



Zientziaren erronkak XXI. mendean

Sail 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 il-do 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 DVD¹ 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 dugu². Azken batean horixe izan baita gure helburua: eztabaidarako datuak ematea³.

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 ahaltuagoa 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 GPS⁴ ere bai.

Horrela, helburu zehatzeko hainbat konputagailu mota txiki sortuko dira eta paradigma berri bat berauek erabiltzeko. Orain dela hogeitaz hamar urte 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 proposatzaileak⁵, aurreikusten duen bezala.

2020 urteko infomatikaren «aurreikuspegi» orokorra

Atal 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, belarritako 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 ertain-ean 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 aztertzeke 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 zientzian 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 itzelean⁶ 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 laurhunen 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 gero⁷. 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 polemika⁸. 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 asmatzeko⁹.

-
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 prestaturiko 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 direneko 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 km²-raino murriztu ziren, alegia, aro prehistorikoetan zuten hedaduraren erdia baino zertxobait gutxiagora. Deuseztapen-tasa urteko 142.000 km²-koa izan zen urte horretan, hau da, egungo hedaduraren 1,8%koa; 1979. urtean

deuseztatu zenaren doblea ia (= 75.000 km²). Kontuak egin ez 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 ihar duetak 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 harritzekoa: 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 nabiak 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 garrera 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 axiomatikorik¹. 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 korronteek 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 errealtatearekin, 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 tailerrekin torlojuak egiten dituen bezalaxe. Hor azaltzen diren A,G,T... hizkiok zer diren eta genoma horietatik 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 garrantzitsua 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 teorema Jainkoaren existentzia frogatzeko dezaitezela 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 triunfalista 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 ditu¹, garapenaren eredu lineala azpimarratuz: nazioaren ongizatea oinarrizko 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, oinarrizko 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-gizartea 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 sintomatza 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 dena². Ikusmolde akademiko berri horren emaitzarik behinenak ditugu «Zientzia, teknika eta gizartea» (ZTG) diziplinarteko azterketak³. 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 baldintzatzan 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)⁴.

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 erlijiosoez, 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 finantzatzen 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 osoak⁵. 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 lehentasun 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 gordezkeko. 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 zientifikoen 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); 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 (frantsesez eta ingelesez) eta 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 ezkututzen zen, automobilek, gu libre egiteko jaio ei zirenek, harrapatuta gauzkate beren hatzaparretan; 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 aurreikusi, 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 kulturen 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 beharko 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 halabeharrez. Batzuk, energi efikaziaren bidetik etorriko dira, beste batzuk gara-

pen jasagarriak behartuko ditu, garraio-sistemen razionalizazioa¹ 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 hogeitau 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 arurabideaz, ekar ditzakeen onurez edota eragin ditzakeen arriskuez informazio zehatza, zuzena eta egokia izan ditzan mekanismoak abian jarri edo indartu behar dira.

Elikagai transgenikoen debategian 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 dituzten 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 zabortege bat egiten? 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 ere², masa-komunikabideek (formatu guztietan) osatu behar dute mekanismo hori³. 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 komunitateetan⁴. Paradoxikoa bada ere, gizartean zientziak duen balorazioa edo onarpena ez dagokio horretan jokatzeko duen paperari⁵.

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 ikaragarriko 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 antibiotikoek 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 baitzizuten 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. Medikuek 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.

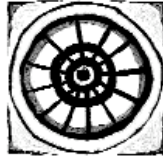
Zahartzaroak arazo handiak ekarri dizkio gure gizarteari. Eutanasiari buruz hainbat eztabaida sortzen ari da. Teknikaren bitartez, esan dugunez, hainbat eta hainbat zaharrek bizimodu luzea eta batzuetan tamalgarria izaten dute. Egoera honen aurrean eutanasia aipatzen da, bizitza laburtzeko eta sufrikarioa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