

Dosierra

CAF-Elhuyar X. sariak

Hamar urte sariak banatzen. D:02

III. beka. Kepa Altonaga: "Idazle klasikoetan, laiko bakarra Jean Etxepare medikua zen". D:04

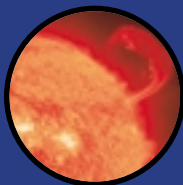
Saridunekin solasean. D:06

1. saria. Meandroetako mina. D:08

2. saria. Replikantearen jazz-arima D:14

3. saria. Kafeina: behar bihur daitekeen plazera. D:19

Sari berezia. Izarren energiaren bila. D:25



Urtarrilean egin zen Lasarte-Oriako Txitxardin Beltza jatetxean CAF-Elhuyar X. sarien banaketa-ekitaldia. Edizio honetan, artikuluen sailaz gain, dibulgazio-liburua idazteko beka ere izan da jokoan. Epaimahaiko kideek aurkeztutako lanen kalitatea nabarmendu dute, guztiek erabat gogobete ez dituzten arren denek zutelako interesgarri egiten zituen zerbait. Hurrengo orrietan, sariak jaso dituztenak irakurtzeko aukera izango duzu.

Hamar urte sariak banatzen

Eider Carton Virto
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa



CAF-Elhuyar sarien irabazleak. Aurtan, taldean egindako lanak izan dira nagusi.

CAF-Elhuyar sariak banatu ziren urtarrilaren 16an, urtero legez, Lasarteko Txixardin Beltxa jatetxean. Aurtengoa X. edizioa izan da, eta, dibulgazio-artikuluez gain, urtebete barru argia ikusiko duen liburu bat idazteko beka ere izan da jokoan.

Beka Kepa Altonagarentzat

Dibulgazio-liburua idazteko beka Kepa Altonaga biologo eta dibulgatzaileak jaso du, *Etxepare, Aldudeko medikua* liburu-proiektuarengatik. Epaimahaiak aho batez erabaki zuen proiektuak saria merezi zuela, “lagina eta lanaren azalpena biribila izateaz gainera,

abiapuntutik beretik erakargarria egiten baita proposamena. Gure historian toki nabarmena baina oraindano nahikoa ezezaguna izan duen pertsonaia sakonki ezagutzera gonbidatzen gaitu. Eta ez hori bakarrik, pertsonaren ibilbideaz eta pentsamenduaz baliaturik, zientziaren aspektu orokor batzuk, garaiko Euskal Herriaren nondik norakoa eta beste zenbait jakingarri, guztiak ere interesgarriak oso, emango zaizkigu liburuan”. Epaimahaiaren iritziz, lan osatu, aberats eta entretenigarria izango da Keparena.

Kepa Altonagaren ibilbidea ikusita, ez dirudi iragarpenak hutsik egingo duenik, zientziaren dibulgazioan eskarmentu handia baitu. Bi dibulgazio-liburu idatzi ditu dagoeneko, bietan ere pertsonaia ezezagun bezain interesgarriak ardatz hartuta. Oraingoan, ordea, aspaldiko ezagunari heldu nahi izan dio, Jean Etxepare mediku eta idazleari. Hiru liburuetan zailena hau izango dela iritzi dio Kepak. “Etxeparerekin, pertsonaia landuz gero, arriskua dago liburu oso natu-

ralistikoa ez egiteko. Eta buruan ditudan hainbat gai ukituz gero, gerta daiteke Etxepare bera eklipsatuta geratzea liburuan”.

Meandroetako mina, artikuluen sailean garaile

Dibulgazio-artikuluei dagokionez, Oihana Izagirre eta Oihane Lakar biologoen lanak jaso du lehen saria, “gure ibaien, gure lurraren zainen, osasun-egoeraren jarraipena nola egin hitz apalez azalduz zientzia eta dibulgazioa maisuki uztartzen dituelako”.

● **Barietate handia**
● **izan da gaiei eta jorrazteko moduei dagokienez.**
Epaimahaia ez omen da batere aspertu.

Meandroetako mina izenburua eman diote ibaien ekologia aztergai izan duen lanari. Ibai osasuntsua zer den deskribatzeaz gain, Euskal Herrian egoera zertan den azaldu dute, eta ibaien egoera sistematikoki neurtu ahal izateko metodologia garatzen egindako lanen berri eman dute. Metodologia horiek garatzea oso garrantzitsua izango da, Europako Uren Arteztaraua bete ahal izateko. Arteztarauak agindutakoaren arabera, Europako ibaiek egoera ekologiko onean egon behar dute 2015erako, eta, gureen egungo egoera ikusita, “hori betetzeak Euskal Herriko biologo guztientzat bezainbeste lan emango luke”.



Kepa Altonagak 2001eko bekaren irabazlearen eskutik jaso zuen saria. Iñaki Peñak Euskal Herriko mikropreseari buruz idatzi du liburua eta dagoeneko kalean da.

Sari berezia Gorka Azkunerentzat

Dibulgarzaile gazteentzako sari berezia Gorka Azkunek irabazi du aurten ere, *Izarren energiaren bila* artikulua-rengatik. Gorkak Fisika atsegin du, eta, gai zailak erraz azaltzeko abileziari esker, dagoeneko hirutan jaso du CAF-Elhuyar sariren bat. Oraingoan fusio nuklearrari heldu dio, gaurkotasun beteko gaia inondik ere. Izarretan gertatzen den erreakzioa kontrolpean egin eta ustiatzeko asmoak zertan diren esplikatu du, fusio nuklearraren oinarria azalduz lehenengo, ITER izeneko nazioarteko egitasmoaren azkeneko aurrerapenen berri eman arte. “Dotore idatzitako artikulua” delako jaso du saria, “erraz irakurtzen da, baina gaiari dagokion zehaztasuna galdu gabe”.

Bigarren saria *Replikantearen jazz-arima* lanak irabazi du. Aitzol Ezeiza, Karmele López de Ipiña eta Montxo López de Ipiñak konputagailuen adimena eta sentimena garatzeko jarraitzen ari diren bideak aztertu dituzte, eta etorkizunera begira leihatila bat ireki. Epaimahaia gaiaren gaurkotasuna, eduki zientifikoaren kalitatea, erabilitako idazkeraren estiloa eta gai gogor eta astun bat era simple eta ulerkorrean aurkeztea baloratu du.

Hirugarren saria, berriz, *behar bibur daitekeen plazera*-ri eman dio, kafeinari. Epaimahaiaren ustez, artikulua ongi eta txukun adierazten ditu kafeinari buruzko alderdi interesgarriak, hala nola, arlo historikoak, eraginaren mekanismo fisiologikoak eta horren ondorioz sortzen diren menpekotasun- eta abstinentzia-egoera guztiak. Aitziber Mendiguren, Luis F. Callado eta Joseba Pineda dira lanaren egileak.

Aspertzetik ez

Hemeretzi artikulua izan dira lehian aurtengo CAF-Elhuyar sarietan, eta, epaimahaia adierazitakoaren arabera, barietate handia izan da gaiei eta jorrazteko moduei dagokienez. Ez omen dira batere aspertu, eta, lan guztiek erabat gogobete ez dituzten arren, azpimarratu dute oro har lanak kalitate handikoak izan direla.

Epaimahaia bost lagun hauek osatu dute: Koldo Nuñez-Betelu, Geologian doktorea eta zientzia-dibulgarzailea; Pili Kaltzada, kazetaria eta zientzia-dibulgarzailea; Mikel Alvarez, medikua eta Basurtuko Ospitaleko zuzendari nagusia; Jesus Ugalde, Kimika katedraduna eta Ikerketako Euskadi sariaren aurtengo irabazlea; eta Julián Florez, Industria Ingeniaritzan doktorea, Nafarroako Unibertsitateko irakaslea eta VICOMTech ikerketa-zentroko kudeatzailea. □

Kepa Altonaga:

“Idazle klasikoetan, laiko bakarra Jean Etxepare medikua zen”

Guillermo Roa Zubia
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa



G. ROA

Dibulgazio-liburua idazteko beka irabazi du Kepa Altonagaren *Etxepare, Aldudeko medikua* proiektuak. Ez da liburu bat idazteari ekingo dion lehen aldia. Sariketa honen babesean *Folin markesa. Marraskiloak eta euskaldunak uharte galduan* eta *Armand David, pandaren aita* liburuak burutu zituen 1996an eta 1999an, hurrenez hurren. Altonaga biologia-irakaslea da EHU.

Nola sortu zitzaizun Jean Etxepare iparraldeko medikuari buruzko liburu bat osatzeko asmoa?

Aurreko liburuen ezberdina izan da hau. Folin ia-ia txirripaz aurkitu nuen pertsonaia bat izan zen. Nik Folinen izena nire lan profesionaletatik ezagutzen nuen; XIX. mendeko malakologoa zen, eta Euskal Herriko barraskiloei buruz hainbat datu eman zituen. Baina, hari horretatik, memento batean ikusi nuen bazeuzkala datu horietatik abiatuta beste ondorio batzuk, besteak beste Atlantidaren kontua. Eta hari horretatik tiraka ari nintzela, dibulgazio-liburu baterako gauza deigarri asko ateratzen ari zitzaizkidan, eta pentsatu nuen horrekin bazegoela liburu bat idaztea.



Kepa Altonaga bere bulegoan, EHUko Zientzia Fakultatean, Leioan.

Eta dokumentatzen nebilela, Armand David izeneko beste pertsonaia bat aurkitu nuen; niretzat ezezaguna zen oso. Eta Folinenean aipatu egin nuen, besterik gabe; artean ez neukan dokumentaziorik. Baina iturri bibliografikoetara jotzen hasi nintzenean konturatu nintzen Daviden garrantziaz. Pertsonaia erabat interesgarria zen. Izan ere, liburuan agertu zen informazioaz gain, nik beste karpeta oso bat bildu nuen.

Baina Etxepare ezberdina da. Nik Etxepare aspaldidanik ezagutzen dut. Euskararen munduan hasten zarenean, eta klasikoen testuak pixka bat irakurtzen dituzunean, konturatzen zara denak zirela abadeak. Eta, txirripaz, laiko bakarra Etxepare zen; gainera, medikua zen. Beraz, beste pentsakera bat zuen, eta beste begi batzuekin ikusten zuen dena. Horregatik irakurri ditut askotan Etxepareren testuak. Hor aspaldidanik izan dut sugestio bat: Folin markesa eta Armand David esku artean nituela, Etxeparek ere liburu baterako ematen duela pentsatzen nuen.

Orain, Etxepare hartu dudanean, konturatu naiz hiruetan zailena izango dela niretzat; medikua da, baina herri txiki bateko medikua. Eta, printzipioz, ekarpen zientifiko miresgarririk ez bestelakorik ez du egin, beste mundu batean aritu da. Alde horretatik, pertsonaia nahikoa grisa dela esango dugu, eta pentsa liteke duen interesa literaturatik eta letren mundutik datorrela soilik, baina ez da horrela.

Beraz, eta zientziaren dibulgaziotik?

Dibulgazioa bai, baina dibulgazio izan daitezkeen Etxepareren artikuluko guztiak osasunari buruzkoak dira. Eta justu ez da hori nire alorrik hurbilena. Horregatik, dibulgazio-alde hori ez zen nire gustukoa hasteko.


Hiru dibulgazio-mota ikusten ditut: azken ordukoa, dibulgazio utilitarista (higiene-, osasun-kontuak eta abar transmititzeko) eta diletantea (bestarik gabe, intelektualki erakargarriak diren gaiak). Etxeparek bigarrena egin zuen gehien bat.

Folin markesarekin eta Armand Davidekin ez bezala, Etxepareekin, pertsonaia landuz gero, arriskua dago liburu oso naturalistikoa ez egiteko. Eta buruan ditudan hainbat gai ukituz gero, gerta daiteke Etxepare bera eklipsatuta geratzea liburuan; alde horretatik badaukat kezkatxo bat.

Etxepareren lanaren interesa idatzietan datza, osasunari buruzko dibulgazioa euskaraz egin zuelako.

Liburuak idaztean, pertsonaia batengan oinarritzen zara, eta, horren aitzakian, beste gai batzuk gehitzen dituzu. Zergatik aukeratu egitura hori?

Nik baditut gustuko eredu batzuk, eta horra hurbildu nahi dut nire idatzietan. Eredu horiek ez ditut nik asmatu, noski. Folin markesaren liburuak egitura nahiko zurruna eta monolitikoa du konparatiboki; lau atal daude, elkarren artean zerikusia daukatenak, baina nahiko itxiak. Armand Daviden liburuak, David Quammen eta Stephen Jay Gould idazleen bidetik, hasten da puntu batean jakinda norantz jo nahi dudana, baina bidean hainbat eta hainbat azalpen sartzen ditut.

Horrek zaila egiten du liburuaren sailkapena generoari dagokionez, baina egiteko orduan askoz ere atseginagoa da. Horrela, esate baterako iturrien bila nabilenean gehiago gozatzen dut. Eta, bestetik, edozer irakurtzen duzunean, beti daukazu gogo topatzen duzun material interesgarria noizbait erabiltzeko. Aitzakia bat behar izaten duzu hainbat kontu azaltzeko. 

Saridunekin solasean

Nagore Rementeria Argote
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

1. saria: Meandroetako mina

Egileak: Oihana Izagirre eta
Oihane Lakar

Ibaien ekologiari buruz idatzi duzue, puri-purian dagoen gaia, ezbairik gabe. Nolatan aukeratu duzue gai hori artikulurako?

(Oihana) Ibaien ekologiari buruzko tesia egiten ari naiz, eta Oihanek laguntzen digu laginketan. Idazteko gogoia geneukan eta gaiak zein behar zuen argi zegoen.

Zein da Euskal Herriko ibaien egoera?

Batzuk oso ondo daude; adibidez, Urumea Hernani arte oso ondo dago, Zarama ere bai... Kalitate kimikoari dagokionez, Deba dago okerrean. Baina, orokorrean, ari dira bere onera etortzen. Morfologikoki egoera ez da hain ona: kanalizazioak daude denean, ibai ertzeko basoak falta dira... alde horretatik oso gaizki daude.

Kontua da Europako lege berri baten arabera 2015erako egoera ekologiko onean egon behar dutela ibai guztiak. Egoera ekologiko onean egoteak eskatzen du ibaiak dagozkion alga, ornogabe eta arrain guztiak izan behar dituela, sustratu egokia, metabolismoa ere behar bezalako... eta baita ibar-basoak egoera morfologiko onean egotea ere; hau da, morfologikoki ere ahalik eta egoera onenean egon behar dute, adibidez, arrainen migrazioak posible egiteko.



E. IMAZ

Euskal Herriko ibaietan lortuko da 2015erako legea betetzea?

Euskal Herriko biologo guztiak lan egin beharko lukete. Ibaiak duela urte batzuk baino askoz hobeto daude, baina oraindik lan asko dago egiteko.

Zehazki zer egin beharko litzateke?

Egoera onean dauden ibaiak erreferentzi gisa hartu eta beste ibaietan egoera hori lortzea izango litzateke helburua. Baina arazoa da ez dagoela neurketak egiteko metodologia sistematikorik. Eta metodologia hori da gure lanaren helburuetako bat.

Europako gainerako herriek guk adina arazo izanongo dituzte legea betetzeko?

Egoera oso desberdinak daude. Europako herri askotan guk baino tradizio handiagoa daukate halako gauzetan, eta egoerarik txarrenean dituzten ibaiak Euskal Herriko onenen parekoak dira. Estatu guztietan legea bateratzean egoera txarrenean dauden herriak ezingo dira atzean geratu, eta pentsatzekoa da isunak iritsiko direla.



Zuen lanaren izenburuak Blade Runner filmeko androideak ekartzen ditu gogora; haietako batzuek emozioak sentitzen zituzten. Zer kontatzen duzue artikuluan?

Robotikan gabiltzanoi batzuetan nahiko hotzak egiten zaizkigu robotak, eta hortaz hitz egiten dugu. Montxok, berriz, ideiak irudien bidez interpretatzen ditu.

2. saria: **Replikantearen jazz-arima**

Egileak: Aitzol Ezeiza, Karmele Lopez de Ipiña eta Montxo Lopez de Ipiña

Zein helbururekin egin behar dira robotak?

Helburua guri laguntzea eta oztopo gehiago ez jar-tzea da. Robotikaren mundua hori aztertzen ari da. Gizatasuna faktore garrantzitsua da. Adibidez, konputagailu batekin lan egiten baduzu, erantzun ego-kia jasotzeko bide bat makina hori zure emozioak interpretatzeko gai izatea da. Hurbilagoa egiten du. Eta edozein erabaki arrazional hartzeko ere geroz eta gehiago onartzen da onuragarria dela emozioak kon-tuan izatea.



Zergatik aukeratu duzue kafeina gaitzat?

Orokorrean, departamentuan menpekotasunarekin erlazionatutako substantziak ikertzen ditugu. Horre-gatik aukeratu genuen kafeina. Gainera, munduan gehien kontsumitzen den estimulantea da.

3. saria: **Kafeina: behar bihur daitekeen plazera**

Egileak: Aitziber Mendiguren, Luis F. Callado eta Joseba Pineda

Kafeinak menpekotasunik sortzen du?

Menpekotasun fisikoa eta psikikoa bereizten dira. Animalietan eta gizakietan abstinentziaren zeinu kimikoa ikusi da, beraz, menpekotasun fisikoa sor dezake. Menpekotasun psikikoa —hau da, droga askatasunez uzteko gai garen— oraindik ez da fro-gatu. Artikulua idazteko, lan asko ikertu ditugu, bai-na ez dugu ondorio garbirik lortu, beste drogek ez bezala eragiten duelako.




Sari berezia: **Izarren energiaren bila**

Egilea: Gorka Azkune Galparsoro

Zertaz idatzi duzu artikuluan?

Energia nuklearraren gainean idatzi dut. Fusio nuklearra eta Iter proiektua azaltzen saiatu naiz.

Zergatik jarri diozu izenburu hori artikuluari?

Fusiozko energia izarretan agertzen da: helio eta hidrogeno gasek nukleoan fusionatzen dihardute, eta horri esker igortzen dute gureganaino iristen den argia. Energia hori garbia da, eta lehengaiak lortzeko errazak dira. Baina oso tenperatura altuak behar dira, eta orain arte ez da lortu sortutako energia erabilitakoa baino handiagoa izatea. Iter proiektuarekin hori lortu nahi da. 

Meandroetako mina

Oihana Izagirre Igartua
Oihane Lakar Iraizoz
Biologian lizentziatuak



A. ELOSEGI

Ibaiak ez dira ubide soilak, bizirik daude, mugitu egiten dira, arnasa hartzen dute eta ekoitzi egiten dute, uraz gain beste hainbat substantziaz eta izakiz osatutako ekosistemak baitira, askotan ahaztu egiten zaigun arren. Ibar-basoak kontuan hartzen baditugu, ibaiak munduko ekosistema emankor eta dibertsoenetakoak dira, eta, beste ekosistema guztietan bezala, hainbat prozesu gertatzen dira.

Ekoirolek (alga eta landareek), fotosintesiaren bitartez oxigenoa eta materia organikoa ekoizten dituzte uretako mantengai ez-organikoetatik abiatuta (nitrito, nitrito, fosfato...). Horrela, ibaiak arazten dituzte, batez ere gizakiaren eraginez uretara iristen diren mantengaiak atxikitzen baitituzte. Uretan bertan ekoiztikoaz gain, kanpotik ere materia organikoa jasotzen dute ibaiak, batik bat ibar-basoz inguratutako erreketan, udazkenean, orbela erortzean. Orbela da, hain zuzen, hainbat kontsumitzaileen bazka-iturri nagusia, horien artean ornogabeak, onddoak eta bakterioak. Horiek guztiek ibaira iritsitako materia organikoa prozesatu egiten dute, eta, gainera, arrainen bazka nagusia dira. Arrainez gain, ibaieran badira hainbat ugaztun, anfibio eta hegazti ere, eta guztien artean bazka-sare konplexua eratzen dute.



ARTIBOKOA

Ibaitako isurketak denbora laburrean soilik neur daitezke, laster batean eramaten baititu urak beherantz.

Ekosistema horiek garrantzi handia dute jendearentzako, balio estetiko eta erromantikoez gain, hainbat baliagai eskaintzen baitituzte: ura, energia, garraioa, arrainak, paisaia, aisialdirako guneak, autoarazteko gaitasuna... Baina giza populazioaren gorakadak eta teknologiaren aurrerapenak oso gogor kaltetu dituzte ibaiak. Hondakin-ur guztiak, hasi etxeetako kondar-uretatik eta industrietako zianuro-isurketetaraino, zuzenean ibaira isuri izan dira; ibar-basoak deuseztatu egin ditugu, eta ubideen morfologia kaltetu. Horrek guztiak ekosistemaren egitura eta funtzioetan eragina duenez, ibaiak ez daude egoerarik onenean, azken urteetan kasu askotan hobera egin duten arren.

Egoera horri aurre egiteko beharraz oraintsu jabetu gara, garai batean ez baitzitzaie inongo arretarik eskaintzen ingurumenarekin lotuta zeuden arazoek. Pixkanaka, ibaien ekosistemen ikerketak, kalitatearen jarraipenak eta saneamendu-planak garatu dira besteak beste, ekosistema osasuntsuak berreskuratu nahian.

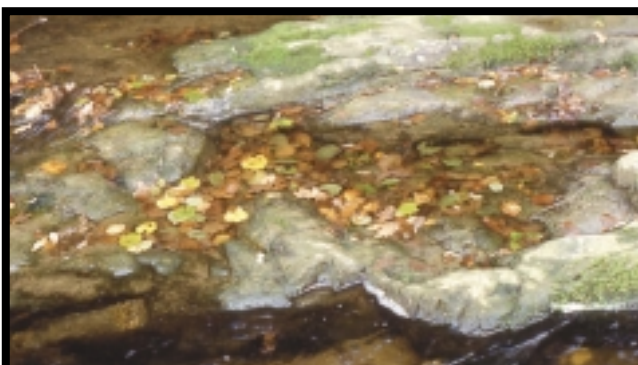
Hasieran, uren kalitatea aztertzeko, ur-analisiak soilik egiten ziren. Baina analisi horiek askotan ez dira gai uretan ehunka poluitzaile batera detektatzeko,

are gutxiago ibaietan. Izan ere, ibaietan isurketak denbora laburrean soilik neur daitezke, laster batean eramaten baititu urak beherantz. Isurketa gertatu eta gutxira ura berriro garbi egon daiteke, baina ibaia jada kaltetuta dago. Horrelako isurketek sortutako kalteak detektatzeko garatu ziren indize biotikoak. Horien bidez komunitate biologikoak aztertzen dira, uren kalitatearen historia ezagutzeko. Aldizka isurketaren bat gertatzen bada, izaki sentikorrenak desagertu egiten dira, eta hori detektatuz susma dezakegu uretan arazoren bat gertatu dela. Denborarekin, hainbat indize biotiko garatu dira, eta ohikoenak ornogabeetan eta algetan oinarritutakoak dira.

● Giza populazioaren ● gorakadak eta teknologiaren aurrerapenak oso gogor kaltetu dituzte ibaiak.

Baina, zer da ibai osasuntsu bat?

Osasuna izaki organikoak funtzio guztiak egoki betetzen ditueneko egoera omen da. Beraz, ekosistema bat osasuntsu dagoela esan dezakegu dagozkion funtzio guztiak egoki betetzen baditu. Noski, egoki funtzionatzeko egitura egokiak behar dira. Esate baterako, fotosintesirik ezin da gertatu landarerik ez badago. Beraz, osotasun ekologikoak osotasun estrukturala eta osotasun funtzionala behar ditu, txanpon beraren bi aldeak baitira. Ekosistemaren egitura fisikoa, komunitate biologikoez eta beren baliagaiez osatzen dute, eta, hain zuzen, horien kantitatea eta kalitatea aztertzen dira. Funtzionalitatea definitzeko orduan, berriz,



Uraz gain, beste hainbat substantziaz eta izzakiz osatutako ekosistemak dira ibaiak.

A. ELOSEGI

INRA



A. ELDOSEGI

Izokinen migrazioa eta, beraz, horien ugalketa ahalbidetzeko, lagungarria da ur-saltoetan azpiegiturak ezartzea.

ekosistema mailako hainbat prozesu aztertzen dira. Bi osagai horien kalitatea ona denean, ibaiaren osasuntsu dagoela esan dezakegu.

Hala ere, ibaietan gertatzen den edozein aldaketak ez die halaberrez egiturari eta funtzioei batera eragiten. Adibidez, Australiako Mary ibaian egindako esperimentu batean ikusi zen nitrogeno-kantitatea eta uren uheratasuna emendatzeak ez zuela eraginik izan ornogabeen komunitatean (egitura), baina aldaketak eragiten zituela arnasketan eta ekoizpen primarioan (funtzioak). Ibaiaren osasuna aztertzerakoan, bi osagaiak, egitura eta funtzioak, kontutan edukitzea eskatzen du horrek.

Ekosistema baten osasuna neurtu ahal izateko, beharrezkoa da egoera ezin hobe batekin konparatzea. Horretarako, erreferentzia-sistemak erabil daitezke, hau da, oraindik egoera 'naturalean' dauden ibaiak. Betiere kontuan izan behar da ibaiak oso desberdinak direla leku batetik bestera, klimaren, geologiaren eta beste

hainbat aldagaien ondorioz, eta, beraz, ibai batek eta bere erreferentziakoak antzeko kondizioak izan behar dituztela. Erreferentziako ibaietan, ezaugarri fisiko-kimikoak, komunitate biologikoen egitura eta ekosistemaren hainbat funtzio azter daitezke, eta ibai kaltetuak berreskuratzean balio horiek lortzen saiatuko ginateke.

Osotasun ekologikoak osotasun estrukturala eta osotasun funtzionala behar ditu, txanpon beraren bi aldeak baitira.

Zer dio legeak horren inguruan?

Uren kalitatearen inguruko politika oso sakonetik ari da aldatzen. Orain arte, 1999ko Espainiako Uren Legearen arabera poluzioa uren konposaketa kimikoen narriadura gisa definitzen zen, eta poluzio-maila uretan hainbat substantzia kimikoren kontzentrazioak neurtuz zehazten zen. Bestalde, lortu beharreko kalitatea desberdina zen uraren erabilpenaren arabera (ureztatzeko, edateko, arrainak kontserbatzeko...). Orain, ordea, Europako Batasuneko Uraren Arzetarauak dio ur-masen kalitatea neurtzeko, egoera kimikoa eta egoera ekologikoa neurtu behar direla. Kontzeptu berri hori, egoera ekologikoa, ur-ekosistemen egituraren eta funtzionamenduaren kalitatearen

Europako Uren Arzetarau berrian proposatzen diren egoera ekologikoen adierazleak

Adierazle biologikoak:

Uretako floraren konposaketa eta ugartasuna
Uretako ornogabeen konposaketa eta ugartasuna
Arrainen konposaketa, ugartasuna eta adin-banaketa

Adierazle biologikoetan eragina duten adierazle hidromorfologikoak:

Erregimen hidrológicoa
- Emariak edo ur-fluxuaren hidrodinamika
- Lur azpiko ur-masekiko loturak
Ibaiaren jarraitasuna
Ezaugarri morfologikoak
- Ibaiaren sakonera eta zabalera
- Ibai-hondoko substratuaren egitura eta konposizioa
- Ibarren egitura

Adierazle biologikoetan eragina duten adierazle fisiko-kimikoak:

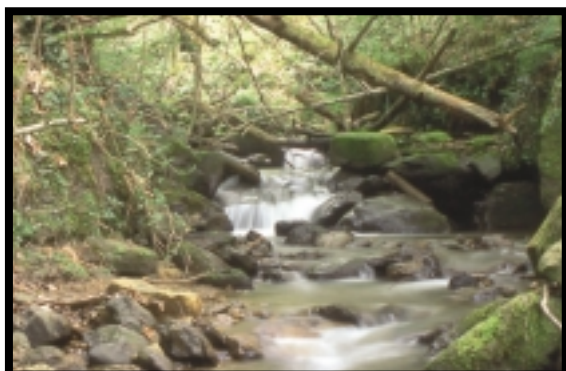
Orokorrak
- Temperatura
- Oxigenoa
- Gazitasuna
- Azidotzea
- Mantenugaiak
Poluitzaile espezifikoak
- Uretara isuri diren lehentasuneko poluitzaile guztiek eragindako poluzioa.
- Uretara kantitate esangarrietan isuri diren substantzia guztiek eragindako poluzioa.

adierazpen gisa definitzen du. Uren kalitateak kalitate fisiko-kimikoa, kalitate biologikoa eta kalitate hidromorfologikoa (ubidearen egitura) barneratzen ditu. Gainera, ez da erabileraren araberakoa, ur-masa guztietan bete beharrekoa baizik.

Kalitatea neurtu ahal izateko hainbat adierazle proposatzen ditu, eta, horien arabera, uren egoera ekologikoa oso ona, ona, onargarria, eskasa edo txarra izan daiteke. Horretarako, erreferentzia-puntuak aukeratu behar dira, hau da, gizakiaren eragin urria jasan duten ibai edo errekek, eta horietan adierazleek dituzten balioak aztertu behar dira. Balio horien berdinak dituzten ur-masek egoera ekologiko oso ona dutela esango da, eta balio horietatik zenbat eta gehiago urrundu, orduan eta txarragoa izango da egoera ekologikoa.

EBko Uraren Arteztarauak dio ur-masen kalitatea neurtzeko egoera kimikoa eta egoera ekologikoa neurtu behar direla.

Ikus daitekeen bezala, Uren Arteztarauak nahiko argi uzten du ur-ekosistemen egoera ekologikoa zeren arabera neurtu behar den. Eta, hori nahikoa ez balitz, helburu hau ere ezartzen du: Europako Batasuneko lur gaineko ur-masa guztien egoera ekologikoa adierazle guztiei dagokionez ona izatea lortu behar da 2015. urterako (salbuespenak eta luzamenduak alde batera utzita). Horrek guztiak izugarritzko ikerketa, lana, dirutza eta borondate politikoa eskatuko ditu, eta batzuek diote asmo handiegiko proiektua dela.



EBko lur gaineko ur-masa guztien egoera ekologikoa ona izatea lortu behar da 2015erako.

Euskal Herrian, uren poluzio-arazoez jabetuta, 70. hamarkadaren bukaeran hasi zen administrazioa uren karakterizazioari eta ur-baliagaiei buruzko azterlanak egiten. Dena den, ikerketa haiek poluzio-arazo jakin batzuen aurrean garatu zirenez, ikuspegi murrizta zuten. Ikuspegi zabalagoko lehen lana EAEko ibaietako uren karakterizazio fisiko-kimikoa izan zen, 1984an. 1985ean hasi zen ezaugarri fisiko-kimikoez gain ezaugarri biologikoak kontuan izan zituen lehen ikerketa zabala, Bizkaiko Foru Aldundiaren eskutik. Ikerketa hartan makrofitoen, ibaiertzeko basoko landarediaren, ornogabeen eta arrainen dibertsitatea, ugaritasuna eta nagusitasuna aztertu ziren. Bestalde, ornogabeen hainbat indize biotiko ere aplikatu ziren. 1989an ikerketa hura EAE osora zabaltzeko asmoz, beste ikerketa bat eskatu zuen Ingurumen Sailburuordetzak, Araban eta Gipuzkoan (Eusko Jaurlaritza, 1992).

Azken urteetan, EAEko ibaietako 82 puntutan, analisi fisiko-kimiko, biologiko eta morfologikoa egiten dira. Hasieran analisi biologikoen artean ornogabe bentikoen indize biotikoak eta arrainen zentsuak soilik egiten ziren. Orain, ordea, algak ere aztertzen dira. Hidromorfologiari dagokionez, ibar-basoen egitura aztertzen da. Zenbait estaziotan, gainera, 10 minututik behin hainbat parametro fisiko-kimiko automatikoki neurtzen dira (emaria, tenperatura, oxigeno disolbatua, pHa, amonioak...).

Gure ibaiak Europako Uren Arteztarauak eskatzen duen kalitate oso urrun daude oraindik, arazo fisiko-kimikoez eta komunitateen arazoez gain, ibaiertzaren egitura oso kaskarra baita. Kanalizazioak ugariak dira, ibai asko eta asko dira bi paretaren artean mugatuta doazenak. Ibar-basoak oso urriak dira, eta daudenak egitura aldetik txiroak dira. Horrek eragin handia du ibaien ekosistemen osasunean.

Dena den, eta Arteztarauari hutsuneak bilatzen hasiz gero, definizioetan eta asmoetan ur-ekosistemen funtzionamendua zein garrantzitsua den argi uzten duen arren, kalitatea neurtzeko metodo biologikoak aipatzeko orduan, egitura definitzen dutenak baino ez ditu proposatzen (algak, ornogabeak, arrainak), eta ez du funtzioak aztertzeko tresnarik aipatzen. Izan ere, oraindik ez da mundu osoko ibaien funtzionamendua neurtzeko tresna estandarrik garatu, nahiz eta hori kalitate ekologikorako ezinbestekoa den. Hain zuzen, gabezia horretaz jabetuta, hainbat ikertzaile buru-belarri ari dira lanean tresna berri horiek garatzeko.

Ibaien osasuna aztertzeko tresna berriak: funtzioen azterketa

Azkenaldian, puri-purian daude ibaien ekosistemen funtzioak aztertzeko tresnen inguruko lanak, eta kongresuetako lanik puntakoenak gai horren ingurukoak dira.

Ibaitan hainbat funtzio azter daitezke: mantengaiaren arazketa, orbelaren atxikitzea eta erabilpena, bizidunen migrazioak, arrainen ekoizpena, metabolismoa... Badira funtzio horiek guztiak neurtu ahal izateko metodoak, baina ikertzaile bakoitzak bere moduan erabiltzen ditu oraindik, eta administrazioek edo urak kudeatzeko erakundeek tresna estandarrik behar

dituzte, eta, batez ere, emaitzak interpretatzeko erreferentziatzeko balioak. Ibai-mota bakoitzean, prozesu horiek eduki beharko lituzketen balioak zehaztu behar dira, baita kaltetuta badaude zein neurri hartu behar diren ere, eta horixe da une honetan hainbat ikerketa-proiekturen helburua.

Euskal Herriko Unibertsitatean, Ibaien Ekologia Laborategiak arlo horretako bi proiektu ditu martxan: bata orbelaren erabileraren inguruan (RIVFUNCTION) eta bestea metabolismoaren inguruan (METATOOL).

RIVFUNCTION delakoan, Europa osoko 10 unibertsitate ari dira lanean, eutrofizazioak (mantengaien ugartzeak) eta ibar-basoen degradazioak orbelaren deskonposizioan duten eragina aztertzen.

Deskonposizioa materia organikoa degradatzeari deritzo, eta ibaiak iristen zaion materiala erabiltzeko duen gaitasuna islatzen du. Ibaira orbela iristen denean, ornogabeek eta mikroorganismoek (onddo eta bakterioek) hura erabili eta deskonposatu egiten dute.

Orbela deskonposatzeko gaitasuna, erreketako funtzio garrantzitsua izateaz gain, hainbat estresekiko oso sentikorra da. Gaitasun hori neurtzeko, orbelez betetako sareko poltsak jartzen dira ibaian. Bi motatako poltsak erabiltzen dira: bata sare larrikoa, ornogabe zein mikrobio guztien sarrera ahalbidetzen duena, eta bestea sare xehekoa, ornogabeen sarrera eragozten duena. Hala, poltsak denbora batera jaso, geratzen den orbel-kantitatea neurtu, eta ornogabeek eta mikrobioek orbelaren deskonposizioan duten eragina neur daiteke.

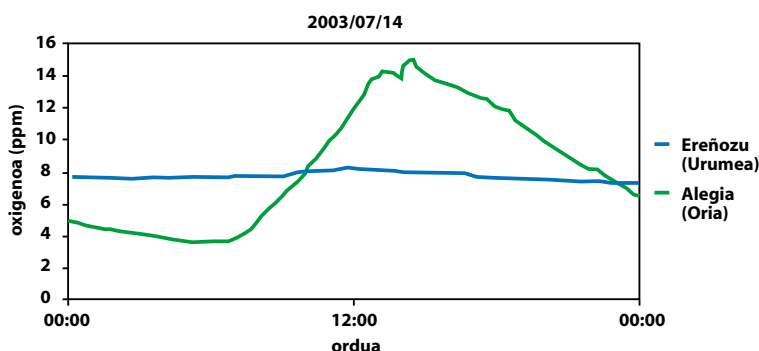


O. IZAGIRRE

O. IZAGIRRE

O. IZAGIRRE

A. ELLOSEGI



Urumea ibaian (Ereñozu, ezker aldean), uren kalitatea oso ona da; 2003ko udan algak oso urriak ziren, eta oxigenoa kontzentrazio altuetan mantendu zen. Oria ibaiak, berriz, (Alegia, eskuinaldean), mantengai-kantitate handiak jasotzen ditu. Uda hartan algen ekoizpena izugarria izan zen, eta oxigenoak egunez balio oso altuak zituen arren, gau ez minimoetaraino jaisten zen.



A. ELOSEGI

Deskonposizioa neurtzeko erabiltzen diren orbel-poltsak. Ibai-hondoetan ezartzen dira sarezko poltsa hauek, orbel-masa jakin batekin beteta.

Euskal Herriko Unibertsitatean mantenugai ez-organiko gehiegi duten ibaien disfuntzioa detektatu ahal izan dute, horietan mikrobioen eragina nabarmen handitu baita. Bestalde, eukaliptoz inguratutako ibaietan orbelaren deskonposizioa ibar-baso naturalez inguratutakoetan baino geldoagoa dela egiaztatu dute, eta kasu horretan ornogabeak dira erantzuleak. Proiektu horretan lortuko diren emaitzekin, ibaien osasuna aztertzeke beste tresna bat izango dugu eskura.

METATOOL proiektua, berriz, ibai osoaren metabolismoaren ingurukoa da. Ibaietan metabolismoak bi atal ditu: ekoizpen primarioa eta arnasketa. Oxigenoa egun guztian kontsumitzen da, bai ekoizleen eta bai kontsumitzaileen arnasketa dela eta, baina egun-argiz algek materia organikoa eta oxigenoa ekoizten dituzte. Hala, ekoizpen- eta arnasketa-tasen balantzearen arabera, uraren oxigeno-kontzentrazioa aldatuz doa.


Ubidera mantenugai eta argi gehiegi iristen bada, ekoizle primarioak ugaritu egiten dira eta oxigeno-kontzentrazioa balio oso handietara iristen da egunez. Materia organiko hori, ordea, metatu eta usteldu egiten da, eta horrek oxigeno asko kontsumitzen duenez, gau-partean oxigeno-kontzentrazioa nabarmen gutxitzen da. Eskasia horiek oso arriskutsuak dira ibaiko bizidunentzat; izokinek, adibidez, 6 mg/l-tik gorako oxigeno-kontzentrazioak behar dituzte, eta amuarrainek 4 mg/l-tik gorakoak. Horrek guztiak kalte egin diezaioke, beraz, ibaiari.

Metabolismoa ikertzeak, ordea, badu zailtasunik. Metodologiak oxigeno-kontzentrazioa eta tenperatura denboran zehar neurtzea eskatzen du, eta, beraz,

automatizazioa beharrezkoa da. EAEn, Gipuzkoako eta Bizkaiko ibaietan, oxigenoa eta tenperatura 10 minututik behin neurtzen dituzten 21 estazio hidrometeorologiko dituzte Foru Aldundiek. Azpiegitura horren bidez lortutako datuak erabiltzeko aukera ikusirik ekin zion EHUko Ibaien Ekologia Laborategiak metabolismoaren inguruko proiektu horri. Oxigenoaren datuak landuz, ekoizpen primarioa eta arnasketa-tasak kalkulatzear gain, algen laginketak ere egin dira, haien biomasa eta komunitatearen konposizioa aztertzeke asmoz. Hala, metabolismoak eta ekoizle primarioek ibaien ezaugarriekin duten erlazioa aztertu, eta ibaien funtzionamendua denbora errealean aztertzeke tresna berri bat sortu nahi da. Isurketa bat gertatzen den une berean ekosistemak nola erantzuten duen neurtzeke balioko luke horrek, besteak beste.

Euskal Herriko Unibertsitatean mantenugai ez-organiko gehiegi duten ibaien disfuntzioa detektatu ahal izan dute.

Adibidez, 2003ko uda oso beroa eta lehorra izan denez, ekoizpen primarioa oso altua izan da, eta algakantitate izugarriak garatu dira estazio eutrofikoenetan. Ondorioz, oxigeno kontzentrazioek egunean zehar gorabehera handiak jasan dituzte. Estazio garbienen kasuan, oxigeno, kontzentrazioak altu mantendu dira, ibaiaren osasun onaren seinale; halaber, badira poluzio handia dela eta oxigeno-kontzentrazio oso txikiak dituzten estazioak ere.

Deskonposaketari eta metabolismoari buruz ez ezik, beste hainbat funtziori buruz mundu osoan egiten ari diren ikerketen bidez, funtzioak aztertzeke tresna egokiak garatzea espero da. Tresna horiek administrazioen eta ur-kudeatzaileen esku izango dira hementdik urte batzuetara, eta ibaien osasunaren azterketa sakonagoak egin ahal izango dira. Ea Uren Arteztarau berriaren helburuak lortzen ditugun, eta, tresna berri hauek erabiliz, gure ondorengoek ibai osasuntsuagoak dituzten. 

BIBLIOGRAFIA

- EUROPAKO PARLAMENTUA
Europako Parlamentuaren eta 2000ko urriaren 3ko kontseiluaren 2000/60/CE Ur Arteztaraua. (kontsultadata: 2003ko urriaren 20a). 2000.
<http://europa.eu.int/eurlex/pr/i/es/oj/dat/2000/l_327/l_3272001_222es00010072.pdf>.
- BOULTON, A.J.
"An overview of river health assessment: philosophies, practice, problems and prognosis"
Freshwater Biology, 41: 469-479. 1999.
- GESSNER, M.O. & CHAUVET, E.
"A case for litter breakdown to assess functional stream integrity"
Ecological Applications, 12(2): 498-510. 2002.
- UEHLINGER, U., KÖNIG, C. & REICHERT, P.
"Variability of photosynthesis-irradiance curves and ecosystem respiration in a small river"
Freshwater Biology, 44:493-507. 2002.
- RALLO, A.
Caracterización hidrobiológica de la red fluvial de Álava y Gipuzkoa. Eusko Jaurlaritz, 1992.

Replikantearen jazz-arima

Aitzol Ezeiza

Karmele López de Ipiña

Montxo López de Ipiña

Sistemen Ingeniaritza eta Automatika Saila
IIT eta ITT Unibertsitate Eskola. EHU

Atea jo dute. Butano-banatzailea da. Larunbatean solasean aritu ginen, benetan atsegina da. Baina zer ari da hemen ordu hauetan? Bonbonarik ez dut behar, egia esan.

- Gabon! Sentitzen dut ordu hauetan etortzea, baina... – Arkumetxo-begi horiek jarri dizkit - ...larunbatean giltza ingelesa ahaztu nuen hemen.

Itsumustuan, musuka sutsu hasi gara.

Txunditurik nago gertatzen ari denarekin.

Gizon ideala da! Hmmm, hain gozoa...

-Eta hemen duzun orin hau?- galdetu diot, bularrean duen biribiltxo bat laztanduz.

-On/Off botoia da - erantzun dit, irribarre konplize batez.



IRUDIAK: MONTXO LÓPEZ DE IPIÑA

2001: Odisea espazioan film ospetsuan HAL makina adimentsuak jendea zur eta lur utzi zuenetik, interes handia dago konputagailuen arrazoitzeko eta komunikatzeko ahalmena dela eta. Hasiera batetik, iker-tzaileak filmean azaltzen diren elkarrizketa eta arrazonomenduak lortzeko erronka handiaz ohartu ziren, baina zientziako lorpen gehienek antzera, ez zuten berehala amore eman, eta hainbat alorretan garapena pausoz pauso egiteari ekin zioten, oinarri sendoak lortzeko asmoz eta bidean helburu eta aukera berriak aurkituz. Adimen artifiziala filmetan agertzen diren konputagailuen antzerakoak garatzeko artea dela esan ohi da.

Konputagailuak alferrikakoak dira.

Erantzunak besterik ez dizkizute ematen

Pablo Picasso

Oro har, bai zientzialarien artean, bai bestelakoen artean, makinen 'gizatasunaren' inguruko eztabaida oso zabalduta dago. Jende gehienak uste du makinak ez direla helduko gizakien pareko izatera, horretarako beharrik ere ez baitago, behar hori ez dagoelako ere, baina horien aurrean badira ameslari tematiak horren alde lan egiten. Korrontearen aurka igeri egiten arren, alde dute konputagailuen eboluzioaren abiadura eta arrakasta. Orain dela urte gutxi, pentsaezina zen gaur egun konputagailuek egiten dituzten ataza



Konputagailuek ez dute ulertzen gizakiaren jokaera, eta horrek frustrazio handia sortzen die erabiltzaileei.

jakin batzuk egiteko ahalmena izango zutenik. Artikulu honetan, konputagailuen adimena eta sentimena garatzeko jarraitzen ari diren bideak aztertuko ditugu, eta etorkizunera begira leihatila bat ireki. Leihatila horretatik, lagun egingo diguten robot maitekorrak, itsuei ikusten lagunduko dieten betaurrekoak eta matematika-ariketak gaizki egiten dituzten siliziozko ikasleak ikusiko ditugu.

Konputagailuen garapenaren historiaren hasieratik, makinaren hobekuntza helburu izan da, ataza berriak egiteko ahalmen handiagoa izateko. Alan Turing matematikari ingelesa izan zen lehenengoa funtzio anitzeko makinak proposatzen. Funtzio bakoitzera-ko makina bat garatu ordez, funtzio asko egiteko ahalmena izango zuen makina proposatu zuen. Ideia hori metodologia moduan garatu zuen Herbert Simonek (1978ko Nobel sariduna). Gaur egun metodo konbentzionala esaten zaio metodologia horri.

Metodo hori erabiliz, erabakiak hartzeko erregelak erabiltzen dituzten makinak garatu dira. Erregelak zenbat eta garatuagoak izan, makinak gero eta adituagoak izango dira. Ikuspegi hori erabiltzen da, besteak beste, sistema aditueta eta jokoetan. Makina

horiek adimen espezializatua daukate, eta aditu baten erabakiak simulatzen saiatzen dira. Adibidez, tenperatura eta presio atmosferikoari buruzko informazioa emanez eguraldia iragarriko duen makina bat erregelen bitartez egikari daiteke (adibidezko arau bat: “tenperatura 5 °C baino baxuagoa bada eta hodeitua badago, elurra egingo du”). Ziur aski, makina horrek adituek bezainbeste asmatuko luke, ezer gutxi.

Metodo konbentzionalaren osagarria metodo konexionista da. Metodo horrek proposatzen du gizakien burmuinaren sare neuronalen egituren funtzionamendua eredutzat erabiltzea. Metodo horrekin garatutako makinek testuinguru jakin batean esperientziaz lortutako ezagutza erabiltzen dute erabakiak hartzeko. Metodologia horretan ez dira erabiltzen erregela itxiak; egitura irekia da eta sistemak esperientziaz ikasteko gaitasuna du. Makina horiek jasotako estimuluetatik ikasten dute, eta ikasteko ahalmen hori etorkizunean erabil dezakete, gizakien kognitibaren antzerako jokaera izanik.

● Erregelak zenbat eta ● garatuagoak izan, orduan eta adituagoak izango dira makinak.

Ikasketa-prozesu horretan, makinek, gizakiok bezala, inguruan agertzen diren datuak jaso behar dituzte, baina, gizakien antzera, datu horiek prozesatzeko ahalmena izan nahi badute, emozioak garatzeko ahalmena izan beharko lukete. Herbert Simonek berak 1967an

Adimenaren funtzioetako bat arrazonamenduaz soilik fidatzeak dakarren arriskuaz ohartzea da.

Axel Munthe



jadanik nabarmendu zuen pentsamenduaren eta erabaki-hartzearen teoriak emozioak kontuan izan beharko lituzkeela. Antonio Damasio neurologoak frogatu zuen emozioak sentitzeko ahalmen fisiologikoa galduta zuten gaixoei erabaki arrazional penagarriak hartzen zituztela. Exekutibo erasokor hotzenak ere emozioak erabiltzen ditu bere erabakiak hartzerakoan.

Adimen artifizialak eta konputagailuen zientziak orain arte garatu dituen sistema gehienak arrazonamendu logiko hutsean oinarrituta daude. Hori bat dator makinak inozoak baina oso azkarrak direneko topi-

koarekin. Erregela jakin batzuekin ondorio logiko bat ondorioztatzen dute. Aldiz, gizakiok emozioak kontuan hartzen ditugu gure erabaki guztietan, eta komunikazioan ere emozioaren elementu hori kanporatzeko ahalmena dugu.

Emozioak izateko ahalmen hori konputagailuetan nola garatzen den gizakiaren garunaren egiturak azaltzen du. Neuropsikologoaren arabera, nerbio-sistemaren egitura nagusia, garuna, hiru mailatan banatuta dago: bizkarrezurretik hurbilen dagoen atalak barne-sistemak kontrolatzen ditu; horren gainetik

Androidearekin hitz egiten

Sistema automatikoen erabilera gero eta ohikoagoa da gure ingurunean, aurrerapen teknologikoa eguneroko kontua den enpresa edo unibertsitate inguruneetan ez ezik, norberaren etxean ere. Sistema automatiko baten helburu nagusia erabiltzaileari zenbait eginkizun erraztea eta haren bizi-kalitatea hobetzea da. Makinen eta gizakien elkarrekintzaren naturaltasuna funtsezko eragilea da. Horregatik, erabiltzailearen ahalegin handiegia eskatzen duenean, amore ematen du, sistemara egokitzea behartuta ez badago behinik behin.

Erabiltzaileak erakartzeko, produktuek ahozko komunikazio naturala eskain dezakete. Oinarrizko urrats asko aurreratu dira, eta, konputagailuak egin behar duen lanaren zailtasunaren arabera, helburu sinpleenak eskura ditugu jada, beste ataza batzuk oraindik lantzen ari badira ere. Hizketa-tratamenduaren teknologia makinei ahozko komunikazioaren gaitasuna emateko

helburuarekin jaio zen, eta azken urteotan garapen handia izan du.

Sistema horiek beren helburuak komunikazio naturalaren bila zabaldu dituzte, elkarrizketa eta bat-bateko hizketa arloak arrakastaz jorratuz, erabiltzailearen lengoaiaren gaineko mugak minimoak izanik. Elkarrizketa-sistemak giza komunikazioa emulatzeko saiatzen dira, bi norabidetako giza makina interaktiboa gauzatuz murrizketa ahula duten mezuen bidez. Esatarriak ez du hiztegi mugatuko sistemak eskatzen dituzten murrizketekin topo egingo, eta lengoia arrunta erabiltzeko aukera izango du. Hori ez da gertatzen gaur egun, adibidez, telefono-operadoreak ordezkatu nahi dituzten informazioarako sarbide

Lengoia gizakiaren adimenaren ispilua da, kontzientziatik haratago dauden operazioen bidez banakako bakoitzean berriz sortzen dena

Noam Chomsky

telefonikoekin. Etorkezunean, *Berria*-ren Harpidedunen Kioskora deitzean, "Aimarren partidarako sarrerak lortu nahi nituzke" bezalako esaldiak ulertu ahal izango ditu operadoreak. Horrelako sistemei bat-bateko hizketaren eza-gutzarako sistemak (*Spontaneous Speech Recognition, SSR*) esaten zaie, eta hizlaria ez dute behartzen bere lengoia murriztera.

Beste ildo batean, elkarrizketa-sistemen kasurik sinpleena galdera-erantzun sistemena da (*Question Answering*). Ingelesean badira sistema aurreratuak, baina euskaraz lehenengo prototipoak lantzen ari dira oraindik. Konputagailu batekin elkarrizketa izatekin urrun gaude gaur egun, baina ikerkuntza horretara zuzendurik dago, eta dagoeneko hasi dira lantzen naturaltasuna lortzeko ezinbestekoak diren ezaugarriak, bai kognitiboak, bai emozionalak.

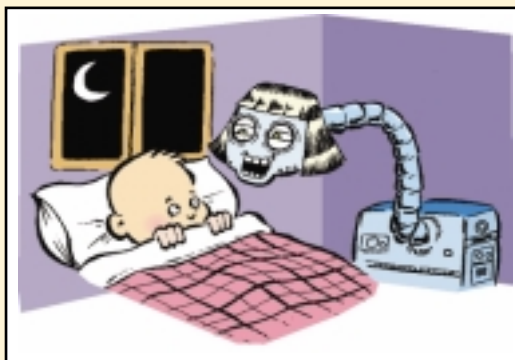
Dena den, galdera-erantzun sistema bat horretatik urrun dago, Picassok zioen bezala, erantzunak besterik ez ematea ez baita komunikazioa. Oraindik ez da iritsi makinek gurekin bihotzez hitz egingo duten eguna. Gainera, batzuetan gizakiok gai gara hitzik gabe elkar ulertzeko, eta, ziur aski, zailtasunak izango dira horrelako komunikazioa lantzeko.

- Ge-hie-giz-ko a-bi-a-du-ra. Be-rre-hun eu-ro-ko i-su-na.
Ertzaina automatikoak isuna jarri dit. Nola azalduko diot presaka nabilela, etxera berandu noala? Ez dute erantzun ere egiten.
Adimen pixka bat gehiago jarri izan baliete...



Abatarrak eta errealitate birtuala

Errealitate birtualak etorki-zun handia du aplikazio anitzetan. Joko errealak egiteko aukera emateaz gain, gure ametsak bideratzeko aukera eskainiko digu (bidaia birtualak), eta, zergatik ez, lan profesional jakin batzuk egiteko aukera ere eskainiko digu; hala nola, operazio kirurgiko birtual bat egitea ala aurreikuspen ekonomikoak egitea.



Errealitate birtualak oinarritzko bi elementu ditu: eszenatokiak eta pertsonaiak. Bietan, adimen artifizialaren kontzeptuak oinarritzkoak izaten dira, batetik, eszenatokiak eta istorioak definitzeko eta, bestetik, pertsonaiak definitu behar direlako.

Pertsonaiak abatarraren bidez definitzen dira. Abatarrak faksimile grafikoak dira, gehienetan pertsonaia baten aurpegia adierazten dutenak. Kultura hinduak definizio ederra du

hitz horrentzat: "jainko berraragiztatu". Sormenaren ikuspuntutik ikusita, oso interesgarria da bi definizioen integrazioa. Nola lortu faksimile grafiko bat aldi beran jainko berraragiztatu izatea? Sortzaileak bere arima transmititu behar dio abatarrari. Errealitate birtualean, mundu ideala sortzea ezinezkoa litzateke sentimendurik gabe, emoziorik gabe, arimarik gabe. Azken finean beste gizakion mundu paraleloa izatea nahi delako.

Abatarrak aplikazio askotan erabiltzen dira, bereziki erabiltzailearekin elkarreragin afektiboa izan behar denean. Horietako bat ipuin-kontaketa (Storytelling) automatikoa da. Etorkizunerako ikerlerro horrek baditu bere aitzindariak, baina oraindik sail ia landugabea da. Gai hori sormen artifizialarekin estu loturik dago. Ipuin-kontaketa automatikoa, interaktiboa eta birtuala jorratzen du. Konputagailuak ipuina kontatzen du, eta erabiltzaileak parte-hartze guztiz aktiboa dauka istorioan haren aginduen bidez. Horretan oinarritzko zenbait osagai daude: ipuina edo istorioa, interfazea (batzuetan abatarrak erabiltzen dira) eta istorioaren zuzendaria. Ipuina bideratzeko, ipuinaren planifikazioa edo istorioa izaten da, baina erabiltzaileak elkarreragiteko aukera dauka istorioan zehar.

dagoenak, hipokanpoak, pentsamenduaren kontrola, pertzepzioa eta emozioak bideratzen ditu; eta, azkenik, kortexak inguratzen duen materia grisak, garunaren atal handienak, beste funtzio guztiak egiten ditu. Atal hori bi zati simetrikotan banatuta dago, eskuineko eta ezkerreko hemisferioak.

Eskuineko hemisferioan, garunaren emozioekin zerikusia duten zeregin jakin batzuetaz arduratzen diren atalak daude: intuizioa, olerkigintza, kantatzea, erritmua, irudikatzea, ideia berrien sormena, etab. Hemisferio sortzaile eta sentikortzat hartu ohi da. Ezkerreko hemisferioan, berriz, arrazonomendurekin lotura duten zereginen atalak aurkitzen dira, besteak beste: erreazio kontrolatuak, hierarkian oinarritutako egiturak, kausa-efektu ulermena, antolatzea, kalkulua, analisi matematikoa, etab. Hemisferio logikoena dela esan ohi da.

Neuropsikologoek oraindik eztabaidak badituzte ere, frogatutzat ematen da gizakiaren garunaren bi hemisferioek zeregin ezberdinetarako atalak izan badituztela. Baina, era berean, azterketa sakonek argi adierazten dute bi hemisferioen arteko elkarreragina handia dela eta pentsamendu-prozesuetan biek batera parte hartzen dutela. Orokorrean, jakintzat ematen da hipokanpoak –garunaren atal emozionalena– garunera heltzen diren estimulu guztiak koordinatzen dituela eta erantzunak ere gauzatzen dituela. Pentsamenduek eduki emozional handia dute beti. Garai bateko teoria

androzentrikoek defendatzen zuten hemisferioak maskulino eta femenino gisa banatzen zirela, emakumeak emozionalak eta irrazionalak zirela esanez eta gizonezkoak arrazionalak eta argiakoak. Baina horretan ere, beste guztietan bezala, oker zebiltzan. Pertsona orok emozioei jarraituz arrazonatzen du, banakako bakoitzaren izaeraren berezitasunekin.

● **Adimen artifizialak orain arte garatu dituen sistema gehienak arrazonomendu logiko hutsean oinarrituta daude.**

Orain arte, adimen artifizialak gehien landu duen arloa garunaren ezkerreko hemisferioak betetzen dituen eginkizunen ingurukoa izan da. Antolakuntzarako eta arrazonomendurako erregela arrazionalak ezartzen zaizkio sistemari, eta adituen informazio prozesatzen da, emaitza logikoak lortzeko helburuarekin. Horregatik, zenbait alderdi aztertzeke geratu dira, eta makinek, erabakiak hartzean, ez dute emozioek eskaintzen duten aberastasuna. ➔

Roboten arima

Arimaz hitz egitea arriskutsua da teologoen aurrean, baina, dena den, gizatasunaren ezaugarrien multzoari buruz aritzen garenean arima hitza erabili ohi dugu. Horri helduz gero, Sasex robotak arima duela esan dezakegu, jazerako arima behintzat bai. Adimen artifiziala erabiliz, jazz-melodiak interpretatzeko gai da. Robot hori, bere sormenari esker, saxoa jotzen birtuosoa da. Robotak, unean uneko emozioen arabera, sentimendu desberdinez jotzen du pieza musikalak. Musikazale askoren ustez, hori

Kepa Junkerak egiten duena baino gehiago da.

Beste adibide batzuk Sonyk garatutako robot dantzaria edo txakur-robotak dira. Etxe horren azken produktua, QRIO robotak, bi hankaren gainean ibiltzen da, eta gizakion ezaugarri asko ditu; izan ere, lagun egiteko diseinatuta dago.

Azkenik, badago zientzia berri bat makinek kontzientzia izatea lor dezakeena: Bioinformatika. Zientzia horrek zelula biziak ordezkatu dituzten txip programatuak erabili nahi ditu. Hori

bai, helburua ez da gizakiak makinekin ordezkatzea, gero eta robot naturalagoak garatzea baizik.

Gauzak asko aurreratu dira, teknologiak asko laguntzen gaitu orain, baina gizatasuna falta da. Eguneroko bizitzan makinaz inguratirik gaude, baina makinek ez gaituzte hunkitzen, ez gaituzte ulertzen. Konplizitate horren falta sentitzen da. Asmatu behar duten robotak horrelakoa izan behar du: begiratzen zaituenean zer behar duzun dakiena.

Ametsek eta kuriositateak izan behar dute zientziaren motorra. Galduta behar ez den ikuspuntua emozioen eta sentimenduen integrazioarena da. Emozioek berebiziko garrantzia dute gizakion erabaki-sisteman, eta horrek isla izan beharko du makinaren erabakiak hartzeko moduan.

Medikuen, psikologoaren, filosofoen, teknikarien eta artisten arteko elkarlanak adimen artifizialaren garapena areagotzea lor dezake, dudarik gabe, eta gaur egun garapen hori geldiarazten duten mugak gainditu. Horrela, baliteke egunen batean makinak sentikorak izatea, gozoak izatea eta, nork daki, arimadunak izatea.



Hurbilpen horrek gabezia handiak sortzen ditu gaur egungo konputagailuetan. Konputagailuek ezin dute datu hotzetatik haratago ikusi, eta emozioek eskaintzen duten bizi-esperientziak ezin dituzte erabili gizakion jarrera ulertzeko. Hori gutxi balitz bezala, ez dute ulertzen gizakiaren jokaera, eta horrek frustrazio handia sortzen die konputagailuen erabiltzaileei. Hori bai, konputagailu guztiek gizakion ezaugarrietako bat badute behintzat: gutxien espero duzunean erratzeko joera hori, denok sufritu duguna sarritan.

Zorionez, azken hamarkadetan lan eskerga egin da adimen emozionalaren inguruan. Gero eta garrantzi handiagoa ematen zaie emozioei, eta horrek bidea irekitzen du gizakien antzerako konputagailuak egiteko. Gizatasuna edo arima osatzen duten ezaugarriak, komunikazio naturalerako ahalmena, sentimenduen garapena, erreakzio espontaneoak, ustekabeko jokaera, etab. Gainera, gero eta gehiago aplikatzen da logika lausoa (fuzzy logic), non balioak ez diren egiazkoa ala faltsua; gizakion logikan bezala, erdiko balio ugari

● **Emozioei ematen ari zaien garrantziak bidea irekiko du gizakien antzerako konputagailuak egiteko.**

daude aukeratzeko bi muturren artean. Makinen ezaugarri naturalak garatzeko bidea irekia dago, eta noizbait filmetan agertzen diren androideen moduko robotak egingo dira lan horiek aurrera eginez gero. □

BIBLIOGRAFIA

Alan Turing home page.
www.turing.org.uk/turing/

ROSALIND PRICARD.
Affective Computing,
MIT Press.

JEAN BERKO GLEASON &
NAN BERNSTEIN RATHER
Psicología.
Mc Graw Hill. 2000.

MIT Artificial Intelligence
Laboratory.
<http://www.ai.mit.edu/>

Artificial emotional
creatures project.

www.aist.go.jp/MEL/soshiki/robot/biorobo/shibata/aec.html

Kafeina: behar bihur daitekeen plazera

Aitziber Mendiguren
Luis F. Callado
Joseba Pineda
Farmakologia Saila
Medikuntza Fakultatea. EHU

Kafeina da mundu osoan gehien erabiltzen den substantzia psikoaktiboa. Hala ere, estimulatzaile hau drogatzat har daitekeen ala ez eztabaidagai da oraindik.

Azken urteetan kafeinaren eraginei eta mekanismoei buruz zalantza ugari sortu dira. Era berean, kontraesan asko agertu dira kafeinak menpekotasuna sortzeko daukan ahalmenaz. Artikulu honetan kafeinaren inguruko azken ikerketa zientifikoek emaitzak aztertuko dira; substantzia honen kontsumoari, menpekotasunari, abstinentzia-sindromeari eta eragin indartzaileei buruzko azken datuak aurkeztuko dira, anfetaminaren edo kokainaren moduko beste estimulatzaileekin konparatuz kafeinak dituen antzekotasunak eta ezberdintasunak azpimarratzeko asmoz.

Kafeina kafean ez ezik tean, kakaoan eta kolan ere aurki dezakegu. Aipaturiko substantzia horien guztien kontsumoa antzinatik dator. Esate baterako, orain 4.700 urte inguru Txinan tea kontsumitzen zen. Kafe-landarea, aldiz, Etiopiatik hedatu zen, eta handik Arabiara eta Indiara pasatu omen zen, ziur aski Mekara joaten ziren erromes musulmanei esker. Hala ere, kafearen hedatzailerik garrantzitsuenak herbeheretarrak izan ziren. Izan ere, beren kolonietatik Europara eraman zituzten lehen kafe-landareak eta handik Guyana holandarrera, Brasilerara eta Hego Amerikara hedatu ziren.



ARTIBOKKA

Kakaoak, berriz, alderantzizko bidaia egin zuen. Kakao hitza maien hizkuntzatik dator; *Cac*-ek, gorria esan nahi du (kakao-oskolaren kolorea, hain zuzen) eta *cau*-k indarra eta sua adierazten ditu. Amerika konkistatzearen ondorioz, kakaoa Europara heldu zen, beste fruitu berri batzuekin batera. Hala ere, XIX. mendearen hasieran txokolatearen industriaren garapenari esker zabaldu zen erabat kakaoaren kontsumoa.

Nola eragiten dio organismoari?

Oro har, kafeina substantzia estimulatzailea edo kitzikantzailea da. Beraz, nekea eta logura gutxitzen ditu, eta zenbait lan egiteko gaitasuna handitzen du. Dosi handietan, berriz, kafeinak urduritasuna, egonezina, loezina, takikardia, diuresia, aurpegiaren gorritasuna eta digestio-aparatuaren asaldurak eragin ditzake. Kafeinak sortutako



Kafe-landarea Etiopiatik hedatu zen mundu osora. Kakaoa, berriz, Ameriketatik iritsi zaigu. Orain 2.500 urte maiek kakaoa landatzen zuten.

intoxikazioetan, giharretako uzkurdurak, bihotz-arritmiak eta astinaldi psikomotorra ager daitezke. Hala ere, egingako ikerketa guztiek frogatzen dute kafeina neurritz kontsumitzeak ez duela eragin toxikorik sortzen. Gainera, alkoholak eta nikotinak ez bezala, kafeinaren kontsumoak ez du asaldura organiko larriarik sortzen epe luzean eta dosi ertainetan.

Gizakien kasuan, kafea aho-bidez hartuta, kafeinaren odol-kontzentrazioa handiena 30-45 minutura lortzen da. Kafeinaren erdibizitza (odol-kontzentrazioa erdira jaisteko behar den denbora) 3 ordukoa da gehienetan, baina jaioberrietan (entzimen eragina txikiagoa baita), antisorgailuak hartzen dituzten emakumeetan edo haurdunaldiaren lehenengo hiru hilabeteetan luzeagoa izan daiteke. Erretzaileetan, ordea, kafeinaren erdibizitza % 30-50 laburragoa da.

Kafeinaren efektu garrantzitsuena adenosinaren eragina oztopatzean datza. Adenosina nerbio-sistema zentraleko hainbat gunetan neuromodulatzaile gisa eragiten duen nukleosido endogenoa da. Nukleosido horrek, bere hartzaileak aktibatuz (hartzaile adenosiniko izenekoak, hain zuzen), neuronen kitzikapen-erritmoa moteltzen du, eta, horren ondorioz, transmisio sinaptikoa gutxitu eta neurotransmisore gutxiago askatzen dira. Kafeina hartzaile

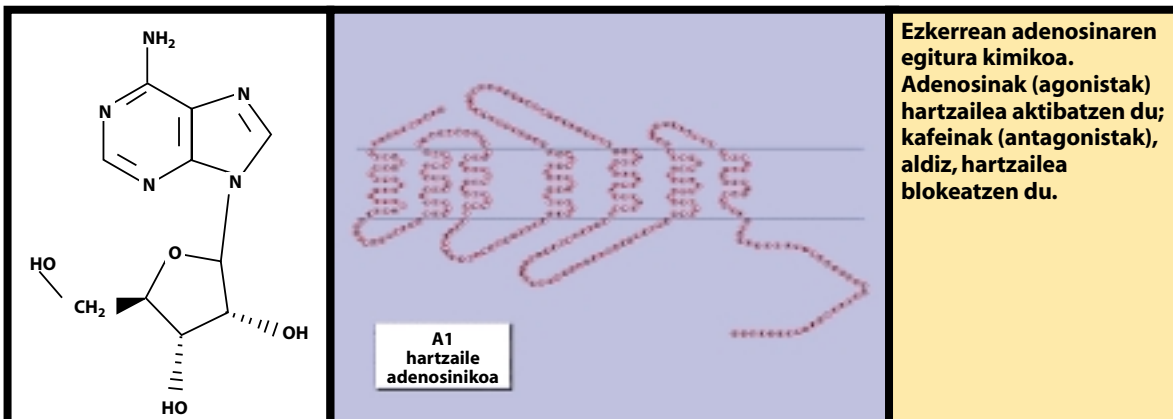
adenosinikoen antagonista da, eta, beraz, adenosinaren eraginak oztopatzeko hartzaile adenosinikoek hartzen dute parte kafeinaren eraginetan. A_1 hartzaileak garun osoan hedatuta daude, baina kantitate handienak hipokanpoan, talamoan eta garuneko zein zerebeloko azalean daude. A_{2a} motakoak, aldiz, gorputz ildaskatuan, *accumbens* nukleoan eta usaimen-erraboilean soilik daude.

Gizakien kasuan, kafea aho-bidez hartuta, kafeinaren odol-kontzentrazioa handiena 30-45 minutura lortzen da.

Ikerketa batzuen arabera, A_{2a} hartzaile adenosinikoen eta D_2 motako hartzaile dopaminergikoen artean elkarrekintza dago. Horien arteko gorputz ildaskatuko interakzioa metilxantinak portaeran dauzkan zenbait eraginaren erantzule izan daiteke. Izan ere, adenosinak hartzaile dopaminergikoen aktibazioa oztopatzeko du. Kafeinak, beraz, adenosinaren eragina antagonizatzen duen heinean, neurotransmisio dopaminergikoa bultzatzen du. Mekanismo hori, kafeinaren zenbait efektu fisiologikorekin lotuta egoteaz gain, menpekotasunaren errudun ere izan daiteke.

Kafeinaren bila kontrolik gabe

Substantzia batek menpekotasuna sortzen duen ala ez esateko, drogatzat jotzen direnek bete beharreko baldintzen zerrenda bat kaleratu du Munduko Osasun Erakundeak. Ezaugarri horien artean, askatasunez droga uzteko zailtasuna, drogaren inguruko bizimodua egitea, abinentzia-sindromea, tolerantzia eta errefortzua daude.



Menpekotasun fisikoa

Abstinentzia-sindromeak eta tolerantziak osatzen dute menpekotasunaren osagai fisikoa. Animalietan, ikerketa batzuek frogatu dute kafeinaren administrazioa etetean abstinentzia-sindromearekin erlazionaturiko zeinu kliniko batzuk ager daitezkeela. Izan ere, badirudi kafeina hartzeari utziz gero, mugitze-jarduera zein errefortzu-portaera gutxitu egiten direla. Kafeinak eragindako abstinentzia-sindromea kafeinaren dosiaren eta tratamenduaren iraupenaren arabera da. Aipaturiko zeinu klinikoan adierazpen nabariena hartutako azken kafeina-dositik 24-48 orduren buruan gertatzen da animalietan.

Gizakietan ere, laborategiko animalietan bezala, abstinentzia-sindromea gertatzen da. Kasu horretan, zeinu kliniko hauek agertzen dira: buruko mina, ahulezia, logura, depresioa, kontzentrazioa galtzea, lan egiteko zailtasuna, nekea, tentsio muskularra handitzea eta suminkortasuna. Normalki, gizakietan zeinurik nabariena kafeinaren administrazioa eten eta 20-48 ordura azaltzen dira. Dena dela, gizaki batzuetan abstinentzia-sindromea iraunkorragoa edo azkarragoa izan daiteke. Badirudi, animalietan ez bezala, gizakietan abstinentzia-sindromea ez dagoela egunean zehar hartutako kafeina-kantitatearekin lotuta.

● Abstinentzia-sindromearen zeinurik nabariena administrazioa eten eta 20-48 ordura azaltzen dira.

Jakina da abstinentzia-sindromean gertatzen diren zeinu kliniko asko drogak berak organismoan dituen eragin kontrakoak izaten direla. Kafeinak baso-uzkurdura eragiten du, eta, hala, garuneko odol-fluxua gutxitu egiten da. Ildo horretatik, ikerketa batzuek frogatu dute kafeinaren abstinentzia-sindromean agertzen den buruko mina bat datorrela odol-fluxuaren igoerarekin. Gainera, badirudi emakumeek gehiagotan nozitzen dutela buruko mina. Halaber, zahartzaroan, sindromean agertzen den buruko mina murriztu egiten da. Aipatzekoa da, gainera, kafezale sutsuen haur jaioberriek abstinentzia-sindromea jasan dezaketela.

Bestalde, farmako batekiko tolerantzia gertatzen denean, farmakoak eragin ditzakeen efektuak gutxitu egiten dira. Zenbait ikerketak diotenez, animalietan zein gizakietan kafeinaren administrazio kronikoak tolerantzia sortzen

Kafeina gure dietan

Egunero hartzen ditugun elikagai askok dute kafeina (kafea, tea, txokolatea, kolazko edariak...). Hala ere, kafeina-kantitatea ezberdina da batzuetan eta bestetan; kafea da kafeina gehien duena, eta kola gutxien duena. Orokorrean, eguneko batez beste 76 mg kafeina hartzen dugula zenbatetsi da. Nolanahi ere, kantitate hori aldatu egiten da herrialdearen arabera. Umeek hartzen duten kafeinaren % 55 edari freskagarrietatik dator, % 35-40 txokolatezko produktuetatik eta gainerako % 5-10 kafetik edo tetik. Horrez gain, katilukada bat kaferen kafeina-kantitatea oso ezberdina izan daiteke prestatzeko eraren eta kafe-motaren arabera (Arabica edo Robusta).

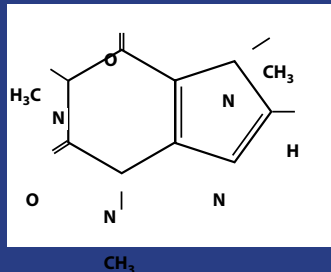
Ikerketa epidemiologiko guztien arabera, gero eta kafeina gehiago kontsumitzen da mundu osoan. Lurralde pobreetan, kafeina duten elikagaien kontsumoa amaigabeko lan-saioei ekiteko ezinbesteko errefortzu edo sabel hutsa engainatzeko tresna bihurtu da; lehen munduko herrialdeetan, berriz, estresari aurre egiteko estimulatuzaile baten beharrea oinarritu da kontsumoa. Azken horren isla da kafeina ugari duten edari energetikoak agertzea. Edari horien osagaien artean, kafeina bera ez ezik, kafeinaren iturri diren beste substantzia batzuk ere aurki ditzakegu, guarana eta kola, esate baterako.

du hainbat efektuekiko. Animalietan, kafeinak portaeran eragiten dituen efektu batzuekiko tolerantzia gertatzen da, mugitze-jardueraren estimulazioarekiko kasu. Tolerantzia hori azkar sortzen da, eta gurutzatua da beste metilxantinekin, baina ez anfetamina bezalako estimulatuzaileekin. Hau da, kafeinarekiko tolerantzia gertatzen baldin bada, beren konposaketan metilxantina egitura kimikoa duten beste droga batzuekiko ere tolerantzia agertzen da. Animalietan azaltzen den tolerantzia batez ere sistema dopaminergikoan gertatzen diren aldaketa biologikoetan oinarritzen da, eta ez hartzaile adenosinikoen kopuruaren aldaketetan.

Gizakietan ere, egun gutxiren buruan zenbait eragin fisiologikorekiko tolerantzia gertatzen da, hala nola, odol-presioaren eta bihotz-maiztasunaren igoerarekiko, edo adrenalinarekin eta noradrenalinarekin plasma-mailaren igoerarekiko. Ez dago argi loaren asaldurarekiko tolerantzia gertatzen den. Izan ere, kafe asko edaten dutenek kafeinak eragiten duen loezinarekiko tolerantzia nozitzen dute, baina tolerantzia hori ez da osoa. Beraz, gizakietan, tolerantziari dagokionez, orain arte bildutako datuak ez dira animalietan lortutakoak bezain garbiak, eta badirudi alde handiak daudela pertsona batetik bestera. ➔

Kafeinaren egitura kimikoa

Kafeina 1820. urtean isolatu zen. Kimikoki metilxantina familiako alkaloide bat da (1,3,5-trimetilxantina, hain zuzen), *Coffea* edo *Cacahuatl* landareen alkaloiderik nagusiena, hain zuzen. Teari buruz, berriz, nolabaiteko nahasmena egon da; haren osagai aktiboa isolatu zenean, teina izena hartu zuen. Hala ere, urte batzuk geroago egindako azterketa molekularrak argitu zuen teina ez zela kafeina besterik. Kafeinaren eraginak ikertu dituzten zientzialarien artean zenbait Nobel saridun ditugu: Hermann Emil Fischer (Kimikako Nobel saria 1902an) eta Hermann Staudinger (Kimikako Nobel saria 1953an).



Ba al dago kafeinarekiko menpekotasun psikikorik? Galdera honi erantzuteko, ikuspuntu ugari sortu dira aspalditik, askotan norberaren eskarmentuan oinarrituta eta frogarik gabe. Argitaraturiko ebidentzia zientifikoen arabera, bi ikerketa-mota ditugu: epidemiologikoak, hau da kontsumitzaileen populazio baten deskribapena egiten dutenak, eta esperimentalak, ikerketaren diseinua eta osagaien baldintzak kontrolatuz zergatiak bilatzen dituztenak bai animalietan bai gizakietan.

Ikerketa epidemiologikoak

Strain-en eta haren laguntzaileen ikerlanaren arabera, *DSM-IV* gidaliburuko menpekotasunaren irizpideak betetzen zituzten 16 lagunez osaturiko lagin batetik 7k kafeina zuten edari freskagarriak hartzen zituzten, 8k kafea eta 1ek tea. Laginaren % 75-94ek esan zuen noizbait jasan zituela kafeinarekiko abstinentzia-sindromea edo tolerantzia, eta % 81-94ek adierazi zuen kafeina hartzen jarraitzen zuela kalteak nabaritu eta kafeina kontsumitzeari utzi nahi izan zion arren. Beraz, esan genezake kafeinak menpekotasun fisikoa eta psikikoa eragiten dituela.

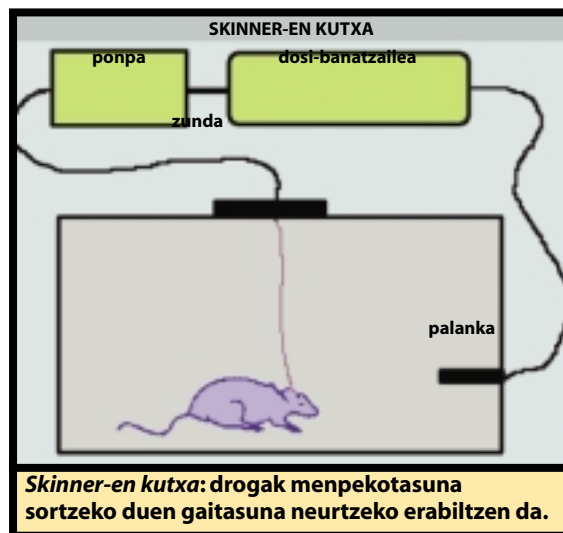
Ikerketa esperimentalak

Kafeinaren eta bestelako drogen berezitasunak ongi ezagutzeko, kontuan hartu behar dira laborategiko animalietan eginiko ikerketak. Laborategian, drogek menpekotasuna sortzen duten ala ez neurtzeko, *Skinner-en kutxa* izeneko aparatua erabili izan da. Animalia palanka, botoia edo manipulatzeko beste sistema bat duen kaiola txiki batean jartzen dugu. Animaliak eskura duen sistema hori droga, farmakoa edo beste soluzioaren bat ematen duen gailuarekin lotzen da. Horrela, animaliak palankari eragiten dion bakoitzean soluzio horren dosi bat jasotzen

du automatikoki, normalki bena barnetik, sari gisa. Farmakoaren lehenengo dosia emanda, haren eragina gogoko badu, animaliak laster ikasten du behin eta berriro gailuari eragiten, eta, hortaz, farmako horri *estimulu indartzailea* deitzen diogu. Soluzioaren eragina, atsegin ez badu, ordea, palankari eragiteari uzten dio tarte batean; soluzio horri *estimulu negatiboa* edo *neutroa* deitzen diogu. Estimulu indartzaile baten eraginkortasuna zenbat eta handiagoa izan, orduan eta gogo biziagoa izaten du animaliak palankari eragiten jarraitzeko, eta, orduan, estimuluak *autoadministrazioa* eragiten duela esaten dugu. Autoadministrazioa giza menpekotasunaren erudizat hartu izan da, eta ustezko drogak menpekotasuna sortzen duen aurreikusteko erabiltzen da. Izan ere, ohiko drogak, anfetamina, kokaina eta heroina kasu, oso eraginkorrak dira autoadministrazio-ereduan, espezie, animalia-mota eta egoera guztietan.

Kafezale sutsuen haur jaioberriek abstinentzia-sindromea jasan dezakete.

Kafeinaren kasuan, ordea, emaitzak ez dira izan hain garbiak. Zenbait ikerlanetan kafeinak autoadministrazioa eragiten du, eta beste hainbat azterketetan, aitzitik, erretortzu izateko kafeinaren gaitasuna aldatu egiten da espeziearen eta dosiaren arabera. Gainera, ohiko drogekin, animaliak esperimentuan hartzen dituen dosiak handituz joaten dira pixkanaka, baina kafeinaren autoadministrazioak ez dio mailakako ereduari jarraitzen. Izan ere, animaliak tarteka hartzen du kafeina, dosi altuetan noizean behin eta dosi txikitetan beste zenbaitetan.





ARTIBIDOKOA

Gauze lanean jarraitu ahal izateko kafea hartzeko ohitura du jende askok.

Dosiari dagokionez, gizakietan ere frogatu da kafeina-kantitateak garrantzi handia duela. Hain zuzen, katilukada bat kaferen kafeina-kantitatea (25-50 mg) estimulu indartzailea izateko nahikoa bada ere, kafeinaren dosia handitzen den neurrian (400-600 mg), estimulu negatibo edo baztergarri bihurtzen da. Azkenik, gizakietan kafeinaren autoadministrazioa norberak une horretan egin behar duenaren menpe dago. Adibidez, farmako-mota batzuk eskuragarri izanik, kontsumitzaileak kafeina duten pilulak aukeratzen ditu arreta behar duen eginkizuna betetzeko, ez bestela. Beraz, kafeina beste drogak bezala estimulu indartzailea den arren, badirudi ez dela anfetamina, kokaina edo heroina bezain eraginkorra.

Zein da menpekotasunaren oinarri biologikoa?

Ivan Pavlov errusiarra izan zen kafeinak portaeran duen eragina aztertu zuen lehenengo ikertzailea. Kafeinak estimulu guztiek, bai sari-emaelek bai negatiboek, sortutako erantzunak indartzen zituela nabaritu zuen. Esperimentu horiek eta geroago argitaraturiko beste lan batzuek baieztatu zuten kafeinak droga estimulatzaileek bezala jokatzeko duela nerbio-sistema zentralean.

Horrela, laborategiko animaliak gai dira emandako kafeina gatz-soluziotik bereizten ikasteko, baina kafeinaren eraginak eta estimulatzaileenak (kokainaren edo

anfetaminarenak) askotan nahasten dituzte. Gizakiek ere kafeinaren efektuak kokainaren efektuekin nahas ditzakete, dosi altuetan eta bena barnetik hartuz gero. Hala ere, ezin dugu ondorioztatu kafeinak eta beste droga batzuek (kokainak edo heroinak, adibidez) sortzen duten menpekotasuna parekoa denik.

Bi hipotesi ezagutzen dira kafezaleak kafea hartzeari zergatik utzi ezin dion azaltzeko. Lehenengo teoriaren arabera, *errefortzu negatiboa* gertatzen da, hau da, kontsumitzaile kronikoak kafeina duten edariak hartu behar ditu kaferik hartzen ez duenean abstinentsia-sindromea ez jasateko. Ikerketa batek frogatu du buruko minak dituztenek nekez uzten dutela kafea (buruko mina da abstinentsiaren sintomarik arruntena).

Errefortzu positiboa izeneko bigarren teoriaren arabera, kafezale kronikoa kafeinak sortzen dituen eragin atseginak bilatzen saiatzen da. Izan ere, kafeinaren efektuak positiboak eta erakargarriak izaten dira gizakietan; besteak beste, plazera, ermetasuna, adorea, lanerako grina eta autoestimazio handia. Ikertzaile batzuek jakinarazi dute eragin positiboak biziagoak direla dosi txikiak hartuz gero, batez ere kontsumitzaile kronikoak ez badira.

Kafeinak droga estimulatzaileek bezala jokatzeko du nerbio-sistema zentralean.

Zer gertatzen da, bada, gure nerbio-sisteman?

Droga hartzeak berehalako aldaketa zelularrak eta molekularrak eragiten ditu. Aldaketa horiek kronikoki gertatuz gero, organismoak, bere orekari eusteko, beste mekanismo batzuk jartzen ditu martxan. Nahiz eta epe luzerako aldaketek menpekotasuna sor dezaketen, oso gutxi dakigu horretaz, eta are gutxiago kafeinari dagokionean. ➔



m
MONDRAGON
UNIBERTSITATEA

gerora begira

— Goi Eskola Politeknikoa

— Enpresa Zientzien Fakultatea

— Humanitate eta Hezkuntza Zientzien Fakultatea

BIBLIOGRAFIA

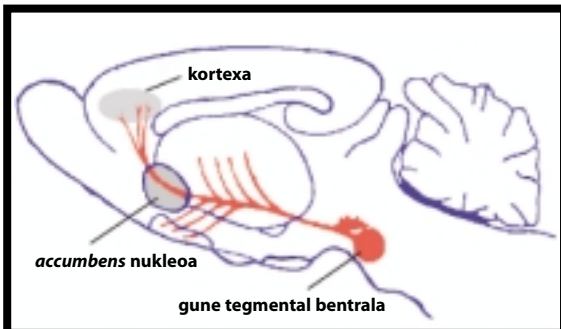
FREDHOLM, B.B., BÄTTIG, K., HOLMÉN, J., NEHLIG, A. ETA ZVARTAU, E.E.
Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use.
 Pharmacol Rev 51 (1): 83-133. 1999.

ILLY, E.
La complejidad del café.
 Investigación y Ciencia 311: 68-74. 2002.

NEHLIG, A.
Are we dependent upon coffee and caffeine? A review on human and animal data.
 Neurosci Biobehav Rev 23: 563-576. 1999.

SOLINAS, M., FERRÉ, S., YOU, Z.-B., KARCH-KUBICHA, M., POPOLI, P. ETA GOLDBERG, S.R.
Caffeine induces dopamine and glutamate release in the shell of the nucleus accumbens.
 J Neurosci 22 (15): 6321-6324. 2002.

STRAIN, E.C., MUMFORD, G.K., SILVERMAN, K. ETA GRIFFITHS, R.R.
Caffeine dependence syndrome, evidence from case histories and experimental evaluations.
 JAMA 272 (13): 1043-1048. 1995.



Sistema mesolímbico: drogek aktibatzen duten sustrai neurobiologikoa. Nerbio-sistema zentralean dago, gune tegmental bentraletik accumbens nukleora eta kortexera jotzen duten bideez osatua.

Orain arteko ikerketek drogen ekintzak eta eragin aku- tuak soilik aztertu dituzte, drogak ez diren farmakoen mekanismoetatik bereizteko. Horrela, oso onartuta dago ikerketa konduktualei eta neurofisiologikoei esker, dro- gek sustrai neurobiologiko jakin bat aktibatzen dutela akutuki, sistema mesolímbicoa, hain zuzen ere. Horrek ez du esan nahi bestelako sistemek ere parte hartzen ez dutenik.

Sistema mesolímbicoa sari-sare izenez ere ezagutzen da, bizirik mantentzeko ekintzak (jatekoa eta sexua, adibidez) indartzen baititu, sari gisa. Nerbio-sistema zentralean gune tegmental bentralean dauden neurona dopaminergikoez osatua dago, eta hortik accumbens nukleora eta kortexera jotzen duten bideak irtetzen dira. Sari-sareak estimulu indartzaileekiko erantzunetan eta motibaziozko, atsegi- nezko eta emoziozko funtzioetan du zeregina.

Hainbat drogak, besteak beste kokainak, anfetaminak, morfinak, etanolak, kanabinoideok eta nikotinak, sistema dopaminergikoa kitzikatzen dute.

Kafeinari dagokionez, orain dela gutxi arte ez da guztiz frogatu halako mekanismo dopaminergikorik eragiten duenik. 2002ko abuztuaren, Solinas-ek eta haren lagun- tzaileek frogatu zuten kafeinak neurotransmisio dopami- nergikoa bide mesolímbicoetan aktibatzen duela.

Kafeinaren efektuak erakargarriak izaten dira gizakietan; plazera, ernetasuna, adorea, lanerako grina...

Beste ikertzaile batzuk ez datoz bat emaitza horiekin, eta horregatik proposatu dute beste gune zentraleri eragiten dieten dosi altuak emanez soilik eragiten diola kafeinak sis- tema mesolímbicoari. Edozein kasutan, animalietan eta gizakietan esperimendu gehiago egin beharko dira (beste teknika berri batzuk ere erabiliz), kafeinak sorturiko mekanismo korapilatsuak hobeto ulertzeko. □

Gipuzkoa ideietarako eremua

Ezagutzatik eta bertako herritar nahiz enpresek berritzeko duten gaitasunetik abiatuta sortutako eremua; Foru Aldundiak gure ekonomia eta ongizatea areagotuko dituen kultura sustatzeko eta laguntzeko egindako ahaleginaren xede den eremua; ekimenaren eta berrikuntzaren arteko baturan oinarritutako etorkizuna izango duen eremua, talentua duten pertsonen lurraldea.

Gipuzkoa, berrikuntzan eta ezagutzan oinarritutako lurraldea.

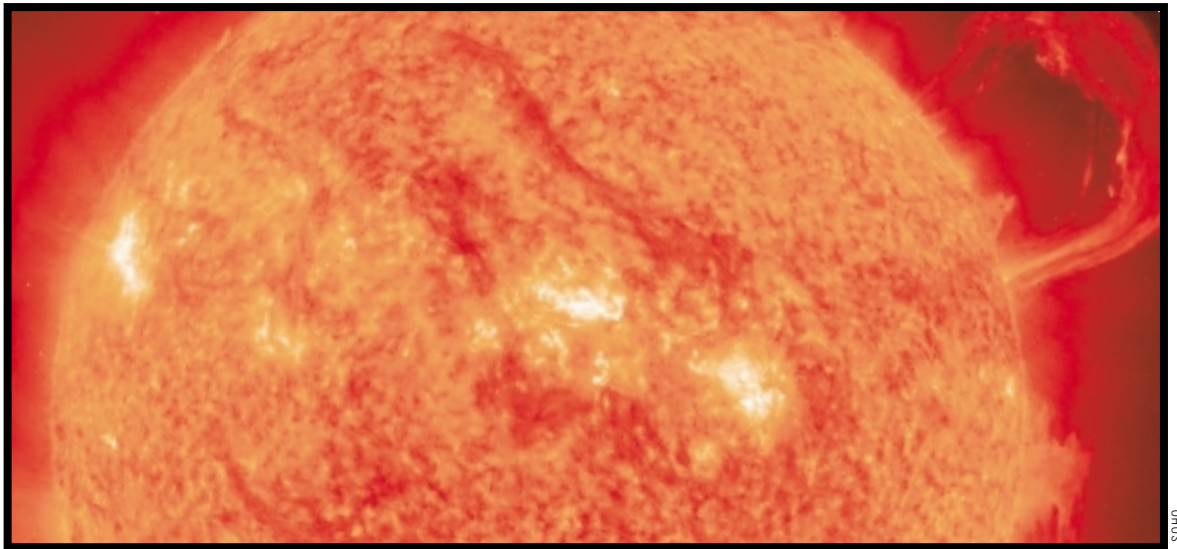


Gipuzkoako Foru Aldundia
 Berrikuntzarako eta Jakintzaren
 Gizarterako Departamentua

www.gipuzkoa.net

Izarren energiaren bila

Gorka Azkune Galparsoro
Informatikako ikaslea

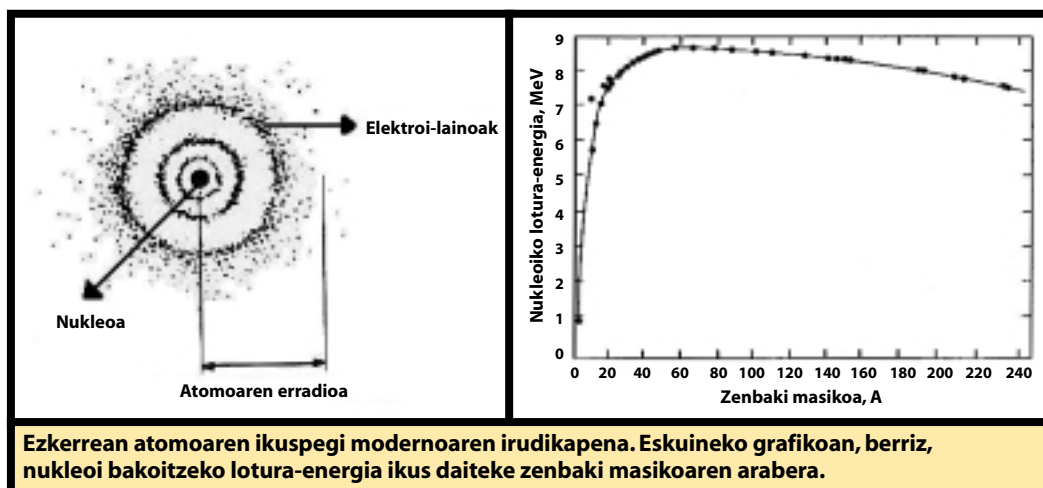


XXI. mende-hasiera honetan, inoiz baino gehiago, gizakiak energia-iturri berrien beharra duela ikusi da. Gaur egun, gure behar energetikoak handiak dira, eta gorantz doaz gainera. Nahiz eta fisiozko zentral nuklearrek erraz hornitzen gaituzten, fisioa ez da oso energia egokia. Kutsadura erradioaktiboa eta zentral horietan sor daitezkeen ihesak, ingurumenarentzat ez ezik, gizakiarentzat ere arazo larriak bilaka daitezke. Horregatik, energia berriak behar dira. Artikulu honetan, fusio nuklearra azalduko da gizakiarentzat aro energetiko berri bat ireki dezakeen iturri gisa.

Oinarriak eraikitzen

Ezinezkoa zaigu azaltzera goazen ezer ulertzea, aurretik kontzeptu sinple batzuk aurkezten ez baditugu. Nukleoitzat ezagutzen diren protoiz (p^+) eta neutroiz (n) osatutako atomoaren nukleoa aztertuko dugu. Positiboki kargatua dagoenez (p^+ -en eraginez, noski), eremu elektrikoak kontuan hartu beharko ditugu bi nukleoaren arteko edozein prozesutan. Baina eremu elektrikoak ez ezik, nukleoan barneratuz topatuko ditugun eremu bortitzek ere zeresan handia dute. Indar horiek oso hedapen mugatua dute, 10^{-14} metro hain zuzen ere, baina eremu elektrikoak baino askoz intentsuagoak dira. Horrek esan nahi du nukleoaren barneko lotura-energiak oso altuak izango direla. Baina zer da lotura-energia delakoa? Ikus dezagun adibide batekin.

Bi p^+ aske edo biak nukleo batean itsatsita edukitzea ez da gauza bera. p^+ baten masa x bada, bi p^+ askek osaturiko sistemak $2x$ -ko masa izango du. Era berean, pentsa daiteke bi p^+ -ak elkartzen direnean eraturiko nukleoaren masa $2x$ -koa dela. Baina hori ez da horrela. Osatu dugun nukleoaren masa $2x$ baino txikiagoa izango da, bien artean dagoen lotura-energia dela medio. Kontuan izan partikulen fisikan partikulen masak energia-unitateetan ematen direla, masa eta energia kontzeptu baliokideak baitira. Horrela, lotura-energia halako energia negatibotzat ulertu behar dugu. Zergatik negatiboa? Lotura-energiaren definizioa jotzen badugu, hau irakur dezakegu: nukleo baten lotura-energia hura osatzen duten partikula askeek nukleoa osatzean askatzen duten energia da.



Nukleo bat bere osagai diren partikula askeek osaturiko sistema bat baino askoz egonkorragoa da. Sistema batek egonkortasuna irabazten duenean, energia askatzen du. Nukleo baten eraketan, lotura-energiaren balioko energia-kantitatea askatzen da nukleoiko, eta horregatik hartzen dugu energia negatibotzat. Gure aurreko adibidean, beraz, bi p^+ -ek zuten energia aldatzen ez den arren, bi horien baturari lotura-energiaren balioa kendu behar zaio sistema osoaren energia kalkulatzeko. Azkenik, nukleoaren lotura-energia eremu bortitzen arabera denez, kontuan izan energia handiei buruz mintzo garea.

masikoaren (A) arabera. Zenbaki masikoak, azken finean, atomo konkretu batek duen nukleo-kopurua neurtzen du. Ikus daitekeenez, A txikien kasuan A hazten den neurrian lotura-energia ikaragarri hazten da. Masa ertaineko nukleoetan, berriz, egonkortu egiten zaigu. Azkenik, masa handiko nukleoek beherakada bat erakusten dute. Ondorioz, nukleo pisutsu bat lotura-energia handiagoa duten bi nukleoetan zatitzen badugu, energia lortuko dugu. Uranioa eta plutonioa, fisioetan gehien erabiltzen diren elementuak, aipaturiko nukleo pisutsuetako bi dira.

Fusioa, modu simple batean azalduta, bi nukleo elkarrekin elkartu eta beste nukleo bat osatzea da.

Nukleoaren fisioa, gaintik

Fusioa azaltzen hasi baino lehen, fisioaren gure energia-iturri garrantzitsuenak – nondik-norakoak ikustea komeni da. Fisioa nukleo bat bitan zatitzea da. Horretarako, eskuarki, n-ak erabiltzen dira. Haien bidez nukleoa kitzikatzen da bibrazio indartsuak sortarazteko. Bibrazio horien ondorioz, nukleoa bere oreka-puntutik irten eta bitan hausten da. Fisioa prozesu exoenergetikoa izan dadin, ordea, elementu egoiak aukeratu behar dira.

Zein elementu den egokia eta zein ez ikusteko, goiko irudira jo behar dugu. Han, nukleo bakoitzeko lotura-energiaren balioa agertzen da, atomoaren zenbaki

Azaldu duguna hobeto ulertzeko, fisio-prozesu konkretu bat aztertuko dugu:



Ekuazioaren ezker aldean zein eskuinaldean, nukleo-kopuru berdina dugu: 236. Nukleo bakoitzaren masa 10 MeV (megaelektrovolt) dela suposatuko dugu gauzak erraztearren. Uranioaren lotura-energia nukleoiko 7,5 MeV dela kontuan hartuz, ekuazioaren ezker aldeko sistemaren energia $236 \times 7,5 = 1770$ MeV da. Eskuinaldean nukleo-kopuru berdina dugu, baina produktuen lotura-energia nukleoiko 8,4 MeV ingurukoa da orainoan. Beraz, sistemaren energia $236 \times 7,5 - 95 \times 8,4 - 139 \times 8,4 = 203,1$ MeV da. Bi sistemen artean 203,1 MeV-ko diferentzia dago. Energia hori da fisioan askatzen dena, benetan beldurgarria.

Fisioan bada aipatzeko beste elementu bat: kate-erreakzioak. Uranioaren eta plutonioaren fisioetan, batez beste bi-hiru n askatzen dira. n horiek beste hainbeste nukleo fisioatuko dituzte, eta horrela gelditu gabe. Ondorioa leherketa bat izango da, 1945ean Hiroshiman eta Nagasakin gertatu zirenak bezalakoa. Kate-erreakzioak dira, nola ez, lehergailu atomikoen oinarri, baina baita zentral nuklearrenak ere. Azken horietan, ordea, n-ak xurgatuz, kate-erreakzio lineal edo kritikoak lortzen dira; hots, fisio batek beste bat bakarrik sorrarazten du.

Fusioa izarretan: elementuen sorrera

Izarren distirak txundituta uzten ditu milioika pertsona. Baina askok ez dakite distira horren jatorria fusiozko energia dela. Halaxe da, izarrek fusioa darabilte energia sortzeko. Eta gugana iristen den eta horren onuragarria zaigun argia ez ezik, ezagutzen diren elementu kimikoen sorrera ere mekanismo horren ondorioa da. Izarretan sortzen dira hainbat elementu garrantzitsu, helioa, nitrogenoa, oxigenoa, karbonoa eta burdina adibidez. Fusiorik gabe, bizitzaren oinarri diren elementuok ez ziren existituko.

Hasieran, unibertsoan, hidrogeneoa, helioa eta litioa bakarrik zeuden, azken biak askoz proportzio txikiagoan. Baina materia erakarpen grabitatorioz elkartzten hasi zenean, multzo handiak sortuz, grabitateak sorturiko dentsitate handietan, hidrogenoa fusionatzen hasi zen. Izarren jaiotza zen.

Lehen fusio horiek helioa sortu zuten, baina baita gorago aipatu ditugun beste elementu batzuk ere. Hala ere, elementu guztien sintesia ez da berdina izarretan. Berilioa, esaterako, ez da oso elementu ugaria, eta karbonoa, berriz, bai. Horren arrazoia fusio erreakzioen egokitasunean aurkitu behar da. Hala, gehien sortzen diren elementuak He, C, N, O, Fe... dira.

Nahiko ziur dakigu izarretan eta fusio bidez burdina arteko elementuak sortzen direla. Burdina baino pisutusoagoak direnak ere izarretan sintetizatzen direla pentsatzen da ordea. Alde batetik, n xurgapen bidez eta, bestetik, izarrek hiltzean sortzen diren leherketen ondorioz fusionatuz (supernovak). Horrela azal daiteke gure unibertsoan topa dezakegun elementuen banaketa asimetrikoa.

batek ere ez luke inondik ere horrelakorik lortuko. Beraz, galdera argi dago: nola demontre lor daiteke fusio batek behar duen energia-pilota? Lehen erantzuna lehergailu atomikoekin etorri zitzaigun.

Superlehergailuaren bila: Gerra Hotza

Fusioaren historia, fisioarena bezala, lehergailu nuklearrekin hasi zen. Sobietarrek beren fisiozko lehergailua probatu zutenean, AEBetan larritasun ikaragarria sortu zen. Politikariek komunismoa hartu zuten etsaitzat, eta lehergailu nuklearren jabetza arrisku handien gisa. Sobietar Batasuna mehatxu handia zen AEBen interes politiko eta ekonomikoentzat. Testuinguru horretan, AEBetako zientzialariak eztabaida oso garrantzitsu bat hasi zuten: komenigarria al zen fusiozko lehergailu nuklear baten bilaketa martxan jartzea Sobietar Batasunaren mehatxuari aurre egiteko?

Aldeko iritziak (John Wheeler, Edward Teller) eta aurkakoak (Oppenheimer) entzun ondoren, Trumanek, Hiroshimako eta Nagasakiko lehergailuak botatzeko agindu zuen gizonak, superlehergailuaren bilaketarako programa abian jar zedila agindu zuen 1950eko

martxoaren 10ean. Hala ere, ez da ahaztu behar sobietarrek jada garai haietan beren programa garatzen hasiak zirela helburu berdinarekin. Eta horrela hasi zen lasterketa.

Fusio erreakzio egokienetan, elementu kaltegabeak sortzen dira, helioa edo deuterioa adibidez.

Arrakastaren bidea: Teller-Ulam ideia

Superlehergailuaren bilaketa 1949an hasi zen, programa intentsiboa artean abian jartzeko zegoela. Garai hartan zientzialariek garatu zituzten diseinuek ez zuten arrakastarako inolako aukerarik. Hala ere, ezer hobirik ezagutzen ez zenez, 1951 arte ideia horien gainean ziharduten jo eta ke lanean. Inflexio-puntua Teller-Ulam ereduarekin iritsi zen. Hasieran diseinu-idea bat zena, lan ikaragarrien ondoren, proiektu sendo bilakatu zen 1952an. Kalkulu guztiek ondorio bera ematen zuten: superlehergailua posible zen eta nahi bezain indartsu izan zitekeen.

Zertan datza Teller-Ulam ideia? Lehenik eta behin, eta proiektu horien misterio-maila ikustearren, datu bat eman beharrean gaude: 80ko hamarkada arte ez

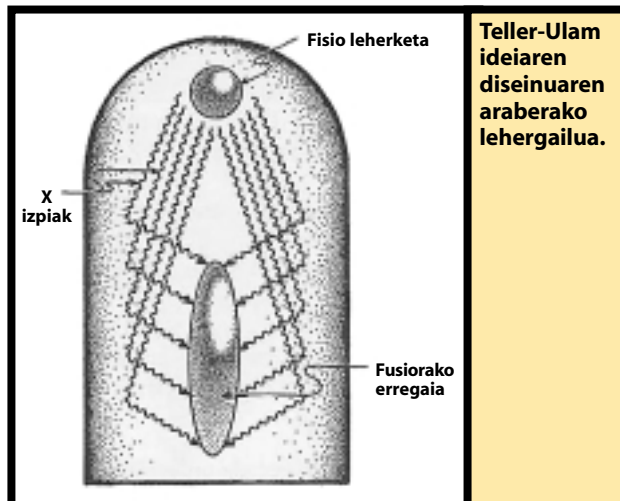


Lehergailu nuklear baten leherketak eragindako perretxikoa.

ARTXIBOKOA

zen publiko egin Teller-Ulam ideia. Ordura arte, AEBen maila goreneko sekretua zen. Baina, sobietarrek ez al zuten haren berri? Egiazki, sobietarren lehen diseinuak ez ziren bide horretatik joan, baina 1954an, Sajarov eta Zel'dovich, beren kasa, ondorio berdineira iritsi ziren.

Teller-Ulam diseinua behar bezala ulertzeko, ondoko irudira jo behar dugu. Hor ikus daitekeenez, lehergailuak bi zati ezberdin ditu. Alde batetik fisiozko gailu bat daukagu, eta bestetik, fusioa egiteko erregeaia. Fisiozko gailua martxan jartzean, lehen mikrosegundoan intentsitate beldurgarriko X izpiak igortzen dira. Izpi horiek, moduren batean fusio-erregeaira bideratuko balira, fusiorako behar diren baldintzak lortzea legoke. Nola? X izpiekin erregeaia bonbardatuz, erregeaia uzkartzea lortzen da izpien presioagatik.



**Teller-Ulam
ideiaren
diseinuaren
araberako
lehergailua.**

Ikus daitekeenez, fusioa lortzeko sistema bat lortu zen. Baina sistema horrek, nahiz eta fusioa lortzeko baldintzak sortzen dituen, ez du inondik ere bermatzen fusio hori kontrolatua izatea. Beraz, oraindik ere gure helburutik urrun aurkitzen gara; hots, fusio kontrolatua lortzea handik energia modu aprobe txagarri eta iraunkor batean ateratzeko.

Fusioaren historia, fisioarena bezala, lehergailu nuklearrekin hasi zen.

Denok dakigu gas bat uzkartzean berotu egiten dela. Berotuz gero, gas molekulen energia zinetikoak gora egiten du, eta geroz eta talka bortitzagoak lortu. Uzkur-dura hori nahiko handia bada, oso-oso eremu txiki batean fusioa lortzeko beharrezko diren tenperaturak erdiets daitezke. Prozesu hori inplosio izenarekin ezagutzen da. Lehen fusio erreazio horiek inguruko erregeaia fusionatzeko besteko beroa askatuko dute, eta, horrela, kate-erreazio bat lortu. Kate-erreazio horrek ez dauka inongo kontrolirik, beraz, leherketa indartsu bat izango da haren ondorioa.

Fusiozko lehen zentral nuklearrak: ITER proiektua

Azkenean iritsi gara artikulua punturik garrantzitsuenera. Posible al da fusiozko zentral nuklearrak erakitzea? Eta hala bada, zein da bidea? Galdera horiek eta beste batzuk ITER proiektuaren garapenarekin batera erantzungo ditugu.

ITER (International Thermonuclear Experiment Reactor) nazioarteko proiektu handi bat da. Haren helburua fusiozko zentral nuklear bat erakitzea da. Beste hitz batzuekin esanda, hainbeste urtetan amets bat bezala ikusi den energia garbi eta ia bukaezina benetako izan daitekeela erakutsi nahi digu. Horretarako, Japonia, Errusia, Kanada eta Europako Batasuneko zientzialariak elkarlanean ari dira tinko. ➔

'Superlasterketa'

1952ko azaroaren 1ean egin zen lehen superlehergailuren proba. Teller-Ulam ideian oinarrituta, AEBek *Mike* goitizena zuen gailua leherrarazi zuten. Hiroshiman jaurtirikoak baino 800 aldiz potentzia handiagoa zeukan. Oso indartsua izan arren, lehergailua ez zen garraiarria.

1953ko abuztuaren 12an, sobietarrek *Joe-4* goitizeneko lehergailua jarri zuten martxan. 30 Hiroshimaren pareko potentzia zuen lehergailu hura,

Mike ez bezala, garraiarria zen. Nahiz eta sobietarrek artean ez zuten ezagutzen Teller-Ulam ideia, arrisku handiko arma eratu zuten.

Atzean ez gelditzearren edo, 1954ko martxoaren 1ean, AEBek 1.300 Hiroshimak adinako boterea zuen superlehergailu garraiarria probatu zuten. *Bravo* zuen izena. Baina urte hartan bertan, sobietarrek, beren kasa, Teller-Ulam diseinuaren funtsa ulertu zuten. Ez zuten gehiegi itxaron eginiko kal-

kuluak benetan frogatzeko. 1955eko azaroaren 23an, 300 Hiroshimak besteko potentzia zuen lehergailua ezandarazi zuten.

Bi herrialdeek erakutsi zuten nahi bezain indartsuak ziren lehergailuak egiteko gai zirela. Horren adierazgarri sobietarrek probatu zuten 5.000 Hiroshimaren pareko lehergailu beldurgarria da. Gizakiaren suntsipen-boterea beldurtzekoa da benetan.



ITER

Azkenik, paper gaineko ikerkuntzek benetako probari eman behar diote txanda.

Zentral horren eraikuntzan igo beharreko aldatziki gogorrena, inolako zalantzarik gabe, orain arte azaldu duguna da. Arazoa honela planteatu daiteke: fusiorako erregaiak tenperatura, dentsitate eta presio oso altuetan egon behar du fusioa hasteko. Arazo hori lehegailu nuklearrekin gainditu bazen ere (Teller-Ulam mekanismoa), lehen azaldu dugun moduan, zentral nuklearrean hori ez da nahikoa.

Lehegailu batean ez bezala, tenperatura horiek nahiko denboran eta zati nahiko handian mantendu behar dira, lorturiko fusio kopuruek askaturiko energia guk aipaturiko baldintzak ezarri eta mantendu ahal izateko erabili dugun energia baino gehiago izan dadin. Hots, prozesu osoaren balantze energetiko positiboa lortu nahi da, baina modu kontrolatu eta iraunkor batean. Hori gaurdaino ez da posible izan.

Azaldu berri dugun buruhauste hori konpontzeko, bi metodo daude: alde batetik, konfinamendu inertziala deritzona eta, bestetik, konfinamendu magnetikoa. Lehenbizikoa Teller-Ulam ideian oinarritzen da. AEBek bide horri eutsi diote fusiozko zentralen ikerkuntzan, eta oraingoz ez dirudi oso egokia. Bestalde, ITEReko zientzialariek bigarren metodoaren aldeko apustu sendoa egin dute.

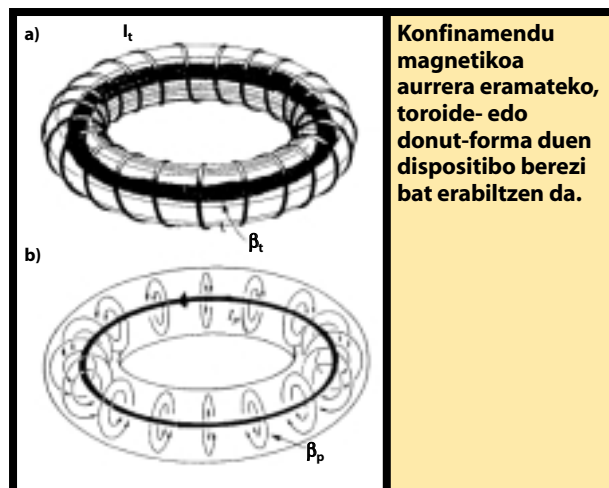
Konfinamendu magnetikoa aurrera eramateko, toroide- edo donut-forma duen dispositibo berezi bat erabiltzen da. Errusiarrak izan ziren lehenak donut hau eraikitzen, eta *tokamak* izena eman zioten. Haren barruan joango da fusiorako erabiliko den erregaia. *Tokamakak*, kanpoaldean eta espiral bat osatuz, korrante elektrikoa garraiatzeko kable bat dauka. Handik, I_t korrantea igarotzen da, eta eremu magnetiko toroidala (β_t) deritzona sortzen du. Eremu hori donutaren

barnealdetik igarotzen da (beheko irudia (a)). Eremu toroidalaren ondorioz, plasmak berak I_p korrantea sortzen du (ez ahaztu materia plasma-egoeran dagoenean nukleoak eta elektroiak guztiz askeak direla, hots, erabat ionizatua dagoela). Korrante horrek, aldi berean, eremu poloidal (β_p) deitzen den eremu magnetiko bat sortzen du (beheko irudia (b)). Bi eremu horien erresultantea den eremu magnetikoaren indar-lerroek barrualdera okertzen den helize baten itxura dute. Hori dela eta, korranteen intentsitateak handitzean, eremu magnetikoen intentsitatea handitzen da eta plasma donutaren barnean uzurtzen da tenperatura handituta. Korranteen intentsitateak nahiko handiak direnean gertatzen da fusioa.

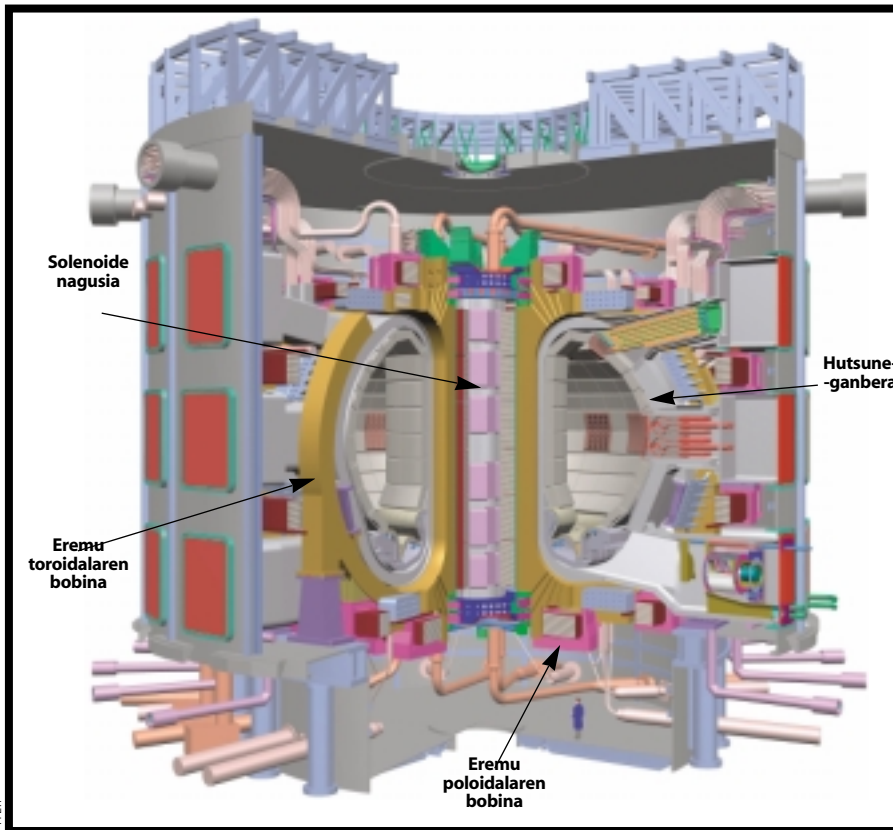
● Prozesu osoaren balantze energetiko positiboa lortu nahi da, baina modu kontrolatu eta iraunkor batean.

Kontuan hartu korranteek ikaragarriko intentsitateak izan behar dituztela. Horrek, noski, energia-gastu oso handia eskatzen du. Gastu hori minimizatzeke eta fusioan lorturiko energia baino handiagoa izan ez dadin, kable supereroaleak erabiltzen dira. Ez da gure xedea material berezi horiei buruz hitz egitea, baina gaur egungo teknologia onena ITERen martxan jarriko dela adierazteko iruzkin egokia deritzogu.

Azaldu berri dugun metodo horrekin bi arazo gainditzen dira: bat, erregai fusio-tenperaturara eramateaz gain, fusioak denboran zehar konstanteak eta kontrolatuak izan daitezkeen baldintzak sortzen dira; eta bi, erregai



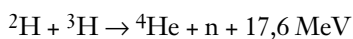
Konfinamendu magnetikoa aurrera eramateko, toroide- edo donut-forma duen dispositibo berezi bat erabiltzen da.



ITER proiektuan eraiki nahi den fusio-erreaktorearen marrazkia. Gizontxoak eskala adierazten du.

guztia leku batean itxita edukitzeko aukera legoke. Azken hori pozteko modukoa da benetan. Plasma-egoeran dagoen materia hain da beroa, ezen ez den existitzen materialik hura barnean eduki dezakeenik.

Orain, fusio erreakzio interesgarriena topatzea falta zaigu. Interesgarria aipatzean, energia ez ezik beste kontzeptu batzuk ere sartzen dira jokoan, hala nola, erregaiak lortzeko erraztasuna eta erreakzioaren garbitasuna. Ikuspuntu horretatik, honako erreakzio hau aukeratu dugu:



Erreakzio horretan deuterioa (${}^2\text{H}$) eta tritioa (${}^3\text{H}$) fusionatzen dira, eta helioa (${}^4\text{He}$) lortu. Energia asko askatzeaz gain, erreakzio horrek beste abantaila bat dauka: deuterioa, itsasoko uraz baliatuz, erraz eta ingurumena errespetatuz lor daiteke.


Hala ere, arazo garrantzitsu batzuk daude. Alde bate-tik, n-ak askatzen dira, eta, ondorioz, erreakzioa ez da garbia, n-en bidez erradioisotopoak sor baitaitezke. Erradioisotopoak oso kutsakorrek direnez, orokorrean n-ak askatzen dituzten erreakzio guztiak alde batera uzten dira. Bestetik, gure planetan ez dago nahiko tritio gure etorkizuneko zentral nuklearrak hornitzeko. Bi arazo horiek, ordea, konponbide erraza edukitzeaz gain, abantailatxo batzuk dakartzate konponbidearen ondorioz. Lurrean erraz aurki daitekeen litio-6 isotopoa fisionatuz gero, tritioa eskura dezakegu modu garbian. Hori gutxi ez eta, fusiorako erabili dugun

erreakzioan askaturiko n-a erabil daiteke litioaren fisioa lortzeko, $n + {}^6\text{Li} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^3\text{H}$ erreakzioaren arabera. Beraz, nahikoa genuke erreaktorean litiozko xafla batzuk sartzea, handik tritioa sortuko bailitzateke fusioak gertatu ahala. Zentralak, horrela, bere burua hornituko luke tritioz.

Beraz, deuterio-tritio erreakzioaz baliatuz eta tokamaka erabiliz, ITEReko arduradunek fusiozko lehen zentral nuklearra eraikitzeko asmoa dute. Azaldu ditugun kontzeptuak, oso sakon aztertuak izateaz gain, esperimentu txiki batzuetan probatu dira jada. Emaitzek itxaropenez betetzen gaituzte: ITER ez da utopia bat.

ITERen eraikuntza

Azkenik, paper gaineko ikerkuntzek benetako probari pasa behar diote txanda. ITERen eraikuntza-faseari ekin behar zaio laster, baina aurretik non egin erabaki behar da. Errusiak ez beste partaide guztiak hautagai bana aurkeztu dute eta erabakia laster hartzea espero da.

Proiektua epe luzerako da, gutxi gorabehera 30 bat urterako, eta berari esker baliteke gizakiak behin betiko irtenbidea ematea bere behar energetikoei, irtenbide ekologikoa. Ez dakigu gure itxaropenak azkenean errealitate bilakatuko diren ez, baina zelumagan lainoak baino argi gehiago ikusten dugun bitartean, amets egingo dugu. Azkenik, Lurrean erabiliko al dugu izarren energia? 

BIBLIOGRAFIA

ANTONIO FERNÁNDEZ-RAÑADA.
Física Básica, 2.
Alianza Editorial, 1997.

M. ALONSO ETA E. J. FINN.
Física
Addison-Wesley
Iberoamericana, 1995.

KIP S. THORNE,
Agujeros negros y tiempo curvo
Critica, 1995.

www.iter.org