

Zientziaren zabalkundea komunitate zientifikoan barne eta gizartean: zenbait ohar

(Dissemination of science within the scientific
community and in society: some observations)

Plazaola, Fernando

Euskal Herriko Unib. Zientzi Fak. Elektrizitate eta Elektronika Saila.
P. K. 644. 48080 Bilbao
fernando@we.lc.ehu.es

BIBLID [1137-4462 (2002), 8; 247-257]

Zientziaren zabalkundea aro berri batean murgilduta dago. Halaber, ikerkuntza zientifikoa eta bere emaitzen zabalkundeak azken mendeaz gero "moda"ren eta prentsaaren eraginak jasaten ditu. Ondoko lerroetan zientziaren zabalkundearen nolakotasuna komunitate zientifikoan eta zenbait adibidieren bidez, jasaten dituen eraginak aztertzen dira. Halaber, garrantzi gero eta handiagoa hartzen ari den dibulgazio zientifikoa aztertzen da.

Giltza-Hitzak: Zientziaren zabalkundea. Ikerkuntza zientifikoa. Dibulgazio zientifikoa.

La difusión de la ciencia se encuentra inmersa en una nueva era. Asimismo, desde el pasado siglo la investigación científica y la difusión de sus resultados sufren las influencias de la moda y de la prensa. En las líneas que siguen se analizan la calidad de la difusión científica dentro de la comunidad científica y, por medio de algunos ejemplos, las influencias que ésta recibe. Igualmente, se analiza la divulgación científica, que está adquiriendo una importancia creciente.

Palabras Clave: Difusión de la ciencia. Investigación científica. Divulgación científica.

La diffusion de la science se trouve immergée dans une nouvelle ère. De même, depuis le siècle passé, la recherche scientifique et la diffusion de ses résultats subit les influences de la mode et de la presse. On analyse, dans les lignes qui suivent, la qualité de la diffusion scientifique au sein de la communauté scientifique et, au moyens de quelques exemples, les influences qu'elle reçoit. On analyse, également, la vulgarisation scientifique qui est en train d'acquiescer une importance croissante.

Mots Clés: Diffusion de la science. Recherche scientifique. Vulgarisation scientifique.

1. SARRERA

Lan honetan, zientziaren zabalkundeak jarraitzen dituen bideak aztertzen dira. Horretarako, bi atal bereizi dira, bata komunitate zientifikoan bameko zabalkunde a eta bestea dibulgazio zientifikoarena, hots, zientziaren zabal-kundearena gizartean.

Ikerketa zientifikoaren munduan aspaldidanik murgildurik gaudenez eta ikerketa lana zenbait laborategi desberdinetan burutzea tokatu zaigunez, lehen atalean zabalkunde hori buruzko gure iritzia ageri da. Hasiera batean, aldizkari zientifiko en egitura tradizionala eta bere garrantzia zientziaren erai-kuntzarako aztertzen da. Ondoren, mendearen azken laurdenean bereziki, egitura honek jasan dituen eraso desberdinak azaltzen dira. Ondorengo lerro-tan ageri den ikuspuntua mugatua dela pentsa daiteke, ipiniko diren adibi-deak fisika eta teknologiarekin loturikoak bait dira. Hala ere, bukatu beri den mendea “fisikaren” mendea izenez ere bataiatua izan da, zientzia horrek azken ehun urte hauetan burutu duen garapena itzela izan baita, eta zientzie-tatik sendotasun handiena lortu duena bera baita. Beraz, ongi finkaturiko zabalkunde tradizionalak arlo honetan jasandako erasoak, inolako arazonik gabe beste zientzietara ere estrapola daitezke, ondoko lerroei zabaltasuna emanez. Zientziara ere “modak” iritsi dira, eta honek hainbat arazo sortu ditu zabalkunde eta eraikuntza zientifikoan. Horren garrantzia azaltzeko, 1986. urtea geroztik temperatura altuko supererankortasunaren aurkikuntzak sor-tu zuen eragina zabalkunde zientifikoan hartzen da adibide gisa. Adibide hau ez da bakarra, beste batzuk ere badaude, baina hau lehendabizikoa izan zen eta horregatik egitura tradizionala gehien astindu zuena. Prentsa arruntaren eragina, zabalkunde zientifikoan gero eta eragin handiagoa duena, fusio-ho-tzaren adibide oso esanguratsuaren bidez azalduko da.

Bigarren atalean gero eta garrantzi handiagoa hartzen ari den dibulgazio zientifiko a aztertuko da. Bizi garen gizartean, hain garrantzi handia duten zientziak eta teknologiak, ezin daiteke adituen eskuetan geratu, soilik. Gizar-teak, gero eta gehiago, beri zientifiko en jakin mina du. Beraz, zientzia gizar-teratu beharra dago. Lan hau ez da erraza, eta toki bakoitzeko gizartearen menpekotasun itzela dauka. Antzineko Sobiet Batasuneko eta eskualde anglosajoi etako egoeratik hasiz, non gizarteak heldutasun zientifiko a duen, gaztelera hizkuntza nagusia den eskualdera pasako gara. Estatu hauetan, gizartearen heldutasun falta zientziaren arloan nabaria da, eta honek eragin handia du beri zientifiko en trasmisioan, eta dibulgazio zientifiko a egiten duten aldizkarietan. Artikulua, euskara munduko dibulgazio zientifiko arekin amaituko da, non agerian geratzen den, berria izan arren dibulgazio zientifi-koaren bidea imotasun handia duela.

2. ZIENTZIAREN ZABALKUNDEA KOMUNITATE ZIENTIFIKOAN BARNE

Zientziaren edo, hobe, ikerketa zientifikoan lorturiko emaitzen zabalkun-dea komunitate zientifikoan bame, joan den mendetik aurrera, oso sendoa

eta ongi finkaturik dago. Aipaturiko zabalkundea aldizkari zientifikoaren bidez egin da, eta oraindik ere bide horretatik darrai. Bide honek azken urteotan jasandako eragin edo presioak aipatu aurretik, berau zertan datzan aztertu-ko da ondoko lerrotan.

Aldizkari zientifikoek, komunitate zientifikoan ongi onarturiko arau zehatzak jarraitzen dute. Aldizkari zientifikoetara argitaratu asmoz bidalitako edozein artikuluk, denigorrez emaitz berriren bat erakutsi behar du. Hau horrela dela ziurtatzeko, eta lorturiko emaitzetara iristeko jarraituriko bidea zentzuzkoa dela aztertzeko edo emaitzen esanahia egokia eta zuzen egin dela ikuskatzeko artikulua gutxienez bi begiralek epaitzen dute.

Begirale hauek artikulua gaian adituak dira eta beraien onespena derri-gorezkoa da artikulua aldizkari horretan argitaratua izan dadin. Hainbatetan, begiraleen onespena ez da bapatean lortzen. Artikulua ez badute zuzenean baztertzen, artikuluan buruz begirale bakoitzak txosten bat idazten du. Txosten bakoitzean begiraleak artikuluan aurkitzen dituen akatsak, kontraesanak, kritikak eta gomendioak agertzen dira, eta artikulua onartua izateko lerro horiek jarraituz zuzendua izan dadin eskatzen da. Ostean, lanaren egileek txosten horietan azaltzen dena jarraitu egin behar dute eta txostenean arrazoizkoa ikusten ez dutena erantzun, alde desberdinen artean, hots, begirale eta egileen artean adostasun batera iritsi arte. Bi begiraleen iritzia kontrajarria izanez gero, hirugarren begirale batek, aurreko bien iritzia ezaguturik artikuluan buruzko txosten bat idazten du eta aldizkariaren editoreak, hirugarren txostena eskuan duelarik, artikulua horrekin zer egin erabakitzen du. Artikuluaren idazleak ez daki begiraleak nortzuk diren eta begiraleek ere ez dakite artikulua bera begiratzen dagoen beste begiralea nor den, ezta beste begiraleak emaniko gomendioak zeintzuk diren ere ez daki. Aldizkari bakoitzak, arlo bakoitzeko adituak kontaktatzen ditu begirale lana dohainik egin dezaten. Begiraleen lana oso garrantzitsua da ikerketa zientifikoaren zabalkundean eta ez bakarrik zabalkundean, ikerketa beran ere. Borondate hutsez, eta metodo zientifikoa erabiliz, aldizkariaren zuzentasuna eta aldizkariaren maila ziurtatzen bait dute.

Nola frogatu daiteke argitaraturiko artikuluen garrantzia eta balioa? Aipamenekin, bai aipamena oso garrantzitsua da ikerketa zientifikoaren munduan. Zientzia ez da sekula izan pertsona bakar baten ondorioa. Gehienetan lorturiko emaitzen ohorea gutxi batzuk irabazi arren, beraien lana ez litzateke ezer izango ondorio horretara iristeko beste hainbaten lana aurretik egon ez balitz. Ikerketa zientifikoa haurrek ondarra erabiliz ondartzan egiten duten tontorren antzekoa da. Tontorra egiteko ondar ale asko behar dira eta tontorreko ondar alea ez litzateke esistituko behekoak egongo ez balira. Ikerketa zientifikoan ere berdin gertatzen da, tontorrera iritsitako zientzialaria ez litzateke esistituko beheko ondar aleak ez baleude. Gainera, beheko ondar ale horiek edonongoak izan daitezke, eta gerta daitezke berak ez ezagutzea.

Hau ez da gauza berria, Zientzian beti gertatu izan da, Newtonen denboran ere, baina are gehiago gaur egun. Artikulua oso aipatua bada, komunitate zientifikoak lan horretan erakutsitako berritasunak zuzenak diruditelako eta

arlo horretan ezagutza gehiago lortzeko bidea urratzen dutela esan nahi du, hots, beste ikerlariak lan horren emaitzak erabiltzen ari direla naturaren ezagutza aurrerago eramateko. Aldizkari baten artikuluek, hots, aldizkariak, aipamen gutxi jasotzen badu, komunitate zientifikoak, jakin badaki, aldizkari horretako artikuluen maila ez dela aproposa eta apurka apurka baztertua geratzen da. Aldiz, aldizkariaren artikulua oso aipatuak badira, ikerlari guztiek beraien lan sendoak aldizkari horretan argitaratu nahi dituzte, bere lanaren zuzentasuna adierazteko. Aldizkaria gero eta aipamenduagoa bada, argitaratzeko gero eta artikulua gehiago jasotzen ditu. Aldizkariako artikuluen aipamenak gutxitu ez daitezten, begiraleen lana gero eta zorrotzagoa izan behar du. Ahantzi aurretik, esan beharra dago, artikuluen begiraleek ez dutela inolako hezkuntza berezirik egin behar begirale izateko. Artikulu egileak bezalako ikerlariak dira eta metodo zientifikoak ondo irentsita dutenez, kritikoak eta material zientifikoak zuzen epaitzeko gai dira. Gainera, begiratzen ari diren arloan adituak direnez, arlo horretako azkeneko lorpenak ezagutzen dituzte eta kontribuzio berriak kritikatzeko gaitasun osoa dute.

Azken bi mendeotan artikulua zientifikoaren zabalkunde a, komunitate zientifikoan, horrela egin da eta horrela darrai. Mende honen bigarren erdialdean bereziki, komunitate zientifikoak asko handitu da. Gainera, espezializazio maila ikaragarria bilakatu da. Honen ondorioz, sasoi honetan aldizkari zientifikoak ere asko ugaltu dira, gero eta espezializatuagoak izanik. Honek berak, aldizkariaren arteko mailaketa desberdina ekarri du. Gaur egun, maila handiko hainbat aldizkari argitaratu ahal izateko, begiraleen prozesu guztia gaintu ondoren argitaratzeko ordaindu egin behar da (ez guztietan baina bai hainbatetan).

Mende honetako zientziaren eraikuntzan garrantzi oso handia izan du goian aipaturiko zientziaren zabalkunde a. Zientzialariek beraien lana (emaitzak) plazaratu nahi dute, komunitate zientifikoak ezagu dezan, eta zientziaren eraikuntzarako baliogarria izan dadin. Zientziak, ez du lekukotasunik, nazioartekoa da. Estatuak ipintzen duten baliabideak ikerketa zientifikoaren munduan, estatu konkretu horren potentziala zientifiko mugatzen du. Hala ere, ez da ahantzi behar nazio horren tradizio zientifikoak garrantzi handia duela bere potentzial zientifikoan.

Orokorki, tradizio zientifikoak eta baliabideak estuki loturik joaten dira. Tradizio zientifikoak duten lurraldeetan, estatuak ipintzen duten baliabideak handiagoak izatea oso arrunta da. Batak besteak berrelikatzen bait du. Beraz, tradizio zientifikoak duten lurraldeetan (eremu anglosajaiak adibidez) baliabide zientifikoak eta zientziaren antolaketa ongi prestatuak egon ohi dira. Are gehiago, lurralde horietan gizarteak (edo gizartearen batzuek) oso begiko dituzte zientzia eta zientzialariak, gizartean leku garrantzitsu bat hartzen dutelarik. Ikerketa zientifikoak berria den hainbat lurraldeetan beriz, zientziaren antolaketa ez da egokia, gobernuak ez dute orokorki ganora handirik izaten. Finantzaketa aproposa denean ere (orokorki, ikerketa zientifikoaren benetazko garrantziak jabetu arte, finantzaketa ez da egonkorra izaten eta gora behera asko izaten ditu), helburuak ez daude ongi zentratuak, antolaketa zientifikoak ez da kontutan hartzen eta emaitzak bat batean etorriko direla uste da.

Zoritzarrez, gobernuek edo politika zientifikoan antolatzen dutenek zientzia eraiki egin behar dela ez dira hainbatetan jabetzen. Dirua ematea ez da nahikoa, ondo egon daiteke estadistiketan itxura ona emateko, beharrezkoa da, baina ez da nahikoa eraikuntza zientifikoaren sendotzeko.

Harira itzuliz, zientziaren eraikuntza erroturik ez dagoen hainbat lurraldeetan, ikerketa zientifikoaren maila baxugoa izaten da, baina bertako zientzialariek argi dute zientzia guztiona dela, eta lana guztiontzako egin behar dela, nahiz zoritzarrez, beraien baldintzak okerragoak izan, bizi diren tokian bizi direlako. Baina, jabeturik daude, beste herria ikerketa egitera joanez gero beraien baldintzak desberdinak izango direla, eta beraien lana ez dela inolaz ere gutxietsia izango. Helburua metodo zientifikoan oinarriturik zientzia egitea da, eta lorpen horiek lortu dituen gizabanakoa nongoa den ez du ganorarik. Antzinako apaizek latina komunikazio bide zuten bezala, zientzialariek ere, gero eta gehiago hizkuntz amankomuna dute elkarrekin ulertzeko, kasu honetan ingelese. Mende honetan Zientzia ingelesez idatzi da nagusiki, eta hurrengo mendean ingelesaren erabilera areagotuko dela dirudi.

2.1. "Modak" zientzian

Zientziaren eraikuntza sendoak, bereziki azkeneko hamarkadetan zenbait erasoaldi jaso du. Bat eta ez txikia, 1986. urtean tenperatura altuko supereroaleen aurkikuntzarekin gertaturikoa. Zientziara ere modak iritsi dira, eta adibide hau izan daiteke moden lehendabiziko lekukoa¹.

1. Supereroankortasuna (HAZEN R. M. *The breakthrough: the race for the superconductor*. Washington: Summit Books, 1988), hots, energia galdu gabe korrantea garraia dezaketen materialak (erresistentzia elektrikoa nulua duten materialak). Supereroankortasuna, 1911. urtean Kammerling Onnes zientzialariak Leiden-ko unibertsitatean merkurioa -268°C azpitik hoztean aurkitu zuen. 50 urte behar izan ziren fenomeno horren zergatia ulertzeko, eta 1986. urterarte supereroankortasuna tenperatura oso baxuetan gertatzen zen, hots, -250°C tenperatura azpitik. Saiakera handiak egin ziren supereroankortasuna tenperatura altuagotan agertzen zireneko materialak topatzen, baina azken 30 urtetan tenperatura kritikoa (supereroankortasuna gertatzen deneko tenperatura altuena material konkretu horretan) honen balioa bakarrik 8 gradutan altxatzea lortu zuten. Baina, 1986. urtean, Zurich-eko IBM-n ikerketa zentruan lana egiten zuten Bednortz eta Müller zientzialariek (gero Nobel saridun izango zirenak), material konplexu batzuk erabiliz, bapatean tenperatura kritikoa -230°C -ra altxa zuten. Honek, lasterketa eroa sortu zuen mundu osoko komunitate zientifikoan barrena, eta erresistentzia elektrikoa neurtzeko gai ziren laborategi guztiak (gehienak) supereroaleak bilatzen hasi ziren tenperatura kritikoa hori, gero eta giro tenperaturatik hurbilago egon zedin. Erresistibitatea neurtzeko gai ez zen hainbat laborategi ere erresistentzia elektrikoa neurtzen hasi zen. Prentsa ere berehala zabaldu zuen berri hau munduan zehar. Ohar zaitez, irakurle, etxeetatik ehundaka kilometroa dauden zentral elektrikoetan sortzen den argi-ondar (elektrizitate) gehiena, garraio-kableetan berotasun moduan galtzen dela. Material supereroaleen erabiltzerik bageo, bidean ez zen zentraletan sorturiko elektrizitatea galduko eta kilowatioa askoz merkeagoa litzateke. Supereroaleen inguruneko tenperaturetan esisistituko balitz hau ez litzateke abaintaila bakarra izango. Beste hainbat dago, bat aipatzearen, konputagailuen ahalmena ere asko handi zitekeen. Egun, tenperatura kritikoa hori -110°C inguruan dago, oraindik oso baxu, baina tenperatura hori lortzeko nitrogeno likidoa behar da eta ez helio likidoa. Tenperatura altuko supereroankortasunaren aurkikuntza gertatu aurretik behar zen bezala (oraindik ere, He likidoa aplikazio gehienetarako denigorezkoa da). Horiek esan nahi du supereroaleen tenperatura kritikora iristea askoz merkeagoa dela lehengago baino.

Moda horren ondorioz lasterketa zoroa sortu zen, bai temperatura kritiko altuagoko materialak lortzeko, bai material berrien propietate desberdinak lortzeko, eta baita ere fenomeno a ulertzeko. Hainbat laborategi supereroale berri hauek ikertzen hasi zenez, lorturiko emaitzen kopurua itzela izan zen eta bapatekoa. Aldizkarietara argitaratzeko lanak uholdeka iritsi ziren munduko alde guztietatik. Ez zegoen biderik, begiraleek lana txukuma egin zezaten: 1) Batera hainbat lana iris ten zenez ez zegoen aditu nahiko beraiei aurre egiteko, gainera begiraleek ezin zezaketen eremu horretako literatura osoa ezagutu. Ezinezkoa zen, orduan bertan etengabe sortzen ari bait zen; 2) Toki desberdinetako lan asko emaitza berdinekin iritsi zen, baina berrir o diogu, baldintza horretan begiraleek ezin zezaketen hori jakin; 3) Editoreek presio handia jartzen zuten begiraleengan lasterketa zoro horren emaitza interesgarrienak beraien aldizkarietan argitaratu zitez en, prentsa arrosak egiten duen bezala. Honek, sortu zuen lehendabiziko aldiz eta maila handi batean eraso ikaragarria zientziaren zabalkunde tradizional ean. Guzti honen ondorioz, hainbat artikul u argitaratu zen benetako begiraleen lan txukuma jas o gabe. Horrek ere ekarri zuen *pirata* askok lurra hartu zuela erreka zoro honetan etekinak ateratzeko asmoz.

Zientziak, arruntean baino etekin handiagorik lortu ote du temperatura altuko supereroankortasunaren fenomeno a ulertzen lana eskerga honen ondorioz? Gure uste apalean, lana betiko eran egin izan ba zen, aurreapenak maila berdinekoak edo handiagoak lirateke. Lan asko, argitaratu arren galdu da (ez da gehiago aipatzen). Hainbatetan, zerotik hasi zirelako, hots, aurreko informazio rik gabe, besteek egin zutena jakin gabe. Askotan gainera, balio gutxiko lanak kontutan hartu dira ondorio makaletara iristeko. Gainera, argitaraturiko artikul u-kopurua hain handia izanik, ezinezkoa zen informazio guzti hori era aprobe sean iragazi eta hainbatetan lanaren emaitzak, epe luzean ez dira balio koak izan. Baina guri gehien kezkatu gaituena, zientziaren eraikuntza dardarka ipini zuela izan da. Atzera begiratuz, uholde horretako ehuneko txiki bat besterik salba daitekela jabetu gaitezke.

Moda guztiak, zientzia mailakoak izan edo gizartekoak izan, berdin pasa egiten dira, baina gori gorian daudenean, moda ez baduzu jarraitzen arraro, edo estralurtiatzat hartzen zaituzte. Ikerketa zientifikoaren arloan ere gauzak bide beretik darraite. Hala ere, esan beharra dago, ondorengo modak ez direla hain bortitzak izan eta komunitate zientifikoak ulertu du, horrenbeste izar diz eraikitako erikuntza, kinka larrian jarri dezaketela. Antidoto aprobe sa ere aurkitu delakoan gaude, mota horretako sukarrak bideratzeko. Arlo honetan beti oso garrantzitsuak izan dira kongresuak, konferentziak edo sinposiumak, non ikerlari ekin uneko lanek publikoki plazaratzen zituzten hitzez edo posteren bidez. Bilera hauek, gai konkretuei buruz eztabaidatzeko aprobe sak ziren eta dira. Halaber, gai hori buruz munduko beste hainbat tokitan zer egiten den jakiteko oso aprobe sak dira ere. Mende honen lehen erdialdean lanen laburpen bat baino ez zen argitaratzen. Beranduago, kongresuen “proceedings”-etan lan osoak argitaratzen hasi ziren. Azken urte hauetan, berriz, “proceedings”-ak aldizkariak argitaratzen dituzte. Jakina da, “proceeding”-etan begiraleak ez direla aldizkarietako zenbaki arruntetan bezain zorrotzak ezta hain aprobe ski hautatuak. Honek, goian aipaturiko garrantzitik aparte, lan uholde-

ak honelako lekuetara desbideratzen ditu, eta modu horretan ikerlariak lan hauek irakurtzen dituenean badaki, arruntean baina kritikoagoa izan behar duela irakurtzen duenarekin.

2.2. Prentsa zientzian

Prentsa ere iritsi da komunitate zientifikora, eta egungo Periodismoak (zenbaitetan oso akritikoa dena) ere bereak egiten hasi da zientzian. Buruan dugun lehen prentsa aurkezpena (dudarik gabe lehenago ere beste batzuk egongo ziren) transistoraren inbentorearen eskutik etorri zen. 1947ren abendu-
duan, transistorea inbentatu eta egun batzuetara Estatu Batuetako Bells Telephone Laborategietan egin zena, hain zuzen ere². Prentsa aurkezpena inbento irmo eta zalantza gabeko baten ondorioa izan zen, inbentorearen patenteak egiten ari ziren bitartean. Gaur egun beriz, prentsa aurkezpenak arruntagoak dira. Goian aipaturikoen antzerako prentsa aurkezpenak izaten dira, baina beste hainbat kasutan, Periodismoaren gosea berriak jasotzeko (atzean zer dagoen jakiteko inolako interesik gabe) edo zientzilariek beraien emaitzak prentsa arruntera zabalduz etekin gehiago sortuko dielakoan eta lehen-dabizikoak direla (naiz ez izan) erakusteko, zientzilarien prentsa aurkezpenak gero eta arruntagoak dira. Oso arruntak bihurtzen ari dira biologian, eta sarritan ikusten ditugu horrelakoak telebistatik. Baina ez dira bakarrik biologian ematen, fisika eta teknologian ere, mende honetako eraikuntza zientifiko sendoena lortu den alorretan. Hauek gehiago ezagutzen dugunez eta arlo haue-
tan iruzurra egitea zailagoa denez, gertaturiko kasu salagari batzuk aipatuko ditugu. Honekin esan nahi dugu, gure uste apalean hain sendoturik ez dagoen biologia bezalako zientzia batetan, prentsa eraginez eta bidez plazaraturiko iruzurrak ez direla gutxi izango. Gainera iruzurra ez du zertan intentzio txarrez eginikoa izan behar, edo trufatzen ari direla pentsatuz eginikoa. Ez, gehienetan gertatzen da zientziak ipinitako iragaziak ez pasatzeagatik, hots baten uste onak ustelak izan daitezkeelako, hain zuzen ere. Honen adibide esanguratsua, fusio hotzarena izan zen.

Gaia, apur bat zentratzeko, fusio nuklearra etorkizuneko energia-iturria izan daitekeela aipatuko dugu³. Fusio nuklearra izarren energia iturria da, beraz, gu berotzen gaituzten eguzkitiko argi izpi ederrak fusio nuklearraren ondorio dira. Bizitza lur planetan eguzkiko fusio nuklearreko erreakzioen ondorio da. Gizakiok izar bat laborategian eraiki nahi dugu, eta lortzen bada energiaren betiko problema ahazteko moduan egongo gara. Lan honetan, hainbat zientzilarik 50etako hamarkadaz geroztik dihardu, baina oraindik beste 40 urte beharko dira (lortzen bada) fusio erreakzioen bidez lorturiko energia sare elektrikorako lotzeko. Helburu horretarako finantziaketa itzela behar denez hainbat nazio amankomuneko lan egiten ari da. Fusio nuklearra gerta

2. RIORDAN, M.; HODDESON, L. *Crystal Fire: The Birth of the Information Age*. New York: W W. Norton, 1997.

3. PLAZAOLA, F. Fusio nuklearra: Hurbilago, baina urrun. *Elhuyar*-en, 141 zkia., 1999; 38-43 orr.

dadin izarren temperatura ehundaka milioka gradutakoa da. Laborategian ere horrelako temperaturak lortu behar dira atomoen fusioa gerta dadin. Temperatura hauek direla eta fusio nuklearrari fusio beroa dei ohi zaio, edo hobe ondoren aipatuko dugunari fusio hotza deitzen zaio.

Utah estatuko unibertsitaterako M. Fleischmann eta S. Pons kimikariek, laborategi arrunt batean eta inolako bero eskerga gabe atomoen fusioa lortu zutela prentsa agerpen batean iragari zuten, eta 1989ko otsailaren 23an, *The Wall Street Journal* eta *The Financial Times* egunkari ekonomikoetan plazaratu zen berria. Horregatik fusio hotza deitua. Berri hau, berehala zabaldu zen munduko alde guztietara. Handik eta hemendik hasi ziren iragartzen fusio hotza beste laborategi gutxi batzutan ere lortu zela. Espainian ere CSICeko zientzilari ospetsu batek lortu zuela iragari zuen. Ekaineraino, egunkarietako eguneroko berria bihurtu zen, laborategi hauek fusio hotza lortu zutela baieztatzen bait zuten. Komunitate zientifikoa, nahiko eszeptikoa zen, izan behar duen bezala gauza berriekiko, ongi amazoindua eta frogatua egon arte. Gainera, hainbat zientzilari iragartzen zuen beraien kalkuluek horrelako gertakizunik ez zutela onartzen. Eta guzti hau *prentsa arruntaren bitartez*. Gauza guztien gainetik okerreua zen, aipatzen ari garen guztia prentsan argitaratzen zela⁴, betiko iragazi zientifikoe-tatik pasa gabe, areago bideratu gabe. Hala ere, ez da ahantzi behar, prentsa aurkezpena gertatu eta gero, beraien lana *Journal of Electroanalytical Chemistry* aldizkari ospetsura bidali eta onartua izan zela. Begiraleek ez ziren ausartu, prentsa arruntaren bidez hain zabaldurik zegoen gaia ezereztatzeko. Begiraleei lana initsi zitzaierako, komunitate zientifikoan susmatzen zen, aurkitu zutena ez zela fusio hotza. Baina hala ere, lana onartua eta argitaratua izan zen. Iragazi zientifikoak ipini zirenean eta beste laborategietan fusio hotza errepikatzen saiatzen zirenean (errepikakortasuna iragazi zientifiko garrantzitsuenetanikoa da), erreakzio batzuk gertatzen zirela ondorioztatu zen, baina erreakzio hauek fusio hotzetik ez zutela ezer argi geratu zen.

Adibide honetan, argiro azaltzen zaigu notoriotasuna, prentsara arruntaren erakarpena etabar oso lagun txarrak izan daitezkeela lorpen zientifikoak iragartzeko. Ala ere, prentsaren amua gero eta gehiago erakartzen du gizarte osoa, zientzilariak bame.

Azken hau, ezagutzen dugun kasurik nabarigarriena izan arren, ez da adibide bakarra. Zientziaren iragazietatik pasa gabe, zuzenean egunkarietara bidaltzen direnak, gero eta ugariagoak dira arrazoi desberdinengatik: prentsak berri zientifiko indartsuak nahi dituelako, zientzilariek notoriotasuna nahi dutelako edo azken denbora honetan gertatzen ari omen den bezala gobernuak presionatu arren, estatuen arteko proiektu zientifiko konkretuak bultzatzea edo gera ez ditzaten.

4. GARCÍA, Nicolás. *El País-en (suplemento Futuro)*, 11.06.1989.

3. ZIENTZIAREN ZABALKUNDEA GIZARTEAN

Zientzia gero eta erakarpen handiagoa sortzen du gizartean eta beraren zabalkundea ez da komunitate zientifikora mugatzen. Azken hamarkadetan, gizartea gero eta gose handiago da zientzia eta teknologiaren emaitzak irensteko. Egunkariek, horrelako izena daramatenek behintzat, horoskopoen atalez gain, astean barrena zientziaren berriei buruz orri pare bat gutxi gora behera izaten dute. Gero eta aldizkari gehiago, zientzia eta teknologiari buruz plaza- ratzen da. Aldizkari hauen irakurletoa ere handia da eta bizi garen gizartean gero eta handiagoa izango dela dirudi. Dibulgazio zientifikoa oso garrantzitsua da gizarterako. Gizarteak daraman bidea jarraituz gero, zientziak eta teknolo- giak, gaur egun bezala etorkizunean gure bizi moldea mugatuko dute. Dibulga- zio zientifikoa egitea ez da batera eerraza, jakin egin behar da era ulerterraz batean zientziak dioena plazaratzea, baina egi zientifikoari uko egin gabe. Sobiet Batasuneko sasoeian, ahalegin handia egiten zen zientzia gizartera- tzen, zientzia mailan gizarte a formatua egon zedin, hain zuzen ere. Orduko MIR editorialeko liburu zerrendetara⁵ joan behar besterik ez dago, aipaturikoa horrela dela jabetzeko. Gainera, dibulgazio zientifikoak garrantzi handia zeukan gizarte horretan, eta dibulgazioa egiten zutenak ongi errekonozituak ziren.

Mundu anglosajioean ere, dibulgazio zientifikoak garrantzi handia du, eta dibulgazioa oso sendoa da. Zientzia arloan gizarteak batzbestean duen hel- dutasunarekin loturik dago dibulgazioaren maila. Hau idazten ari garen bitar- tean liluraturik gaituen 1996 urtean argitaraturiko dibulgazioko liburu estatu batuar bat irakurtzen ari gara, *The natural magic of magnets*⁶, hain zuzen ere. Liburua imanei buruzkoa da, imanek gure gizarte honetan eta gure hurbiltasunean duten erabileraz, hain zuzen ere. L. D. Livingston liburuaren idazlea egun, Massachusset Institute of Technology-ko irakaslea eta hainbat urtetan General Electric entepesako ikerlaria imanen arloan. Liluratzen gaituena zera da, liburua era irakurterazean eta oso atseginean idatzirik egotea. Gainera kontzeptu zientifikoak, irakurleto zabal baterako, oso ondo plazaratzen ditu. Baina, oraindik gehiago liluratzen gaitu, horrelako dibulgazio liburuetarako eskaera dagoela jakiteak, eta liburu hauek saldu egiten direnaz jabetzeaz pozarren ipintzen gaitu. Adibide hau, ipini dugun bezala aldizkari batena ipini daiteke, baina aldizkariak errazago eros daitezke (kuriostatez bada ere) 300 orrialdeko liburu mardul bat baino. Eta liburu hori gainera, ez da unibertsoa- ren jatornari buruz edo bere amaiera posibleaz (jendea asko erakartzen due- na). Ez, gure frigorifiko bameko, jostailuetako, kotxeo edo beste zenbait lekuetako imanei buruz da, toki bakoitzean nola lana egiten duten erakutsiz. Aipaturiko adibideek argi erakusten dute gizarteak, edo hobe gizartearen zati handi batek, heldutasuna eduki behar duela maila horretako liburuak irens- teko. Hau da, gose dela zientzia ulertzeko eta ez, askotan gertatzen den bezala, sentsazionalismo hutsa irensteo.

5. MIR editorialeko liburu zerrendak.

6. LIVINGSTON, J. D. *Driving force: The natural magic of magnets*. Harvard: Harvard Univer- sity Press, 1996.

Aipaturiko liburua ez dago gazteleratuta, eta gazteleratuko balitz ez genioke etorkizun handirik emango. Poztuko ginatke benetan erraturik bagina, baina ez dugu uste, zeren dibulgazio zientifiko serio bat egiteko, berauk gizartean garrantzia izan behar du, eta gizarteak zientzia kulturaren atal garrantzi bat bezala sentitu behar baitu. Eta gaztelerak, garrantzia duen estatuetan, hau ez da gertatzen, Estatu espainolean ere ez. Egia da, apurka apurka akats larri hau zuzentzen ari dela, baina oraindik urrun gaude azientifikoa ez den gizartetetik. Guzti honen arazoia dago, gure ustez, zientzia kulturaren atal bat bezala ez delako hartzen. Zientzia kultura dela inork ez ukatu arren, praktikan zientzia kulturatik at dago⁷.

Espainian pintura, eskultura, filosofia, literatura eta orokorki humanitateak dira kultura bakarra, zientziak eta teknologia kulturatik at daude. Akats larri hau, ilustrazio denboretatik oso erroturik dago eta denbora tarte luze honetan zientziaren irakaskuntzak ez dio gizarteari batere lagundu akats hori gainditzen, aldiz akatsa aregotu dela esango genuke. Zientziak ez dira irakatsi (irakasten?) egunero berritzen eta eraikitzen ari den zerbait bezala. Ez, zoritxarrez osoturik dagoen zerbait bezala, perfektua den zerbait bezala, gizakiaren obra ezin izan daitekeen zerbait bezala irakatsi (irakasten?) da. Baina ez da horrela, beste edozein giza ihardueraren moduan sortu, hazi, aldatu, berritu eta eztabaidatu egin da, ez da beti berdina izan. Mendez mende garatu da eta bere historia du, eta historian aro desberdinak, zein bere ezaugarriekin. Guzti honekin esan nahi dugu gure gizartea zoritxarrez azientifikoa dela.

Horrelako gizartean dibulgazio zientifiko sendoa egitea ez da erraza. Dibulgazio zientifikoa eskatzen du fenomenoak, propietateak edo diren direnekoak plazaratzea eta bertan horren oinarri garrantzitsuak era simple batean ulertaraztea. Baina gurea bezalako gizarte batean oso erraza da “dibulgazio zientifikoa” egiten omen duten hainbat aldizkaririk, azientifismoa egitea. Gizartearen formazio zientifikoa hain urria izanik, ez da harritzekoa horrelako hainbat aldizkarietan, dibulgazio zientifikoa baino askoz gehiago sentsazionalismoa egitea (erakargaritasun merkea lortu arren), eta zientziarekin zer ikusirik ez duten fenomenoek, zientziaren mailan ipintzea (fenomeno paranormalak ...). Aipatu dugun bezala, zientziak asko saltzen du, baina heldutasun zientifikorik gabeko gizarte batetan, zientzia gosea oso erraz trufatu daiteke. Honekin ez dugu esan nahi gure gizartean dibulgazio zientifiko seriorik ez dela egiten. Horixe ezetz, baina gehien saltzen diren dibulgazio zientifiko izena daramaten aldizkarietatik, ez dira gutxi “pseudozientzia” egiten dutenak.

7. Aipaturikoa baieztatzeko J. Duoandikoetxea Drak UPV-EHU 2000/01 kurtso hasierako “Posible da matematikarik gabeko gizarte kultura?” hitzaldira zuzenduko gara. Bertan ageri da unibertitate errektore batek “matematikaz ezer ez dakiela” esanez kongresu bat zabaldu zuela. Eta galdentzen du, ea beste zenbait gaitaz aldamika daitekeen ezer ez jakitea eta hala ere “kultura” izaten jarraitu? Adibide honek agerian jartzen du, hainbatetarako zientzia albo batera utz daitekeen kulturaren parte bat dela. Adibide hau ez da bakarra, telebista ikusi besterik ez dago, hainbat “kulto” zer den jabetzeko. DUOANDIKOETXEA, J. Posible da matematikarik gabeko gizarte kultura? UPV-EHUko 2000/01 kurtso hasierako hitzaldia.

Euskaraz ere, beste hizkuntzetan bezala dibulgazio zientifikoa egiten da. Bai prentsa arruntean, bai dibulgazio zientifikoko aldizkarietan eta baita ere gai konkretu bati buruzko liburuen bidez. Behar bada, dibulgazio zientifikoa-ren mundura beranduago iritsi garelako, edo gure gizartean kultura hiperhumanistikoa hain sendoturik ez dagoelako, edota gizarte industrializatu, teknifikatu batetan mugitzen garelako, edo arrazoï guzti horiengatik batera euskaraz egiten den dibulgazio zientifikoa, benetako dibulgazio zientifikoa da. Hobeago edo okerragoa izango da, baina argi eta garbi zientzia eta dibulgazio zientifikoaren bideetatik mugitzen dela. Arrazoa izan daiteke ere, euskaraz era iraunkorrean dibulgazio zientifikoaren munduan sartu ziren lehendabizikoak, zientzilariak eta ingeniariak zirela, "ezkutuko zientziekin" inolako loturirik gabe, edota alfabetaturiko euskaldunak, urriak izanik tirada handiak egiteko, formazio kultural zabalekoak zirelako.

Euskararen munduan dibulgazio zientifikoa era iraunkor batean, Udako Euskal Unibertsitatean (UEU) eta Elhuyar elkarteetan, duela 25 urte gutxi gora behera idazten hasi zen. Hainbatetan, dibulgazio lanetan zihardutenak bi erakunde horien partaideak ziren. Egun, UEUn dibulgazio zientifikoa baino askoz gehiago testu liburua egiten dira. Elhuyar elkarteak beriz, dibulgazio zientifikoan buru belari dihardu eta azken urte hauetan hasierako bidea asko zabaldu eta indartu du. Elhuyar elkarteak euskarako dibulgazio zientifikoaren ardatza dela inolako zalantzarik gabe baieztatu daiteke. Egun 2000 harpidedun inguruko Elhuyar izeneko dibulgazio zientifiko zuzenduriko hilabeteroko aldizkaria plazaratzen du. Astero dibulgazio zientifikoari buruzko irati saioak, egunkari batzuetako zientzia atalak eta telebistarako programak ere egiten ditu (*Teknopolis*, adibidez). Dibulgazio zientifikorako artikuluen lehiaketa burutzen dute, eta hainbat dibulgazio liburu ere plazaratzen dituzte. *Elhuyar* aldizkaria, formazio zientifiko sendorik gabeko irakurlego zabal baterako buruturiko aldizkari modemoa da, eta dagoeneko mende laurdena beterik du. Bertan, dibulgazio zientifikoa era erakargarri batean egiten da, bai gaien aldetik bai gaiak joratzen diren bidetik. Ez da ahanzi behar, azken urteotan aldizkariak zientzia eta teknologiako atal gehiago eta desberdinagoak joratzen dituela. Bestetik, aipatu beharra dago ere, azken urte honetan, gazteenak zientziara erakartzeko atal oso interesgarria egiten hasiak direla.

Zientzia dibulgaziorako beste aldizkari bat ere euskaraz argitaratzen da. Euskal Herriko Unibertsitatearen bidez argitaratzen den *Ekaia* aldizkaria, hain zuzen ere. Aldizkari hau nahiko berria da, bost urte besterik ez ditu eta urtean bi aldiz argitaratzen da. Kasu honetan, eta Elhuyar aldizkaria ez bezala, oinarrizko formazio zientifikoa duen irakurleei zuzendurik dago. Era honetan, aldizkari biek, bat bestea estali gabe, irakurlegoaren espektro osora iristen dira. Aldizkari honetako ale bakoitzean biologia, fisika, geologia, informatika, ingeniari-tza, kimika, matematika eta euskara teknikoko, 10-12 artikulua luze argitaratzen dira, arlo bakoitzeko gehenez bi artikulua plazaratuz. Aldizkari hau, bereziki, eskola, ikastola, institutu eta unibertsitateko irakasleei eta baita ere unibertsitateko ikasleei zuzendurik dago. *Ekaia* aldizkarian zientzia eta teknologia desberdinetako gai garrantzitsuak, eta puntakoak era ulerterrazean baina sakonean, aztertzen dira.