera uzten duten euskaldunak, euskara maite izan eta puntualki horren alde zerbait egiteko prest egon arren. Boluntarismo hutsarekin, baina, ezin dute erabilera bermatu; soilik horretarako derrigortuak (lanerako premia, adibidez) sentitzen badute bihurtuko dira sentimendu eta atxikimendu horiek erabilerara; osterantzean, errealitate erdaldun orojaleak asmo zintzo horiek laster irentsiko ditu.

## **Euskalgintza profesionalizatua gehi herriaren berotasuna**

**H**orregatik, eta EBko hizkuntz bidegurutzeari begira, gurea bezalako herrietan apustu ausartagoaren premia larria dago, gure auzia kontuan hartuko bada.

Egia da euskalgintzak aurrera egin duela nabarmenki, eta boluntarismo hutsetik —eta, askotan, inozotik— abiatuta oinarri tekniko sendoko planteamenduetara igaro dela hamarkada gutxitan: soziolinguistikaz asko ikasi eta aurreratu da. Eta hori txalogarria da, salbuespenak sal-

buespen, eta euskalgintzan diharduten zaletu eta profesionalen ugaritasuna, kemena eta prestasuna miresgarriak dira. Horiek egindako lan eskerge da euskarak duen bermerik sendoena, eta berauek osatzen dute euskararen etorkizun oparorako atea. Izan ere, hizkuntza gutxitua berreskuratzea ez da txantxetako lana, ez. Euskarak, eta antzeko egoeran dauden hizkuntzek, hizkuntza nagusiekin duten eguneroko borrokan garaile irteteko, iaioetasun handia eskatzen dute: euren alde egiteko erabilgarri dituzten baliabideak oso eskasak dira, hizkuntza boteretuek dituztenekin konparatuta. Horregatik, ondo jakin behar dugu indarrak biltzen eta ondo erabiltzen; plangintza zorrotzaren eskutik, hain zuzen; bestela, errekurtsioak alferrik galduko dira-eta.

Beti ere, aditu eta plangileen oinarria herriaren berotasuna eta bermea izanik.

## **Prestakuntza teknikorako aukera berriak**

**H**izkuntza gutxitu baten gainbehera iraultzen hasteko, edo Joshua A. Fishman-ek *Reversing Language Shift* bezala izendatu zuen gisako prozesuan abiatzeko, euskalgintzak aditu eta teknikarien premia handia duela esan dugu arestian. Baina halako profesionalak non eta nola sortu eta trebatu?

Gabezia horiek estaltzeko aspaldi sortu zen UEUko soziolinguistika arloa, eta Euskal Herriko eta Mondragon Unibertsitateetako hainbat ikasketatan lerro soziolinguistikoak ere ari dira sendotzen.

Hemen, alabaina, orain aipatu nahi ditugun ikasketak beste batzuk dira: euskalgintzako profesionalentzat sortu berriak diren berariazko unibertsitateko graduondoko ikastaro bi, hain zuzen.

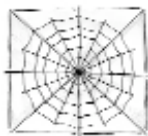
Horietako batek Eusko Ikaskuntza, Euskal Herriko Unibertsitatea, UEU, SEI eta Hizkuntz Politikarako Sailordetza jarri ditu elkarlanean: HIZNET izeneko *Hizkuntza Plangintza Ikastaroa* ([www.eusko-ikaskuntza.org/HIZNET](http://www.eusko-ikaskuntza.org/HIZNET)) dugu. Horren xedea, laburbilduta, hauxe litzateke: euskal-



gintzan diharduten edo jardun nahi duten guztiei sozio-linguistikak eskaintzen dituen hainbat eduki teoriko eta tresneria enpiriko helaraztea. Ezaugarri aipagarri bat: Interneten bidez burutuko da ikastaro hau.

Bigarren ikastaroak oso antzeko izena du, baina ez edukiak: HIZTEK da, hain zuzen, eta UEUK antolatu du ([www.ueu.org/titulazioak/Hiztek.htm](http://www.ueu.org/titulazioak/Hiztek.htm)). Hizkuntzaren tratamendu automatikoaren inguruan formatzea bilatzen du: lengoia naturalaren prozesamenduaz (LNP) —informatikarien terminologian— edo, bestela esanda, hizkuntzalarien linguistika konputazionalaz arduratuko da. Hizkuntzalaritza eta informatika uztartu nahi dituzten, edo eguneroko jardunean horrela egiten duten filologo, hizkuntzalari zein profesionalei zuzentzen zaie.

Bi ikastarook abian jarriko dira 2001-2002 ikasturtean, gure aldetik ongi etorrikeri beroena eskainita.°



## Bigarren eraldaketa ekonomiko handia

Inor gutxi ohartu zen arren, Juan Jose Ibarretxek «Euskadiren bigarren eraldaketa ekonomiko handia» agindu zuen, uztailaren 11n lehendakaria hautatzeko Eusko Legebiltzarrean izan zen Osoko Bilkuran. Azaldu zituen 43 orrialdeetan denetarik bazen ere, komunikabideek batez ere gai politikoen berri eman zuten eta hurrengo jaurlaritzaren izarretako bat izan nahi duen zientzia, teknologia eta eraberrikuntzari buruzko egitasmoak ez zuen oihartzunik merezi izan.

Eusko Jaurlaritzaren lehen eraldaketa handia 1980ko hamarkadaren erdialdean hasi zen, lehen autonomi-eskumenen transferentziekin batera euskal industriaren birmoldaketari ekin zitzaionean. Urte haietan eraldatu ziren tradiziozko industria zaharkiturik gehienak, ikerkuntza zein garapena areagotu ziren eta produktu nahiz merkatu berriak bideratu. Kalitatearen aldeko apustua egin zen eta, Michael Porterren ildotik, kluster-sarea indarrean jarri eta «zero akats» gisako zabalkunde-planak suspertu. Bi datu besterik ez eraldaketa hartaz jabetzeko. Batetik, 1986 urtean euskal ikerkuntza BPGren %0,06 zen bitartean, gaur egun %1,2 da, hogeitaz bider gehiago alegia. Bestetik, urte hartan Euskal Autonomia Erkidegoaren errenta Europar Batasunarekin %86 zen eta egun, aldiz, %100etik gora.

Oraingo honetan «bigarren eraldaketa handia» agindu du Ibarretxek eta hiru zutabe nagusi proposatu: a) Informazio Gizartea eraiki; b) Zientzia eta Teknologia egitasmoak areagotu, eta d) Kalitate eta Ezagutzaren Kudeaketa sustatu. Hiru zutabe hauek helburu bakar batez: lau urte barru Euskal Autonomia Erkidegoak Europarekiko konbergentzia teknologikoa lor dezan, BPGren %1,7 alegia.

Hiru zutabe hauek diziplinartekoak direnez gero, Eusko Jaurlaritzak aurrekontu berezi eta bateratu batez

bilduko ditu eta lehendakariaren zuzendaritzapean arituko den Zientzia, Teknologia eta Berrikuntzaren Euskal Kontseilua sortuko da.

## Ezagutzaren Gestioa

**K**alitatea, Lehiakortasuna eta Eraberrikuntza moldeko izenburuak laurogeiko hamarkadako lehen industri-eraldaketa-aren lekuko diren bezalaxe, orain indarrean jarri nahi den bigarren eraldaketa-aren adierazgarri dira Informazio Gizartea eta Ezagutzaren Kudeaketa. Egia esan Informazio Gizartea ez da honez gero erabat berria, 1990eko hamarkadaren urte txikietako bibliografian aurkitu daitezkeen formulazioek oraindik ere indarrean jarraitzen baitute neurri handian.

Ezagutzaren Kudeaketa, ordea, berriagoa da, bost urte baino ez baitira joan Euskadiko Ezagutza Klusterra sortu zenetik, Jabier Retegi Industria sailburu zela. 1997 urtean ez ziren 13 enpresa besterik elkartearen bazkide eta, oraindik ere, guztira ez dira lehen-lehen mailako 242 baino.

Ez da erraza Ezagutza zer den zehaztea. Izenburu zaharra da batetik, giza-ezagutza betidanik izan baita, eta erabat nahasia bestetik, zenbat buru hainbat aburutako deitura da-eta. Edonork ulertzeko moduko zehaztapenen bat edo beste Alfonso Vázquez aholkulari ezagunak adierazi du («Cómo evitar la miopía en la Gestión del Conocimiento», *Pero... ¿existe la gestión del conocimiento?*, Angel Arbonías, Madril, 2001, 270 or.), Ezagutza ekonomiaren historian zehar eman diren *input* merke eta garestien arteko flujoetan oinarritzen dela azalduz. Hau da, kapitalismoaren hastapenetan *input*-ik merkeenetakoa eskulana izan zen. Geroztik eta orain dela 25 urte arte, *input*-ik merkeena energia izan genuen eta egungo ziklo ekonomikoan, berriz, ugariena eta merkeena informazioa denez gero, datu-pila horren artean hautatzeko galbahea Ezagutza da. Ondorioz, Informazioa baino gehiago, Ezagutza kudeatzea izango da aurrerantzean enpresen apustua.

## Ezagutza neurtu beharra

**E**konomia datuen mundua da. Ekonomian dena omen da neurgarri. Baina, oraindik behintzat, arazoak larriak dira Ezagutza neurtzeari dagokionez. Erronka teorikoa da batetik, nekez onartuko baitugu enpresan neurtu ezinezko gestio-tranarik, baina baita praktikoa ere, neurria baita hainbat adierazkin ekonomikoren artean erreferentzi-baloretik propioenetakoa. Ez da falta, Irizarreneko Koldo Saratxaga kasu, Ezagutzaren Kudeaketa ezin dela kudeatu dioen aditurik, «pertsonaren belarri bien artean dagoena» kudeatzerik ez dagoelakoan, baina lexiko-eztabaida guztien gaintetik eta eguneroko premien azpitik, zer gerta ere edozein gestio-motak emaitzak neurtuko dituen metodo-  
ren bat behar du.

Izan ere, egungo enpresa modernoak bere gestioa hobetzeko erabili izaten dituen erreminta guztiak neurtu egin ohi dira: lehiakortasuna zein elkarkidetzaz, teknologi-berrikuntza nahiz nazioarteratzea. Kalitatea bera ere neurtu egin ohi da, aldeztatik erabakitako zenbait parametro konbentzionalak beharbada, baina azkenean mundu mailan erabat onartzen den homologazio-sistemaz. Aldi berean, Ezagutzak ere behar izango du neurkinen bat, aitzindariak eta atzeratuak nolabait alderatzeko, erreferentziak azpimarratzeko, urte batetik besterako urraspidea baloratzeko, emaitzak eta etekinak ezagutzeko.

## Neurtzeko lehen urratsak

**B**apo, Ezagutza neurtu bai, baina zelan neurtu? Mendebaldeko gizarte aurreratua gai da aspaldixodanik inbertsio materiala (eraikuntza, makinaria, ekipamendua etab.) neurtzeko eta, azken bolada honetan, baita teknologia berriei dagokien inbertsioa zehazteko ere, nahiz eta ez beti erraz jakin ahal izan noiz hasten den teknologia berria benetan berria izaten. Esate baterako, telefono mobila berria da bai, baina telefono finkoa berria ote? Eta telebista? Eta laster jokoza kanpo zaharkiturik geratuko den bideoa?

Ekonomi Lankidetzeta eta Garapenerako Antolakundeak (OCDE) 1999tik aurrera darabiltzan datuen arabera, Ezagutzaren inbertsio-kopurua hiru zifraren batuketa da, hots, hezkuntza publikoaren aurrekontua, I+G gastua eta software inbertsioa. Datu hauei bagagozkie, ELGAko Estatuaren batez besteko Ezagutza-inbertsioa BPGren %8 den bitartean (*Digitalismo. El nuevo horizonte sociocultural*, José B. Terceiro eta Gustavo Matías, Madril, 2001, 223 or.), Euskal Autonomia Erkidegoarena %6 besterik ez da. Eta hori, gure herri honek hezkuntza-sistema ona eta teknologia-sare serioa dituelakoan...

Dena den, datuok ez dira oraindik beti ere erabat homologagarriak eta, gainera, kontuak hobeto egitekotan, hiru zifra horiei ezarri beharko litzaizkieke hezkuntza pribatuaren gastua, helduen formazio iraunkorra, bame-antolamendu inbertsioa eta ateratzear dauden diseinu berrietan eralgitakoa; baina, gezurra dirudien arren, ELGAre n baitan ere gutxi batzuk baino ez dira datu horien jakitun diren Estatuak.

## **E-konomia ez dago modan**

Orain dela zenbait hilabete gutxi arte burtsaren printze berriak ziruditen *puntocom* enpresa asko eta asko pikutara joan dira bat-batean, euforiak gainbehera egin du, ares-tian modan zegoen Ekonomia Berriaren argi gorri guztiak piztu dira eta zorioneko iraultza maldan behera erori da. Zer pasatu da? Ba sareak urteak zeramatzala itxuraz hazten eta hazten baina gauza berberetsuak musutruk eskaintzen, noizbait loratuko zen publizitatearen zain eta honek lekarkeen etorkizunaren itxaropenetan, eta publizitatearen diru-ituniak porrot egin duenean etorkizuna hutsala bihurtu dela.

Hondamendi hau ez da, ordea, ezustean gertatu. Gartner Group deritzon enpresa amerikarrak iazko martxoan jakinarazi zuen e-konomiaren eboluzioa, eta baita arlo honetan batere mamirik gabe ugaltzen ari ziren gehiegizko espektatiben inflazioa salatu ere (zentzu hone-

tan, *Roland Berger View* aldizkariak duela urtebete iragarri zuen e-konomiaren gailurrik gorena 1999-2000 tartean gertatuko zela, eta ordutik 2003ra bitarte sekulako gainbeherakada etorriko zela; ondoren, 2004tik aurrera emeki-emeki gora egingo zuela aurreko hondamendiaren eskarmentuak erakutsiko lukeen esperientziaz baliatuz). Horren urruti joan gabe, gurean ere Luistxo Fernandezek gainbeherakada berberori eta ondotik etorriko zen berpizkundera garaiz iragarri zituen. Gainbeherakada honen arrazoietakoz batzuk sare-zanpokoak dira, behar bezainbateko azpiegiturarik eza eta gizartearen ohitura-aldaketa geldoa kasu, baina baita sare-barukoak ere, negozio txiker eta hasiberrien bane-kudeaketaren eskasiaz gainera, enpresarik gehienek ez baitute asmatu eduki ezberdin eta bereziak burutzerako orduan, eta pegora guztiek antzerako zerbitzu, sail eta topaguneak eskaintzen amaitu dute.

## Interneten bigarren olatua

Baina norbaitek uste baldin badu Internetek bere onenak eman dituela eta, beraz, e-konomiarenak egin duela, erabat oker dago. Gogoratu beharko orain dela lau urte tipo «arraro» samarrak baino ez zirela emaila zutenak eta, hain zuzen ere, Hego Euskal Herrian, 1997tik hona, %2,5etik %23ra pasatu dela etxean Internet dutenen hiritarren ehunekoak. Etorkizuna ez da sekula lehengo lepotik joango.

Gainera, ez da horren argia azken urteotako krisialdian e-konomiak horrenbeste galdu duenik. Beharbada, galdu galdu du, bai, B2K (enpresa-kontsumitzaile) esparruan, baina ez, osteraz, B2B (enpresa-enpresa) delakoan. Enpresak ez dira modarik moda erraz mugitzen direneta-koak baina etekinak eragingo dizkieten teknologia eta aukera berriei irekita egon ohi dira, lar presarik gabe baina pausoz pauso.

Interneten bigarren olatua heldu da edota helduko da, berandu baino lehen heldu ere. Besterik iruditu arren, Sareak ez du audientzia handi bila jardun beharrik, horre-

tarako telebista baitago. Sareak aski du audientzia txiki eta fidelak bereganatzearekin. Sarean, elkarren lehia ari diren pegoren arteko distantzia klik bat besterik ez da eta, bezeroak kementsu iraungo badu, behar izango du berak bereziki nahi duen eduki aproposa aurkitu, kalitatezko eduki bakana, nahiz eta ordaindu behar izan. Edo, beste modu batez esanda, ezein enpresak ez dio bezeroari ko-bratu ahal izango beste edozeinek doan eskaintzen dion eduki berbera. Etorkizuna ezberdintasunean zein espezializazioan datza.

## **Hauteskunde-gaua gero eta azkarrago**

**M**aiatzaren 13ko hauteskunde-gauak inoiz baino gutxiago iraun zuen: iluntzeko zortzietan hauteskontzietako boto-kontaketari ekin ondoren, bederatzietan aurreratu ziren behin-behineko lehen emaitzak ez ziren gau guztian zehar aldatu, bederatzi t'erdietarako botoen %47a ezaguna zen eta gaueko hamaiketarako dena amaituta zegoen. Hauteskunde-gaua gero eta azkarrago gertatzen ari denaz jabetzeko, hona Eusko Legebiltzarrerako azken hiru hauteskundeetako abiada:

### **Boto-kontaketaren abiada urtez urte**

<i>Ordua</i>	<i>2001</i>	<i>1998</i>	<i>1994</i>
22:00	%86,33	%83,44	%55,68
22:30	%99,09	%98,95	%86,25

Hauteskunde-gaueko boto-kontaketa egin ahal izateko Ibermática enpresak Barne Sailarentzako sistema informatiko berezia garatu zuen eta azpiegitura aproposa indarrean jarri. Alegia, 22 zerbitzari, 112 PC, edozenbat inprimagailu, router eta modem eta, besteak beste, 10.000 lanordua behar izan zituzten 170 langile. Botoak kontatu ahala, bilketa osoa zuzenean jarraitzerik izan zuten komunikabide guztiek Lehendakaritzan eta baita Internetez ere, Eusko Jaurlaritzaren webguneaz zein dozenaren bat pegoraren bitartez.

Martxa honetan, boto-kontaktaren abiadak hauteskunde-gauetako errituala aldaraziko du eta, komunikabideek propio prestatu ohi dituzten programa luzeak murrizteaz gainera, hauteskutzak itxi bezain laster iluntzeko zortzietan aditzera eman ohi diren sondeoen baliagarritasuna ere zalantzan jarriko. Errealitate birtualaren bezperetan, akabo gero kontaketa birtualaren garaia!<sup>o</sup>





# JAKiN

Tolosa hiribidea, 103-1.C  
20018 DONOSTIA  
Tel. 943.21.80.92  
Fax. 943.21.82.07  
[jakin@jalgi.com](mailto:jakin@jalgi.com)