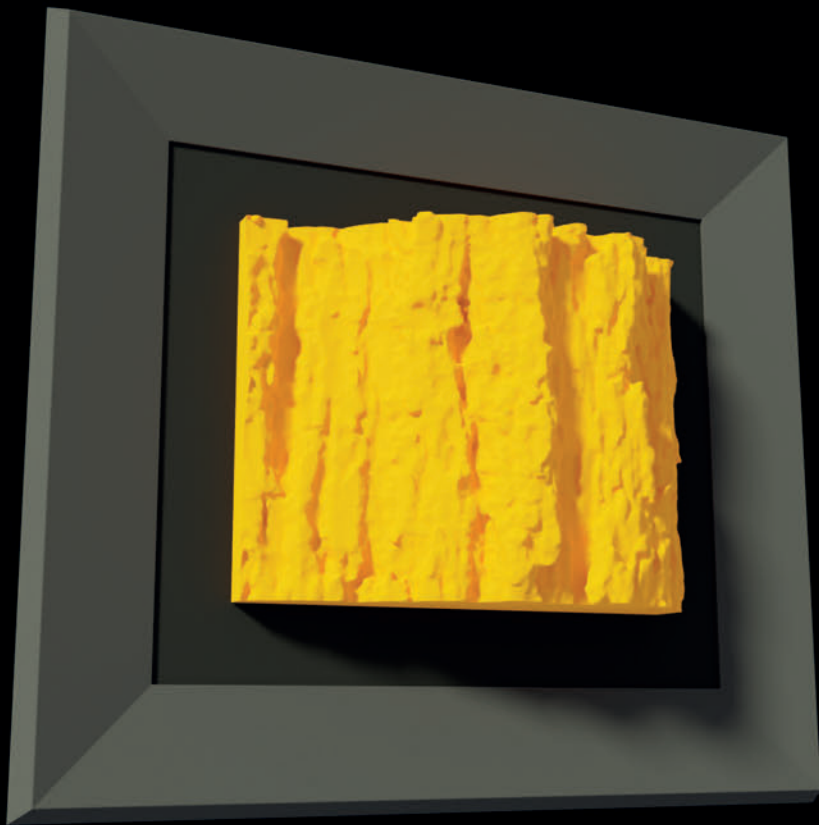


elhuyar

338 zk. | 2020ko ekaina

5'90 euro



CAF-Elhuyar sariak

Arrisku nuklearra
etorkizun urrunean

Industria kimikoa
jasangarritasunarekin zorretan



**Kalitateko itzulpen bat
behar duzu?**

**Elhuyarrek egingo dizu,
nahi duzun hizkuntzatik
hizkuntzara, zure neurri-neurrira**

**Elhuyar Itzulpenak,
hizkuntzen jostunak**

itzulpenak.elhuyar.eus

itzulpenak@elhuyar.eus

(0034) 943 36 30 40; luz.: 216



ISO 17100:2015

elhuyar
ezagutuz aldatzea



Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute
Elhuyar aldizkariaren zuzendaria



Fosil plastikoak

Martin Etxauri Sainz de Murieta artistak zenbait galdera proposatzen dizkio gizarteari *Elhuyar* aldizkariaren ekaineko zenbakian. Iazko CAF-Elhuyar sorkutza-bekaren emaitza da aldizkarian azalean ikusten den plastikozko enbor-azal bizia, [Fossil Plastics-Alegiazko enborrak](#) izenaz gogoetara eramaten gaituena: "Hartuko ote dute plastiko-sedimentuek inoiz harrien zeregina fosilen sorkuntzan, egurren lekua betez eta plastikoz osatutako enborren fosilak bilakatuz? Edo guk geuk, kontraesanezko ariketa ergel batean, halako plastikozko enborrak sortuko al ditugu jada existitzen ez diren zuhaitzen azalak gogoratzeko?"

Etxauriren hausnarketarako gonbitari jarraituz, gure gizarte ustez garatuaren kontraesan horien oinarrian dagoen industria baten erradiografia egin dugu: plastikoaren industria eta, oro har, industria kimikoa. Dituen sakoneko arazoak eskuetan hartuta, etorkizunera begira jarri gara, bere burua berrasmatu behar duen industria baita.

Harago jo dugu, gainera: nola gordeko dira gure gizarteak sortzen dituen hondakinak arriskutsuenak, nola kudeatu jakin ez eta ondorengoentzat uzten ditugun horiek? Hondakin nuklearrak, esaterako. Nola ohartaraziko diegu etorkizun urrutiko belaunaldiari utzi diegun ondare pozoitsuak?

Amaitzeko, aurtengo CAF-Elhuyar sariketako irabazleen lanak ere argitaratu ditugu zenbaki honetan. Eta elkarrizketa egin diogu Elhuyar Merezimendu Saria jaso duen Ana Zubiaga Elordietza genetikako katedradunari. Genetikak sortzen dizkion kezka eta ametsen berri eman digu.

COVID-19aren itzalean sortutako zenbakia da hauxe, baina, aldi berean, SARS-Cov-2aren egunerokotasunetik atera nahi gaituena. Beraz, webgunean duzue birusaren eta osasun-larrialdiaren inguruan argitaratutako eduki guztia, egunez egun zuentzat sortu duguna. Hemen bestelakoak dituzue. Oraingoan, eta hemendik aurrera, plastiko biodegradagarrian bilduta, plastikoarekiko gure kontraesanak ere gaingitu nahian. ●

52



Arrisku nuklearra etorkizun urrunean

Hondakin erradioaktiboak ehunka mila urtean izango dira arriskutsuak bizidunentzat. Arduradunek ez dakite nola biltegitatu hondakinak, modu seguruan, hain epe luze-rako. Bada beste kezka bat: nola ohartarazi etorkizuneko belaunaldiari biltegi horien arriskuaz?

72



CAF-Elhuyar sariak

Kultura zientifikoaren beharra hain agerikoa izan den honetan ezagutarazi dira CAF-Elhuyar sarien irabazleak. Hemen, saritutako lanak eta Elhuyar Merezimendu Saria jaso duen Ana Zubiaga genetistari egindako elkarriketa.

44



Industria kimikoa jasangarritasunarekin zorretan

140.000 produktu kimiko industrial erabiltzen dira munduan. Gure bizimodua erraztu dute, baina ondare toxiko eta arriskutsua utzi digute ordainetan. Etorkizunerako bide garbiagoa marraztu ezean, etengabeko gatazkan izango dira industria kimikoa eta osasuna —gurea zein planetarena—.

- 04** IKUSMIRAN
Lurpeko edertasuna argitara
- 14** ALBISTEAK
- 22** IRAULTZA TXIKIEN LEKUKOAK
Fernando P. Cossío Mora
- 24** ELKARRIZKETA
Ana Zubiaga Elordieta
- 32** ANALISIA
Mikroplastikoak eta osasuna
- 40** ERREPORTAJEA
Mikroplastikoak hilgarriak dira ibaietako ornogabeentzat
- 44** ERREPORTAJEA
Industria kimikoa jasangarritasunarekin zorretan
- 52** ERREPORTAJEA
Arrisku nuklearra etorkizun urrunean

- 60** MUNDU DIGITALA
Aditu.eus, hizketa ezagutzeko euskarazko zerbitzua
- 64** ISTORIOAK
Percival Lowell: kanalak Marten
- 68** EKINEAN
Bazterretik plazara: Oier Lakuntza Irigoien
- 72** 2020 CAF-ELHUYAR SARIAK
- 74** DIBULGAZIO-ARTIKULU OROKORRAREN SARIA
Io eta argiaren abiadura
- 80** EGILEAREN DOKTORE-TESIAN OINARRITUTAKO DIBULGAZIO-ARTIKULUAREN SARIA
Polimero birziklatu aurreratuen garapena



Eduki gehiago, webgunean
aldizkaria.elhuyar.eus



Cristinos haitzuloko lurpeko
aintzira (Urbasa, Nafarroa)
ARG.: José Luis González



Argazkiak: ILUNPE Art

Lurpeko edertasuna
argitara



**Macaroniren galeria,
Coventosako haitzuloan (Kantabria)**

ARG.: Iñigo Gómez de Segura

Lurpea dute pasio. Urak sortutako bideetan barrena lur azpian sartu, eta han aurkitzen duten edertasuna kameraz jasotzen dute ILUNPE Art taldeko zazpi argazkilari gasteiztarrek. Kobazuloak maite dituztela diote, lurpean aurkitzen dituzten pasaia martetarrak, ez baitago uraren pazientzia duen beste arkitektozik Lurrean.

“Egoera basatian mantentzen diren kobazuloetara joaten gara —dio Iñigo Gómez de Segura ILUNPE Art-eko kideak—. 100 km-ko galeriak dituzten kobazuloetan egon izan gara. Iluntasuna erabatekoa da han, hezetasuna % 97koa, eta orduak behar izaten ditugu interesatzen zaigun aretoraino iristeko”. Putzuak gainditu behar izaten dituzte, ainguralekuak antolatu eta sakontasun handietara jaitsi... Kanpoan euria egiten hasten bada, gora egin dezake kobazuloko ibaiak, eta haiek harrapatuta geratu. “Baldintza zailetan egiten dugu lan”.



Pisolitak, haitzuloetako perlak (Kantabria)

ARG.: José Luis González

"Aretora iritsi, eta argi-eskema antolatzen hasten gara. 15-18 flash inguru jartzen ditugu, aretoko leku estrategikoetan kokatuta. Ez da erraza argi-eskema antolatzea; kontrako eta aldeko argiak ondo jarrita bakarrik lortzen da argi eta beltzen arteko elkarriketa hori sortzea eta aretoaren hiru dimentsioko izaera erakustea".





Orrazi-itxurako espeleotemak,
Lavallinako haitzuloan (Asturias)
ARG.: José Luis González



**Aragonitozko egiturak,
Udias meatze-gunean (Kantabria)**

ARG.: Iñigo Gómez de Segura

"Kobazuloetan aurkitzen ditugun espeleotema eszentrikoak dira ederrenak niretzat. Urak sortzen ditu espeleotemak, baina grabitate-indarrari aurre egiten diote eszentrikoek, eta nahi duten tokirantz hazten dira. Galdames inguruko meategietan aurkitu ditugu bereziki ederrak", dio Gómez de Segurak.



**Lore-itxurako espeleotema,
Lazaldaiko haitzuloan (Zuia, Araba)**

ARG.: Iñigo Gómez de Segura



Salamandra salamandra,
Uraska haitzuloa (Opakua, Araba)
ARG.: José Luis González

Mesotriton alpestris,
Del Paño haitzuloa (Burgos)
ARG.: José Luis González





***Meta menardi* espezieko armiarma.**
Asunkortako haitzuloa (Gorbeia, Araba)

ARG.: Nicolas López de Armentia



***Coprinopsis* espezieko onddoak,**
La Cubillako haitzuloa (Kantabria)

ARG.: Iñigo Gómez de Segura

Bizidunak ere aurkitzen dituzte, kondizio berezi horietan bizitzera moldatu diren animaliak, adibidez. "Duela milaka urte ez ziren kobazuloetan biziko, baina klima aldatu zen, eta animalia hauek kobazuloetan sartu ziren, han hezetasun handiagoa baitzegoen, antzina zituen kondizio hotzen

antzekoak. Saguzarrak dira kobazuloetatik ateratzen diren bakarrak; besteek bizitza osoa ematen dute kobazuloan, iluntasunean. Haietako askok, azkenean, begiak eta koloreak galdu dituzte, han ez baitituzte behar".



Ezkarretabaso IV haitzuloa
(Entzia mendilerroa, Araba)
ARG.: Iñigo Gómez de Segura



Mairuelegorreta (Gorbeia, Araba)

ARG.: José Cantorna

Ezkarretabaso Torka, Entzian dagoen kobazuloa, oso gustuko du Gómez de Segurak, baina Mairuelegorreta haitzuloa maite du bereziki (Gorbeian). "Txikitako oroitzapenak datozkit burura, ezagutu nuen lehenengo kobazuloa izan baitzen. Ikastolatik joaten ginen. 17 km-ko zuloa da, eta hiru pisu ditu: pisu aktibo bat, ibaia bizirik duena, eta bi pisu fosil, espeleotemak dituztenak. Espeleologikoki ederra izateaz gain, oso harreman berezia mantentzen du oraindik ere Zigoitiko jendeak kobazulo honekin".

Nerea Zabaleta Lasarte

Biokimikaria

*“SARS-1a eta MERsA azaldu zirenean
gehiago ikertu izan bagenu, gaur egun
egoera hobean egongo ginatekeen”*

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute · Elhuyar Zientzia

Argazkiak: Nerea Zabaleta

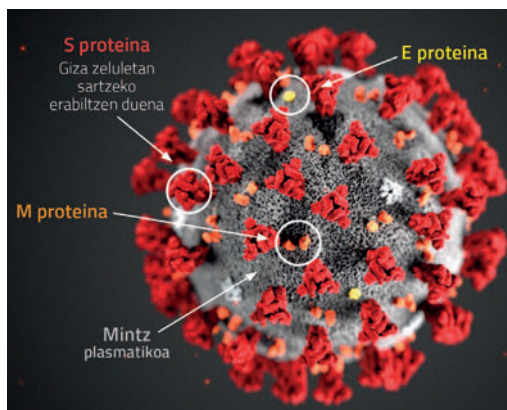


Munduko hamaika laborategi buru-belarri ari dira lanean COVID-19aren aurkako txertoa lortzeko. Estrategia paralelo desberdinak probatzen ari dira, eta baliteke inoizko azkarren lortzea. Nerea Zabaleta Lasarte biokimikaria atsedetik gabe eta ilusioz beteta ari da txertoa garatzen Bostoneko Mass Eye and Ear ospitaleko laborategian, terapia genikoa erabilia. Aldi berean, argi du: “Bidean txerto asko eroriko dira”. COVID-19aren aurkako txertoen gako nagusiak eman dizkigu.

Munduko laborategi asko ari dira, aldi berean, SARS-CoV-2 birusaren aurkako txertoak garatzen; estrategia desberdinak darabiltzate, ordea. Zein izan daitezke eraginkorrenak?

Egia esan, denok proteina bera erabiltzen ari gara txertoa garatzeko. Infekzio natural batean, birusak kanpoaldean duen proteina batek —S proteinak— gure zeluletara lotzen eta barrura sartzen laguntzen dio. Oso ageriko proteina da, eta gure organismoak proteina horren aurkako antigorputzak sortzen ditu: horrela lortzen du birusaren aurkako immunitatea. Bada, txertoarekin, gauza bera: organismoari proteina hori erakutsi behar diogu, antigorputzak sor ditzan. Baina laborategi bakoitzak bere estrategia propioa garatu du proteina organismoan sartzeko.

Estrategia bat da birus inaktibatua txertatzea, birusaren kanpoalde guztia duena, baina barneko material genetikoa falta zaiona. Beste aukera bat da proteina bakarrik sartzea, laborategian oso erraz sortzen baita. Eta beste aukera bat da txerto genetikoak egitea: gure zeluletan birusaren DNAREN zati bat sartzea, hain zuzen proteina hori sortzeko balio duena. Hala, gure gorputz barrenean sortuko litzateke birusaren proteina hori, eta antigorputzak sortuko genituzke. Gure estrategia da hori, eta terapia genikoaren teknika erabiltzen dugu horretarako.



rako: SARS-CoV-2ren jatorrizko RNA DNA bihurtu, eta DNA-sekuentzia hori beste birus batean sartu dugu. Birus adenoasoziatuak erabiltzen ditugu: gizakien zelulak infektatu bai, baina gaixotasuna sortzen ez duten birus txiki batzuk. Birus naturalak dira, baina oso seguruak dira. Birusaren kanpoko kapsidea mantentzen dugu, barruko DNA kendu, eta guk nahi dugun beste birusarena sartu.

Nola baldintzatuko du txertoaren arrakasta aukatutako estrategiak?

S proteina erakusteko erabiltzen dugun sistemaren arabera, desberdina da zure gorputzaren erantzun immunologikoa —eta txertoaren eraginkortasuna—. Desberdina da proteina bakarrik injektatzea,

edo guk erakusten diogun bezala, birus baten barruan. Bektorea bera immunogenikoa da, eta baldintzatu egiten du eragingo duen erantzun immunea. Bestalde, antigorputzak biriketara eramatea lortu behar du txertoak, birusa biriketatik sartzen baita benetan, inoiz ez odoletik.

Eta frogatuta dago sistema bat eraginkorragoa dela, edo kasuan kasu probatu behar da?

Ez, txerto bakoitza desberdina da, eta probatu egin behar da. Bestetik, praktikoak ere izan behar dugu: txerto bat oso eraginkorra izan daiteke, baina ekoizteko zaila. Eta, helburua jende asko txertatzea izanik, balantze bat egin behar da txerto eraginkorraren eta ekoizteko erraza eta merkearen artean.

Zorionez, terapia genikoaz ari garenok dosi oso altuetan sortzen ohituta gaude, eta txertoentzat dosi txikiak behar izaten direnez, uste dugu erraz ekoizteko modukoa izango dela. Baina ikusi behar dugu zein den txerto honen dosi eraginkorra.

Gure organismoak oroimen immunologiko luzea lortzen du birus batzuen aurka, baina oso laburra beste birus batzuen aurka —esaterako, katarroa—. Zer dakizue SARS-CoV-2 birusari buruz?

Bai, birus edo bakterio bakoitzak oroimen immunologiko desberdina sortzen du. Batzuek oso immunitate luzea eragiten dute, urteetan mantentzen dena, eta beste batzuek momentuko erantzun immunologiko soilak. Normalean, infekzio baten aurrean, antigorputz batzuk erantzunaren hasieran sortzen dira eta berehala desagertzen dira. Behin immunitate adaptatiboa sortzen denean, denbora

luzeko antigorputzak sortzen dira. Baina birus eta bakterio batzuk ez dira gai immunitate adaptatibo eraginkorra sortzeko. SARS-CoV-2aren kasuan, badirudi oroimen luzea sortzen duela eta, beraz, txerto eraginkorrak sortu ahal izango direla. Gu-xtienez, larrialdi honetarako nahikoa immunitate sortu beharko luke.

Egia da birusek mutatu egiten dutela eta horrek eragin dezakeela txertoaren eraginkortasunean, baina badirudi SARS-CoV-2ak, oraingoz, ez duela mutazio-tasa alturik erakutsi. Gripeareen birusaren kasuan guztiz bestelakoa da. Hortaz, gripeareen aurkako immunitatea urte batetik bestera mantentzen bada ere, birusa desberdina da eta ezin dio eraginkortasunez aurre egin.

Hainbat txertoren proba klinikoak 2. fasera iritsi dira jada. Prozesua azkartu eta txertoa eraginkorra den jakiteko, txertatutakoak gero birusarekin kontaktuan jartzearen aldeko ahotsak azaldu dira.

Hori guztiz debekatuta dago. Zientziaren historiak baditu horren adibideak, oso emaitza larriak izan zituenak. Entsegu klinikoaren dogma da ziurtatu behar dugula pertsona hori geratzen dela berdin edo hobeto. Dogma hori hautsiko genuke. Gainera, entsegu kliniko bat egiteko aseguru bat behar dugu, eta ez dut uste inork aseguraturiko lukeenik hori!

COVID-19aren kasuan abantaila bat dugu: gaixotasuna oso azkar zabaltzen ari da, beraz, aukera handia dago entsegu klinikoetako subjektuak haien kabuz birusarekin harremanetan jarri eta guk emaitzak azkar ikusteko.

Badago saltatu daitekeen pausoren bat edo prozesua azkartuko lukeen beste estrategiaren bat?

Adibidez, ikertzeko berehalako dirua izatea asko azkartzen ari da prozesua.

Otsailean argitaratu zuen Txinak birusaren sekuentzia, eta txertoen proba klinikoetan gaude jada. Aurrekaririk gabekoa da zientzia egiten ari den ahalegina, lan-kopuruan zein abiaduran, ezta?

Egia da pandemia asko izan direla historian, baina inoiz ez gaur egun gauden zientzia- eta osasungintza-egoera pribilegiatuan. Egia esan, ikuspegia asko aldatu dit krisialdi honek. Oso pozgarria izan da ikustea krisi-garaian zientzialariok elkarlanean aritzeko gai izan garela. Ikaragarria izan da hau bizitzea, pribilegio bat.

Inflexio-puntu bat izango al da hau zientzian?

Uste dut bere marka utziko duela, ikertzaileen artean sortu den konexio berezi hau mantenduko dela. Elkarrekin lan egiten badugu, ikerketak beste abiadura batean egiten du aurrera. Hori bai, izan dadila erritmo lasaigoan, atsedetik gabe ari baikara lanean: astean zazpi egunez, egunean 12-14 orduz.

Eta zer beste ikasi duzu krisialdi honetatik?

Nire ustez, kontziente izan behar dugu pasatutako izurriak berriro etor daitezkeela, edo antzekoak, behinik behin. SARS-1a Asian eta MERSa Ekialde Ertainean azaldu zirenean gehiago ikertu izan bagenu, gaur egun egoera hobean egongo ginateke, akaso. ●



Mikroorganismoak hidrogeno hutsezko atmosferan bizi daitezke

Massachusettseko Institutu Teknologikoak (MIT, AEB) egindako esperimentu baten arabera, *Escherichia coli* bakterioa eta *Saccharomyces cerevisiae* legamia gai dira H_2 besterik ez duen atmosfera batean bizitzeko. Gure planetako atmosfera nitrogenoz, oxigenoz eta argoiez osaturik dago, batez ere, eta ez zuten espero hidrogeno hutsez bizitzeko ahalmena izango zutenik. Lurreko atmosferan baino 2-2,5 aldiz motelago hazi dira, baina, emaitzak ikusita, uste dute bizia uste zena baino ingurune exoplanetario askoz ere zabalago batean sor litekeela.



ARG.: Wikimages, Pixabay

Ikertzaileen arabera, litekeena da exoplaneta arrakatsu handiek Lurrak baino H_2 gehiago pilatzea beren atmosferan, eta eskatu dute, belaunaldi berriko teleskopioak martxan daudenerako, halakoak ere sar ditzatela biziaren bila aritzeko planeten balizko zerrendan.

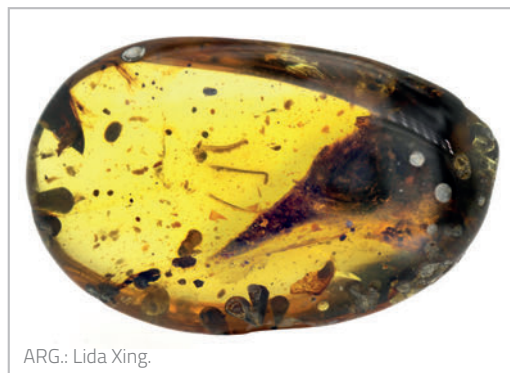
E. coli bakterioaren makinaria metaboliko aberatsa ere nabarmendu dute, gas-mota ugari sor ditzakeela ikusi baitute —oxido nitrosoa, amoniakoa, metanotiola, dimetil sulfatoa eta isoprenoa, besteak beste—. Gas horiek guztiak bizi mikrobianoaren arrastotzat hartu beharko lirakekeela adierazi dute. [Nature Astronomy aldizkarian argitaratu dute ikerketa](#). ●

Kolibri baten neurriko dinosauroa anbarrean

Orain arte ezezaguna zen dinosauro baten garezurra aurkitu dute, 99 milioi urteko anbar-zati batean, Myanmarren. *Oculudentavis khaungraae* deitu diote, eta topatu duten dinosauro txikiena da (kolibri baten neurrikoa). Anbarean hain ondo gorde da, ezen sakon aztertzeko aukera izan dute.

Besteak beste, zehaztu dute garezurra 7,1 mm luze dela, eta oso begi-zulo handia du, muskerrenaren parekoa. Antza denez, begi-nini txikia zuen; hortik ondorioztatu dute egunekoa zela. Neurriari buruz, berriz, gogorarazi dute txikitzea ohiko egokitzapena dela uharteetan, eta anbarra sortu zen ingurunea uhartez osatuta zegoela garai hartan.

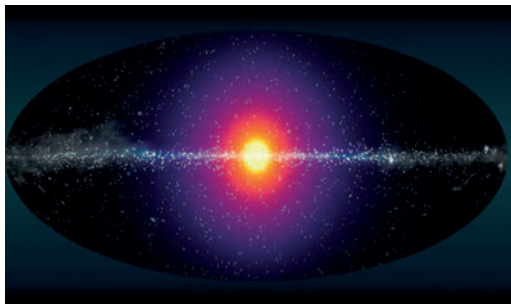
Gaur egungo hegaztiekin alderatuta, ezaugarri oso primitiboak eta berriak ditu nahasian. Bestalde, neurri horretako hegaztiak ez bezala, harraparia zela uste dute, hortzak baitzituen (30 inguru, goian zein behean), eta intsektuak eta artropodoak jango zituela ondorioztatu dute. [Nature aldizkarian argitaratu dituzte emaitzak](#). ●



ARG.: Lida Xing.

Materia ilunaren zantzutzat jo izan den seinalea baztertu dute

Partikulen fisikaren hainbat eredu proposatu izan dute materia iluna pixkanaka deskonposatu eta materia arrunt bihur litekeela, eta, prozesu horretan, fotoiak askatu litezkeela. Hala, proposatu izan da zenbait galaxiatan ikusitako 3,5 kiloelektronvolteko X izpien isuri-mota bat izan zitekeela horren frogara. [Science aldizkarian argitaratutako ikerketak](#) batek, ordea, ezeztatu egin du hori hala denik. Haren arabera, ez da materia ilunaren deskonposizioaren ondorio hainbat galaxiatan eta galaxiakumulutuan hauteman den X izpien seinalea.



Materia ilunaren deskonposizioa egotekotan, Esne Bidearen erdigunearen inguruan X izpien isuria ikusi beharko omen litzateke. ARG.: Fermi Large Area Telescope.

Horretarako, ikertzaileek Esne Bidean antzeko zerbait gertatzen ote den argitu nahi izan dute. XMM-Newton teleskopioaren bidez, urtebeteko behaketa egin dute, galaxiaren haloari begira. Beste motatako X izpien isuritik libre dauden eremuei erreparatu diete, baina ez dute isuri-mota horren aztarnarik aurkitu.

Grabitazioari lotutako behaketek ondorioztatzen dutenez, unibertsoaren % 80 materia iluna da, baina, momentuz, materia iluna aurkitzeko ahaleginean jarraitzen dute astrofisikariek. ●

Hizketarako bide neuronalen sorrera



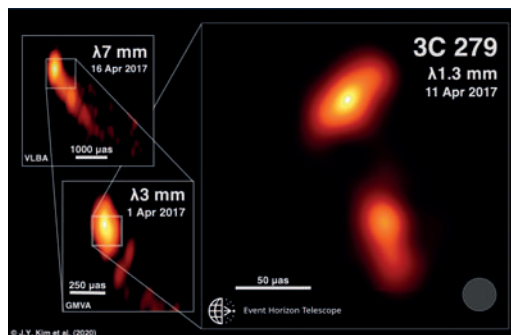
ARG.: Pixabay.

Gizakiek hitz egiteko gaitasuna gara zezaten, ezin bestekoa izan zen primateen garunean hainbat aldaketa gertatzea. Hain zuzen ere, entzumenaren eremua eta loburu frontala interkomunikatzen dituzten bide neuronalak sortzea. Orain arte, uste zen duela 5 milioi urte sortu zela konexio hori, tximinoen eta gizakien arbaso komun batean, baina *Nature Neuroscience* aldizkarian argitaratutako ikerketa batek oso bestelako datuak eman ditu: duela 25 milioi urte sortua zen jada.

Ikertzaileentzat zaila da hizketarako gaitasuna nola sortu zen aztertzea, hezurak ez bezala, garunak ez baitira fosilizatzen. Erreminta bakarra izan dute eskura: bizirik dauden primate espezieen garunak aztertu eta gizakienekin alderatzea. Kasu honetan, komunitate zientifikoak denen eskura jarritako eskaner-irudiak izan dituzte baliabide nagusia.

Newcastleko Unibertsitateko neurozientzialariek egin dute ikerketa, eta aipatu dute balio izan duela bide neuronal horrek gizakiongan gerora zer bide egin zuen argitzeko ere. Alegia, garuneko entzumen-eremuak ez diren beste eremuak ere tartean nola inplikaturaz joan diren ikusteko. ●

Zulo beltz baten zorrotada, inoizko zehaztasun handienarekin



3C 279 quasarreko zorrotadaren irudia. ARG.: J.Y. Kim (MPIfR), Boston University Blazar Program (VLBA and GMVA), and Event Horizon Telescope Collaboration.

Duela urtebete, *Event Horizon Telescope* lankidetzak zulo beltz baten lehen irudia erakutsi zuen. Orain, lankidetzak horrek zulo beltz batek sortutako zorrotada erakutsi du, inoizko zehaztasun handienaz.

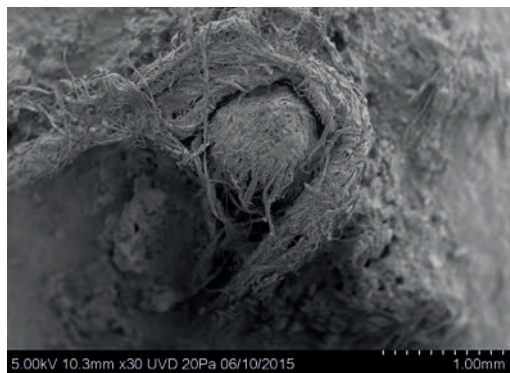
Bost mila milioi argi-urtera dagoen galaxia batean ikusi dute, 3C 279 quasarrean. Haren erdigunean gure Eguzkia baino mila milioi aldiz masa handiagoa duen zulo beltz bat dago, eta zulo beltz horrek materia irenstearen sortzen diren indar ikaragarrien ondorioz, bi plasma-zorrotada biki ateratzen dira, ia argiaren abiaduran.

Mundu osoko hainbat irati-teleskopio sinkronizatu lortu dituzte irudi berri hauek. Hala, argi-urte bateko zehaztasunez aztertu ahal izan dute zorrotada, eta akrezio-diskoraino jarraitu ahal izan diote. Zorrotada zuzena izatea espero bazen ere, forma bihurria du oinarrian. Bestalde, ikusi dute behaketa iraun zuen egunetan zehar irudiaren xehetasunak aldatuz doazela, ziurren akrezio-diskoaren errotazioaren, eta materiala birrintzearen eta infiltratzearen ondorioz. Simulazioetatik espero ziren fenomenoak dira, baina orain arte inoiz behatu gabeak. ●

Neandertalek egindako soka-zati bat aurkitu dute

Abri du Maras (Frantzia) Paleolitoko aztarnategi garrantzitsu bat da. Neandertalen arrastoak ere baditu, eta, orain, landare-jatorriko objekturik zaharrena izan daitekeena aurkitu dute: 6 cm-ko soka-zati bat, landare-zuntzez egindakoa; ustez, zerbait lotzeko, edo sare edo poltsa bat osatzeko egindakoa. 41.000-52.000 urte dituela kalkulatu dute. Baieztatuz gero, orain arte aurkitutako zaharrena baino askoz ere lehenagokoa izango litzateke.

Orain arte zaharrena zen hura Ohalo II aztarnategian aurkitu zuten (Israel) eta 19.000 urte inguru ditu; beraz, sapiensak egindakoa da. Horrenbestez, neandertalen gaitasun kognitiboa zenbait alderditan (matematika, teknologia...) gurearen parekoa zela berretsi daitekeela adierazi dute ikertzaileek.



Neandertalek egindako soka, mikroskopiopiean. ARG.: M-H. Moncel.

Azaldu dutenez, estereomikroskopia eta mikroskopiako teknika aurreratuenen bitartez aztertu dute aztarna, eta ondorioztatu dute lorerik gabeko landare baten (konifero bat, agian) azalaren azpiko zatiarekin egin zutela. [Scientific Reports aldizkarian argitaratu dute ikerketa.](#) ●

Ingurune berdeek osasunean nola eragiten duten aztertu dute

INMA proiektuan, ingurune naturalek haurren osasunean duten onura ikertu dute. Izan ere, ikerketa ugari egin dira osasunean eragin kaltegarria duten ingurumen-aldagaiak aztertzeko, baina ez alderantziz. Hutsune hori betetzeko asmoz, ingurune berdeen eraginari buruzko azterketa epidemiologikoa egin du ikertzaile-talde batek.



San Martin parkea, Gasteiz. ARG.: Gazteizko udala.

Ikerketan, datu objektiboak eta subjektiboak bildu dituzte: partaidearen etxebizitza inguruko berdetasun-maila, 300 metroko inguruan gune berderik duen ala ez, pertzepzio subjektiboak...

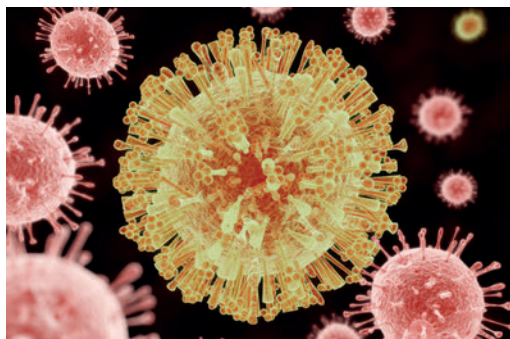
Bestalde, gune berdeek osasunean zein bitartekariren bidez eragiten duten aztertu dute: ingurumenarekiko esposizioa (CO_2 -a xurgatzea, trafikoa, temperatura eta hezetasuna); jarduera fisikoa; gizarte-kohesioa; eta estresa arintzea eta atentzioa berreskuratzea. Osasuna neurtzeko, berriz, sei arlori erreparatu diete: ugalketa-osasuna, jarduera fisikoa, osasun mentala, asma eta alergia, ondorio kardiobaskularrak eta hilkortasuna.

Azkenean, ikusi dute bitartekari garrantzitsuenetako bat berrezarpenaren gaitasuna dela. Horrez gain, jarduera fisikoa eta aire-kutsadura dira aipatuenak, eta, bigarren mailan, zarata, giza kohesioa eta depresioa. ●

Zika birusa harreman sexualen bidez hedatzeko arrazoia argitu dute

Zika birusak giza baginaren traktua estaltzen duten zelulak infektatzen dituela argitu dute AEBko ikertzaileek. 2015an Asiatik Amerikara hasitako zabalkunde epidemikoaren aurretik ere, bazekiten Zika birusa, eltxoez gain, harreman sexualen bidez ere kutsatzen zela; baina ez zekiten nola gertatzen zen transmisioa. Izan ere, ez da ohikoa Flabivirus familiako birusen artean harreman sexualen bidez transmititu ahal izatea: Zika eta C hepatitisaren birusak dira bakarrak.

Oraingoan, [birusari zeluletarako sarbidea ematen dion molekula identifikatu dute](#): UFO hartzailea da, baginako zeluletarako mintz plasmatikokoan azaltzen den proteina bat. Hari lotuta lortzen du birusak bere mintza zelularen mintzarekin fusionatu eta barrura sartzea. Ikertzaileen arabera, birusa baginako epitelioan erreplikatu eta kopuru handitan sortzea da, gero, birusaren infekzioa gorputz osora zabaltzeko lehenengo urratsa.



ARG.: iStock.

Birusaren sarbiderako mekanismo molekularra argitu izanak aukera eman lezake UFO hartzailea blokeatzen duten antigorputzak sortu eta Zikaren aurkako tratamenduak garatzeko; oraingoz, ez baitago tratamendurik. ●



[COVID-19aren inguruko albisteak, webgunean](#)

Fernando P. Cossío Mora
Ikerbasqueko zuzendari zientifikoa
Kimikaria



*“Zientzialariok oso baikorrak gara,
pentsatzen baitugu erantzunak
aurkitzea posiblea dela beti”*

Ana Galarraga Aiestaran • Elhuyar Zientzia

Fernando P. Cossío Mora San Martín de Villafufren (Kantabria) jaioa da, 1960an. Kimika Organikoko katedraduna da, eta Kimika Bioorganikoaren eta Modelizazio Molekularraren ikerketa-taldearen burua EHUUn. Horrez gain, 2009tik, Ikerbasqueko zuzendari zientifikoa ere bada. Ikerbasquen dituen ardurek laborategitik aterarazten duten arren, nabarmena da barreneraino sartua duela kimikari-sena.

Zerk harritu, asaldatu edo txunditu zaitu gehien, lanean hasi zinenetik?

1980ko hamarkadan, Zaragozako Unibertsitatean kimika ikasten ari nintzenean, harritu ninduen kimika beste zientzien erdi-erdian zegoela konturatzeko. Izan ere, ia denak zeukan zerikusia kimikarekin: material berriak (plastikoak, aleazioak...), katalizatzaileak, eta abar. Baina, horrez gain, konturatu nintzen galdera sakonei erantzuna emateko ere kimika ezinbestekoa zela. Adibidez, urte horietan bizitzaren jatorria arreta handia erakartzen ari zen, eta argia zen erantzunak kimikoa izan behar zuela. Gizarteak botika berriak behar zituen: antibiotikoak, minbiziaren aurkako molekulak... Eta energiaren arazoa pil-pilean zegoen eta material fotoboltoiak hasten ari ziren garrantzia hartzen... Horrekin batera, konturatu nintzen zientziaren irudi publikoa, kimikarena batez ere, gero eta txarragoa zela. Niretzat ulertezina zen hau, zientziaren emaitzak eta abantailak agerian baitzeuden. Tamalez, gaur egun arazo hau larriagoa da, nire ustez.

Zer iraultzaren edo aurkikuntzaren lekuko izan nahiko zenuke zure ibilbidean?

Galdera nagusiek ez daukate erantzunik, egia esan. Baina hau ez da albiste txarra, nire ustez zientziaren xarma honetan datza batez ere: galdera bakoitzari erantzun partziala ematea, bakarrik hurrengo galdera sortzeko.

Zentzu honetan, zientzialariok oso baikorrak gara, pentsatzen baitugu erantzunak aurkitzea posiblea dela beti. Naturak esango digu baikortasun hau justifikatuta zegoen ala ez. Izan ere, ez dugu ahaztu behar duela lau hamarkadako galderak eta beharrrak gurekin daudela gaur egun ere.

Gure ikerketari dagokionez, hiru lerro nagusi lantzen ari gara, kanpotik begira erabat desberdinak direnak. Batetik, katalizatzaile berriak asmatu ditugu, EHU-Phos izena dutenak, interes handiko produktu berriak egiteko. Bestetik, partikula-fisikariekin batera, bukatu dugu ikerketa bat jakiteko zergatik unibertso hau materiaren egin dagoen, eta ez antimateriaz. Bukatzeko, biologo eta sendagile batzuen laguntzarekin, azken-belaunaldiko molekula terapeutikoak garatzen ari gara. Benetan, gus-tatuko litzaiguke molekula berri hauek erabilgarriak izatea. Edozein kasutan, ikerketa hauekin lortutako ezaguerak urrats txiki bat izatea espero dugu. ●

Ana Zubiaga Elordieta

Genetikaria

“Batzuetan frenoa jarri beharko genioke zientzialarion jakin-nahikeriari”

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute · Elhuyar Zientzia

Argazkiak: Marisol Ramirez/©Argazkipress



(Forua -Bizkaia-, 1959). Ikertzaile bikaina eta langile nekaezina da Ana Zubiaga genetikaria. Bere ezagutza handia umiltasun-printza batez bustitzen duen horietakoa. 2020ko Elhuyar Merezimendu Saria jaso du, genetikaz dakien guztia gizartearekin partekatzen daramalako bizitza osoa. Minbiziaren erregulazio genetikoa aztertzen du, eta 40 urteko ibilbidea egin eta gero gaixotasuna nola ulertzen duen jakin nahi izan dugu. Genetikak sortzen dizkion kezkak eta ametsak ere eskaini dizkigu.

Ahalegin handia egin duzu euskal gizartearekin genetikaren inguruko informazioa partekatzeko. Zergatik?

Hasieratik ikusi nuen jendeak bazuela interesa genetikari, nahiz eta, batzuetan, ez jakin nola egin galderak. Lana ematen du, baina asko itzultzen dizu gero. Pertsonalki asko jaso dut. Herrietara joaten naizenean hitzaldiren bat ematera, interesa duen jendea aurkitzen dut, eta poztasun handia ematen dit haien interesa asebetetzeak, ezagutzaren gozamena bizitzen ikusten ditudalako. Musikaren antzera gertatzen da. Zertarako balio du musika entzuteak? Ba ez dakigu, baina sentitzen den gozamena handia da. Bizia funtzionamenduaz jabetzea ere halakoa da.

Zurekin laborategian ikasitakoek zure mentore-lana aipatzen dute, eta nola markatu duzun haien zientzialari-sena.

Niretzat ardura handia da lantalde bat izatea. Gu ez gaude Harvarden, ez ditugu hango baliabideak. Baina gauden lekuan aurrerapenak egin ditzakegu, baldin eta gure buruarekin zintzo jokatzeko badugu. Gure galdera zientifikoak handiak dira, nahiz eta ez izan emaitzak haiek bezain azkar lortzeko baliabiderik.

Jaiotzez baserritarra zara. Nola hartu zuen zure inguruak zientzialari-ibilbidea egin nahi izatea?

Apurtxo bat *outlier*-a naiz ni. Baserrian, auzokoak esaten zidan: "Ana Mari, zu beti maistratarako ikasten?". Berarentzat ikastearen maila gorena maistra izatea zen, eta ezin zuen ulertu zelan egon ninteen urteak eta urteak maistratarako ikasten. "Noiz amaituko duzu, tuntuna al zara bada?". Barre egiten nuen, baina egia da horrela bidea zailagoa dela, ez duzunean inolako erreferentziarik, nire kasuan bezala. Garrantzitsua da emakumeei erreferenteak erakustea.

Gaixotasunen erregulazio genetikoa ikertzen duzu, minbiziarena. Zein da zuen ikerketaren helburua?

Nire interesa betidanik izan da jakitea nola ugaltzen diren zelulak. Zer mekanismoren bidez dakien zelulak noiz zatitu behar duen, noiz egon behar duen geldirik, noiz bihurtu behar duen zelula espezializatu edo noiz hilko den. Hortik iritsi nintzen minbizira.

Harvarden nenbilela, jakin genuen E2F1 transkripzio-faktorea klonatu zutela. Berez ziklo zelularra erregulatzen bazuen ere, bazirudien mutazioen bat izan eta minbizi-zelulen hazkuntza sustatzen zuela; alegia, onkogene moduan funtzionatzen zuela. Gure laborategian interesa ikusi genion eta buru-belarri hasi ginen hura ikertzen: E2F1 isildu-

ta zeukan sagu bat sortu genuen ingeniaritza genetikoaz —*knockout* sagu bat—, eta orduan jakin genuen fisiologikoki tumore-supresore moduan funtzionatzen zuela. Hor hasi zen onkogene eta tumore-supresoreekiko dudaren interesa.

Jakina, E2F1 ez zen faktore bakarra, familian zortzi identifikatu dira. Euskal Herrira itzuli nintzenean, familia hori aztertzen zentratu nintzen. Eta joan gara ikusten batzuek aurrerantz bultzatzen dutela ziklo zelularra, beste batzuek geldiarazi egiten dutela... Orain, aztertzen ari gara E2F1k eta E2F2k nola oztopatzen duten metastasia.

Minbizia eta, oro har, gaixotasuna ulertzeko modua asko aldatu da genetikaren ibilbidearekin batera, ezta?

Bai, genetikaren ibilbidea beti izan da errusiar mendi baten antzekoa. Batzuetan, asko espero izan dugu harengandik, gero frustrazioa sortu da, eta gero berriz ere gora... 90eko hamarkadan etorri zen berriz gorakada, eta hasi ginen gaixotasunak geneen bidez ulertzen. Alegia, berriz ere azaleratu ziren determinimo genetikoaren zantzuak, dena genetikaren bidez ulertu nahi izatera itzulita.

Giza genomaren sekuentziazioak gaixotasunak aurrerango zizkigula agindu zigun genetikak, baina, errealitatean, ez al du aurreikusteko gaitasun txikia erakutsi?

Bueno, gaixotasun arraroetan —Huntington gaixotasuna eta abar—, geneen sekuentzian dago gaixotasunaren oinarria. Mutazio baten ondorio dira, argi eta garbi. 6.000–7.000 gaixotasun arraro inguru daude. Baina egia da gaixotasun konplexuetan

—alegia, diabetesa, minbizia eta gaixotasun kroniko ohikoenetan— ez dagoela garbi zenbaterainoko oinarri genetikoak duten.

100.000 genomatik gora sekuentziazituta daude jada, horietako asko minbizien genomak, baina oraindik ez ditugu ulertzen gaixotasunak. Berriz ere, genetikarekiko itxaropenaren beherakada batean sartu gara, konturatu baikara gaixotasun gehien atzean beste faktore asko daudela, mutazioez gain. Oso urruti gaude oraindik hori ondo ezagutzetik, baina seguru nago une bat iritsiko dela non jakingo dugun geneek zenbateraino baldintzatzen duten.

“Genoma oso ondo jabetzen da inguruan gertatzen denaz, gure esperientziez”

Seguruenik, biologiaren erronkarik handienetako bat izango da gaixotasunak bere osotasunean ulertzea; argitzea nola eragiten duten gure genomaren espresioan inguruak, bizimoduak, kirolak, emozioek, kutsadurak...

Bai, zalantzarik gabe. Azkenaldian, ikusten ari gara genoma oso ondo jabetzen dela bere inguruan gertatzen denaz. Faktore horiek guztiek, gure esperientziek, aldaketa epigenetikoak eragiten dituzte gure geneen gainean; alegia, marka kimiko bat jarrita baldintzatu dezakete zein gene isildu edo aktibatuko den. Batzuetan, marka horiek heredagarriak izan daitezke, gainera.



Gertatzen dena da hasieran baino ez gaudela. Orain arte imajinatu ere egiten ez genituen marka asko jar ditzakete kromatinan. Duela gutxi arte, uste zen metilazio eta azetilazioen bidez markatzen zirela geneak eta histonak —beren baitan kiribilduz DNA-ren egitura egonkortzen duten proteinak—. Baina marka asko daude.

“Digestioa bakarrik ez, gure geneak ere erregulatzen dituzte bakterioek hesteetatik”

Adibidez, azkeneko aurkikuntza: laktilazioa. Metabolismoan sortzen den molekula bat da laktatoa, eta ikusi dute histonak markatu ditzakeela. Horrek esan nahi du metabolismoak ere hitz egiten duela geneekin! Alegia, metabolismo zelularrean sortzen diren bitartekariak ere eragiten dutela geneen espresioan. Horrek zeharo harrituta utzi ninduen.

Izatekotan, zailena da emozioen eragina argitzea, ez baitakigu nola islatzen den hori maila molekularrean. Astiro-astiro, jendea ari da kasuak aurkitzen, eta argitzen molekularki nola gertatzen den. Adibidez, nola dauden erlazionatuta depresioa eta immunosupresioa, eta nola eragiten duen immunosupresio horrek gero gaixotasunak garatzeko orduan. Baina zientziak oraindik ez du nahiko oinarri sendorik gauza asko esateko.



Eta sortu al da marka epigenetikoak aldatzen dituen botikarik?

Bai, badago farmako epigenetikoren bat. Adibidez, borinostata. Histonetako marka epigenetikoak alda ditzake, eta minbizi batzuen tratamenduan erabiltzen da.

Azkenaldian, ikusi da hesteetako mikrobiotak ez digula digestioan bakarrik laguntzen, gure geneen espresioan ere agintzen duela, ezta?

Bai, hori ere bai! Hau oso interesgarri jartzen ari da. Gure gorputzeko kilo bi edo hiru mikrobioak dira, ezta? Eta birusak ere egongo dira, segur aski. Bueno, bada, digestioan laguntzeaz gain, gure gorputzeko beste jarduerak erregulatzen ari dira



bakterioak hesteetatik. Oraindik ezer gutxi dakigu, baina bat-batean konturatu gara mikrobioma oso aktiboa dela. Interakzio handia dagoela gu eta gure bakterioen artean, baita gure geneen espresioan ere. Harrigarria da!

Arazoa da dakiguna baino gehiago jakin nahi dugula.

Zientzia motelegia egiten zaigu batzuetan.

Bai, jakin-mina handia da, eta ase beharra dago. Baina, batzuetan, arazoak sortzen dira berehala jakin nahi dugulako dena, eta hori arriskutsua da.

Ez hori bakarrik, inoiz muga irristakorretan dantzan aritzen da genetika: giza klonazioa, lerro ger-

minalen edizio genetikoa... Nola bizi du genetikari batek hori guztia?

Oso gertutik bizi dugu hori guztia. Zientzialaria ez den batek ikusten du, baina urrutiagotik bizi du. Guk ondo dakigu zer inplikazio dituen. Azkenekoa edizio genetikoa izan da. CRISPR teknika sortu zenean (badira jada 6 urte edo), hasieratik argi ikusi nuen baten batek enbrioietan aplikatu nahiko zuela. Pertsonalki beldur itzela eman zidan, banekielako oraindik galdera pila bat daudela erantzun gabe. Zertarako egin? Baina zientzialari batzuek azele-ragailua ahal den gehiena sakatu nahi izaten dute, ez dakit oso ondo zergatik: ospeagatik, diruagatik, jakin-nahi hutsagatik... Sokatira horretan bizi da zientzia.

Izan ere, a zer jostailuak eman dizkion genetikak gizakien jakin-nahiari...

Bai, batzuetan ez du mugarik gure jakin-nahikeriak. Honaino iritsi naizenez, harago joan nahi dut, ea zer lortzen dudan. Beti probatu nahian noraino iritsi naitkeen... Nartzisismo-puntu bat ere badu. Egia da zientziak horrela funtzionatu izan duela beti, eta hortik gauza onuragarri asko ere etorri direla, baina uste dut askotan gure buruari frenoa jarri beharko geniokeela.

“Milioika pertsonaren genomak sekuentziatuta, beldur naiz ez ote garen giza taldeak sailkatzen hasiko”

Eta badut kezka sekuentziazioarekin ere. Gaur egun hain da merkea! AEBn badago ekimen bat milioi bat pertsonaren genoma sekuentziatzeko, eta Txinan, beste hainbeste; Erresuma Batuan 100.000... Urte gutxi barru, milioika pertsonaren genomak ezagutuko ditugu, eta beldur naiz informazio horrekin ez ote garen hasiko giza taldeak askoz ere gehiago sailkatzen eta bereizten, eta ez dakit hori ona ote den.

Zer eska diezaiokegu genetikari etorkizunean?

Ba begira, minbizi-genomen sekuentziazioak informazio interesgarria emango duela uste dut. Orain urtebete, ekimen handi batean, 11.000 minbizi-genoma aztertu zituzten, hainbat minbizi-motatakoak. Eta garrantzitsua izan da genoma osoa sekuentziatu dutelako: ez bakarrik proteinak kodetzen dituzten geneak, baizik RNA ez-kode-

tzailea ere. Uste baitzuten hor ere egon zitezkeela minbizi-eragileak diren mutazio asko. Egia esan, oraindik, ez dakigu ondo zertan ari den gure genomaren % 99a. Biziaren materia iluna da genetikak argitu behar duena. Adibidez, transposonak, tokiz mugitzen diren geneak. Zelula-barruko parasito modura jokatzeko dute, inguruko geneak aldatuz edo batetik bestera mugituz. Mutazioak eta arazoak sortzen dizkigute, baina onurak ere ekarriko dituzte, ez baititugu kendu eboluzioan zehar. Gure genomaren % 50 osatzen dute transposonek, eta oraindik ez dakigu ia ezer haiei buruz.

Bestetik, epigenetikarekin oso lotua dagoen kontu bat: badakigu geneek zer funtzio duten, baina hutsune handiak ditugu gene horien erregulazioan. Izan ere, gene bat nola erregulatzen den jakiteko, urte askoan aritu gara haren promotorea aztertzen, justu ur gora dagoen eskualdea. Baina konturatu gara oso ikuspegi murrizta izan dugula. Badaude gure genomaren eskualde asko kromatinan sakabanatuta daudenak eta urrutitik agintzen ari direnak geneak nola erregulatu. Erregulazio-mota hori izango da datozen urteetan landu behar den alorra. Sekuentziatzen oso ondo ikasi dugu, baina orain konplexutasunaren hurrengo maila ulertzera pasa behar dugu, argitzeko nola mugitzen eta antolatzen den genoma osoa —kromatina— modu harmoniatu batean; nola bermatzen duen gene guztien erregulazioa, esate baterako, gene batzuk piztuta eta beste batzuk itzalita izateko une berean. Hor dugu erronka handia. ●



bat

Soziolinguistika aldizkaria

HIZKUNTZA NORMALKUNTZA ETA GLOTOPOLITIKA ALDIZKARIA

SOZIOLINGUISTIKA KLUSTERRA. Martin Ugalde K.P. / 20140 - ANDOAIN
kluster@soziolinguistika.eus / bat@soziolinguistika.eus
<http://www.soziolinguistika.eus/bat>

BAT ALDIZKARIA 114. ZENBAKIA

NAZIOARTEKO HIZKUNTZEN GARAPEN-LANKIDETZA

BELEN URANGA > Hitzaurre gisa.

IÑAKI MARTINEZ DE LUNA > Lankidetzaren ikuspegi holistikoa.

TXEMA ABARRATEGI > Hizkuntza lankidetzaren dimentsio politikoaz. Estatu plurinazional bati eta nazio pluriestatal bati begira.

JULEN LARRAÑAGA, MIKEL MENDIZABAL, ANDONI BARREÑA > Nasak eta euskaldunak elkarri begira.

ROSA ELIZBURU > Nasa Yuwe biziberritze prozesua eta hezkuntza.

ARKAITZ ZARRAGA, ANE ORTEGA > Euskal-nasa kooperazioa helduen irakaskuntzaren ardatzean.

IMANOL MINER > Maoriera, ordezkatzeta eta biziberritzea

GUREAN ATALA: IÑAKI MARTINEZ DE LUNA ETA PABLO SUBERBIOLA > Hizkuntza-mudantza EAEko ikasleengan

SOZIOLINGUISTIKAREN MUNDUKO LEIHOA



harpidetu edo oparitu

URTEAN 40 EURO

ABANTAILAK:

- Hiru hilez behin, BAT aldizkaria etxean bertan.
- Hiru hilez behin, BAT aldizkaria PDFn jaso.

www.soziolinguistika.eus/bat/harpidetza

943 592 556 — bat@soziolinguistika.eus



Mikroplastikoak eta osasuna

Gure gizartearen asmakizunik onenetakoa da plastikoa. Arina, malgua eta oso merkea. Hala, ia edo-zer sortzeko zein biltzeko materialik egokiena da. Milaka milioi tona plastiko sortu ditugu jada... eta horietatik % 75 hondakin bihurtu dira. Hortaz, plastikoaren onurak arazo bihurtu zaizkigu, hondakin

plastikoen kudeaketa gure gizartearen arazo handienetako bat bilakatzeraino. Ekosistema guztietan sartu dira jada, eta eztabaidan dago zer arrisku ekar ditzakeen maila zelularrean sartu izanak. Bitartean, ez dirudi gure kontsumo-eredua nabarmen aldatuko denik erraz. Zein da irtenbidea?

Plastikoez eta haien arazoez hitz egiteko, eztabaida-saio ireki bat antolatu zuen Elhuyarrek, San Telmo museoan. Mahai-inguruan adituek botatako ikuspuntuak jaso ditugu hurrengo orrialdeetan, eta [Zientziakide proiektuaren webgunean irakur ditza-kezuze ikusleek egindako hausnarketak](#). Hauek dira adituak:



SAREAN+

[Eztabaida-saio osoa webgunean](#)



ARG.: Alba Alioth/Shutterstock.com

Joana Larreta Astola, AZTIko ozeanografoa eta Kimika Analitikoan doktorea. Itsasoetako eta Kostaldeetako Ingurumen Kudeaketako taldean iker-tzen du.



Joana Larreta Astola
“Itsasoko hondakinen kudeaketari heldu behar zaio”

Joserra Otegi Olaso, EHUKo Bilboko Ingeniaritza Eskolako irakaslea eta Ekologistak Martxan taldeko kidea. Taldearen barruan, Hondakinen Batzordean ari da lanean.



Joserra Otegi Olaso
“Plastikoak: birziklatzea ez da irtenbidea”

Miren Cajaraville Bereziartua, EHUKo Zelulen Biologiako katedraduna eta Zelulen Biologia Ingurumen Tokikologian Eusko Jaurlaritzako ikerketa-taldearen burua.



Miren Cajaraville Bereziartua
“Mikro eta nanoplastikoez Troiako zaldi gisa joka dezakete”

Joana Larreta Astola

Ozeanografoa eta Kimika Analitikoan doktorea
AZTI



Gaur egun gizartea oso arduratuta dago, besteak beste, mikroplastikoek ingurunean duten presentziaz; batez ere, itsasoan duten presentziaz eta itsas animalien eta giza osasunean duten eraginaz. Modako gaia da, komunikabideetan izugarrizko oihartzuna izaten ari da, gainera, nahiz eta hamarkadak daramatzan plastikoak ingurunean barreiatuta. Ikertzaileek urte-mordoxka bat daramate lanean gai honen inguruan, eta gizartetik eta instituzioetatik sortutako galderei erantzutera eta konponbidea ematera daude bideratuta ikerketa asko. Hala ere, ikerketa gehiagoren beharra dago.

Euskal Herriko datuak

Jakin badakigu plastikoak itsaso guztietan daudela eta kantitate handietan. [LIFE LEMA proiektua](https://www.lifelema.eu/es/)



(<https://www.lifelema.eu/es/>) arduratu da Euskal Herriko kostaldean pilatzen den zaborra kuantifikatzeaz, besteak beste. Horretarako, ibaietatik pasatzen den zaborra monitorizatu da, zaborra era adimentsu batez jasotzen dituzten itsasontziez baliatu dira, eta eredu matematikoak egin dira, aurreikuspenak egin ahal izateko. Are gehiago, itsasora zaborra ez heltzeko sistemak aztertu eta administrazioentzako alerta-aplikazioak garatu dira.

Emitzek erakutsi dute zaborra errenkadatan pilatzen dela kostaldeko uretan; errenkada horiek 1 km-ko luzera izaten dute batez beste, eta 60-92 kg inguru pilatzen dute, udaberrian udan baino gehiago izanik. Kontuan izan behar da udaberrian eta udan tamaina handiko zaborra "arrantzatzen" duten ontziak ibiltzen direla, eta horren ondorioa izan daitekeela, neurri batean behintzat, udan kantitate gutxiago aurkitzea. Gainera, Gipuzkoako kostaldean Iparraldekoan baino gutxiago pilatzen da, nabarmena baita Aturri ibaiaren eta Iparraldeko kostaldean sortzen diren korronteen eragina. Mikroplastikoei dagokienez, bestalde, zera ikusi da ur-gainazalean egin diren azterketan: 0,7-15.300 g/km² pilatzen dira, eta Iparraldeko kostaldean Gipuzkoakoan baino 5 bider gehiago.

“Itsasoko hondakinen kudeaketari heldu behar zaio”

Nondik dator plastikoa?

Datuek erakusten dute itsasoko hondakinen kudeaketaren gaiari heldu behar zaiola, behingoz. Izan ere, plastikoen jatorriaren azterketa pisutan egin denean, ikusi da % 50 itsasoan bertan egiten diren ekintzetatik datorrela (arrantza, itsas garraioa, turismoa...), eta beste guztiaren jatorria zein den ezin dela ondo jakin, lurretik datorrena edo itsasokoa izan baitaiteke.

Kostaldeko itsas ur-azalean aurkitu daitezkeen produkturik ohikoena plastikozko zati txikiak eta arrantzarako erabiltzen diren sokak, sareak eta pitak dira. Ehuneko txikiago batean, aldiz, jatorri identifikaezineko plastiko-produktuak, janari-edukiontzia, botilak eta tapoiak, litxarrera-poltsak eta makilatxoak.

Aditiboen auzia

Itsasoan, ur-gainazalean dagoena aztertu da LIFE LEMAn, baina badakigu itsas hondoan, sedimentu, hareatan eta itsas bizidunetan ere agertzen direla plastikoak eta mikroplastikoak. Horien eragina argia da, batez ere, fisikoa, baina kutsadura kimiko

aldetik zer eragin duen jakiteko azterketa gehiago egin beharra dago. Batez ere, plastikoei erabilpen desberdinetarako itxura, forma eta gogortasuna ematen dieten aditiboen eragin kimikoa aztertu beharra dago.

Beste toki batzuetan agertzen denarekin alderatu ahal izateko ere, lanak antzekoak izatea lortu behar da, ez baitago prozedura bateraturik; ez laginketak egiteko, ez hartutako laginen azterketak egiteko, ezta emaitzak adierazteko ere. Europako Itsas Estrategian badago deskribatuta zer aztertu behar den, baina ez du adierazten zer metodologia erabili, eta Europa mailan, zailtasunak daude datuak konparatzeko garaian. Zientzialarien aldetik, konponbidea ematen ari zaio hutsune horri; hala ere, plastikoak eta mikroplastikoak erronka bat dira, eta ikerketaz gain asko dituzte, galderak ugari direlako. Argi dagoena da plastikoak kutsatzaileak diren heinean, haien inguruko araudi argiak eta zorrotzak behar direla. ●

“Plastikoak: birziklatzea ez da irtenbidea”

Gaur egun, egunero 22.000 tona plastiko botatzen dugu itsasora. Alderaketa bat egitearren, *Prestige*-ren hondamendiak 60.000 tona fuel isuri zituen, 2002an; guk bizpahiru egunean isurtzen dugu halako plastiko-kantitatea.

Mikroplastikoetako batzuk nahita ekoizten dira, plastiko-produktuak ekoizteko lehengai gisa. Baina gehienak plastikozko piezak hondatzearen ondorio dira. Plastikozko pieza horiek ur kontinentaletan edo ozeanoetan amaitzen dute, eta degradatuz doaz. Kate trofikitik igotzen dira gizakiongana iritsi arte.

Kalkulatzen da plastikoa ekoizten hasi ginenetik 8.300 milioi tona plastiko sortu dugula, eta horietatik 6.300 milioi tona hondakin bihurtu ditugula. Hau da, sortutakoaren gehiengoa hondakin bihurtu dugu. Baina zergatik bukatzen du plastikoak hon-

dakinen sisteman? Ekoizleak ez dira hondakinez arduratzen; hala, ekoizlearengandik kontsumitzailerengana igarotzen da plastikoaren jabetza. Azkenean, erabiltzaileak bota egiten du, eta gizartearen nahigabeko ardura izatera igarotzen da.

Azukrearen industria

Janari-bilgarriak, botilak eta poltsak dira gehien erabiltzen diren hondakin plastikoak. Izan ere, jaki prozesatuak dira biltzeko plastiko gehien erabiltzen dutenak, eta harreman bitxia gertatzen da bien artean: elikagai aurreprozesatuak gatz eta azukre asko izateagatik nutrizionistek gutxi gomendatzeaz gain, haien bilgarria bera ere giza osasunerako mehatxu bihurtzen da. Harreman estuan daude azukrearen eta plastikoaren industriak.

Bestetik, plastikoak “ondo bidaiatzen du”. Edozer bildu eta garraiatzeko merkea eta ona denez, arazo sozial bat sortzen du horrekin: kontsumitzailearengandik urrun dagoen ekoizpen industrialak bultzatzen du.

Kostuaren ikuspegitik, ordea, plastikoaren bizitzaziklo osoa ez dago behar bezala kalkulatuta. Erabili ondoren berreskuratzearen kostua jaso beharko litzake, Ekoizlearen Erantzukizun Zabaleko programek defendatzen duten bezala. Hori egingo balitz, ez litzateke hain errentagarria izango.





Joserra Otegi Olaso

Ekologistak Martxan taldeko kidea
EHUko Bilboko Ingeniaritza Eskolako irakaslea

Birziklatzeak kontzientzia murrizten du

Birziklatzea ez da irtenbidea. Plastikoa gehiena ezin da birziklatu —nahiz eta botilaratze-enpresa handiak tematu egiten diren plastikoa birziklatzeko aukeraz hitz egiten—, eta birziklagarria den horretatik oso ehuneko txiki bat da errentagarria. Gainera, zati txiki horretatik zati txiki bat baino ez da berreskuratzen. Eta horrek ez du aldatzeko itxurarik.

Botila hutsik edukiontzi horira botatzeak gure erantzukizun-zatia bete izanaren sentsazioa ematen du, baina, egiaz, baliabide naturalen gehiegizko erabileraren kontzientzia minimizatzen du horrek.

Baldin eta plastikoa gure eguneroko arazoetarako irtenbide bakarra izan dadin apustu egiten badugu, eta ura garraiatzeko, janitzeko eta gure elikagaiak babesteko etengabe erabiltzen badugu... gure elikagaietan, gure uretan eta arnasten dugun airean plastikoa aurkitzearen aldeko apustua ere egiten ari gara.

Plastikoaren ekoizpena zaildu behar da

Osasunaren Mundu Erakundeak dio gehiago iker-tu behar dela plastikoen kutsadura kimikoaz. Baina argi dio gelditu egin behar dela mundu mailan gertatzen ari den plastikoen kutsaduraren gorakada.

Eta hau gomendatzen du: "Neurriak hartu behar-ko lirateke plastikoak hobeto kudeatzeko eta, ahal den heinean, gutxiago erabiltzeko. Izan ere, edateko uretako mikroplastikoekiko esposizioak osasunerako arrisku txikia eragingo balu ere, ekintza horiek beste onura batzuk ekar ditzakete ingurumenerako eta giza ongizaterako".

Kontsumoaren gehiegikeria elikagaien eta arropen gainproduktzioaren oinarrian dago, baita haiekin batera doazen plastikoen oinarrian ere. Gure kontsumo-ohituren ondorioen arduragabe egiten gaitu. Baina horrek berak tokiko komunitateen desgaituraketa sortzen du, eta bidegabekeria sozialak areagotzea ahalbidetzen du.

Erakundeek kontsumo hurbilagoen aldeko apustua egin behar dute, denboran eta espazioan. Eta ekoizleek benetan beren zaborren erantzule izatea bermatu behar dute. Nire ustez, plastikoaren ekoizpena zaildu behar da. Eta hondakinak kudeatzeko sistemak birpentsatu. ●

Miren Cajaraville Bereziartua

Zelulen Biologiako katedraduna
EHU



Azken hamarkadetako plastikoen ekoizpen handiak guztiz gainditu du sortzen dugun plastiko-zaborra kudeatzeko daukagun gaitasuna. Ondorioa aski ezaguna da: plastiko-zaborra metatu egin da mundu osoko ingurune lurtar zein urtarretan. Plastikozko 4,8 eta 12,7 milioi tona artean iristen da munduko itsaso eta ozeanoetara, urtero; zabortegi erraldoi bilakatu dira. Komunikabideetan denok ikusi ditugu arrantza-sareekin edo bestelako plastiko handiekin trabatutako dortoka edo arrainen irudi ikusgarri zein hunkigarriak. Baina, tamalez, plastiko handien zuzeneko efektu fisiko horiekin alderatuta, askoz gehiago arduratu behar gaituzte hain ikusgarri ez diren tamaina txikiko plastikoeak.

Mikro eta nanoeskalan

5 mm baino txikiagoak diren plastikozko materialak dira mikroplastikoak, eta, haien artean, 100 nm

baino txikiagoak direnek nanoplastiko izena hartzen dute. Ingurunean dauden plastiko handiagoak apurtuz eratzen dira mikroplastiko eta nanoplastiko gehienak. Beste batzuk, ordea, tamaina horretan ekoizten dira zuzenean. Haien tamaina txikia dela eta, askotariko organismoek irents ditzakete, eta gai dira zeluletan sartu eta kalteak eragiteko. Gaitasun hori polimero-motaren, tamainaren, formaren eta beste faktore batzuen menpe dago.

Mikroplastikoak, Troiako zaldi

Kate trofikoetan gora egin ahala, mikroplastiko eta nanoplastikoen biomagnifikazioa gertatzen dira, eta, dagoeneko, gizakian ere agertu dira. Are gehiago, mikroplastikoek eta nanoplastikoek duten azalera/bolumen erlazio handia eta hidrofobizitatea dela eta, ingurunean dauden kutsatzaile organiko iraunkorrak adsorba ditzakete, eta haien eskuragarritasuna emendatu organismoentzat. Beraz, kutsatzaile organiko iraunkorrak garraiatzen dituzte, Troiako zaldi moduan arituz. Patogenoen garraiatzaile ere izan daitezke. Bestalde, plastikoen konposizioan, polimero nagusiaz gain beste-lako aditiboak ere ager daitezke —suaren aurkako produktuak, plastifikanteak, agente koloratzaileak, argi ultramorearen egonkortzaileak eta antioxidatzaileak, besteak beste—. Horieta batzuk kon-



“Mikro eta nanoplastikoek Troiako zaldi gisa joka dezakete”

posatu arriskutsuak dira, eta ingurunera aska daitezke. Zenbaitek disruptore endokrino gisa jardun dezakete, eta horrek arrisku gehigarri bat eragiten du ekosistemen eta gizakien osasunean.

Nola egin mikroplastikoen jarraipena?

Oraintsu arte, mikroplastiko eta nanoplastikoek organismoetan dituzten eraginak laborategiko esperimientuen bitartez ikertu dira batez ere, mikroplastiko eta nanoplastiko esferiko komertzialak erabiliz. Aurrean daukagun erronketako bat da ulertzea zer eragin dituzten ingurunean agertzen diren mikroplastiko eta nanoplastikoek; ez bakarrik partikula esferikoek, baita zuntzek eta bestelako formak dituztenek ere. Ezinbestekoa da aztertzea inguruneako “benetako” plastiko horiek zer gaitasun duten konposatu kimiko arriskutsuak adsorbatzeko zein askatzeko, ingurunean sor dezaketen kaltea ulertu ahal izateko. Bestalde, mikroplastikoak ingurunean eta organismoetan monitorizatzeko teknologian aurrerapausoak eman diren arren, bada beste erronka garrantzitsu bat: ingurunean eta organismoetan, baita gizakietan ere, agertzen diren nanoplastikoen jarraipena egin ahal izatea.

Oro har, saihetsezina da plastikoen bidezko kutsadura murrizteko ahaleginak emendatzea, kutsadura horrek ingurunean eta, ondorioz, gure ongizatean, gizartean eta ekonomian dakartzan kalteak ekidin nahi baditugu. Horretarako, plastiko iraunkorren ekoizpena bortizki gutxitu beharko da, eta plastiko-zaborra modu eraginkorrean eta epe luzeagoetan berrerabiltzeko estrategiak hobetu, plastikoen ekonomia zirkular baterantz mugituz. Halaber, plastiko biodegradagarrien alorra sustatu beharko da, ingurunearentzat arrisku txikiagoa duten heinean. Baina, horretaz gain, plastikoen kutsaduraren arazoa konpontzeko, beharrezkoa izango da gizartean eta ekonomian aldaketa sakonak egitea, maila guztietan, maila lokaletik hasi eta mundu mailaraino. ●

Mikroplastikoak hilgarriak dira ibaietako ornogabeentzat

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute · Elhuyar Zientzia

Arropa sintetikoa garbigailuan sartzen dugun bakoitzean, urak milioika mikroplastiko eramaten ditu berarekin: hoditerian zehar bidaiatu, eta ibai, itsaso, lur eta atmosferan barreiatzen dira. Ekosistema gehienak kutsatu dituzte jada, eta litekeena da kate trofiko osoan txertatu izana. Oraindik ez dakigu zer eragin izan dezaketen mikroplastikoek zeluletako makinarian sartzen direnean, baina dagoeneko frogatu dute eragin hilgarriak dituztela ibaietako ornogabeetan.





Dagoeneko ikusi dugu zer eragin izan dezaketen plastikoek eta mikroplastikoek itsasoko animalia batzuetan, baina ezezaguna zaigu zer gertatzen ari den beste inguruneetan. Hartara, mikroplastikoek ibaietako bizidunetan zer eragin duten aztertu du EHUko Ibai Ekologia ikerketa-taldeak, Madrileko Natura Zientzien Museo Nazionalarekin (CSIC) lankidetzan, eta emaitza esanguratsuak lortu ditu: ibaietako anfibioen eta ornogabeen larbentzat eragin kaltegarriak dituzte mikroplastikoek. Batzuetan, hilgarriak. Eta ekosistemen funtzionamenduan ere eragiten dutela ikusi dute; esaterako, materia organikoaren deskonposaketa eragozten dute. [Environmental pollution](#) eta [Chemosphere](#) aldizkarietan argitaratu dituzte emaitzak.

Ez dituzte ingurune naturalean aztertu bizidunengan sortzen dituzten kalteak; EHUko ibai artifizialen laborategian egin dituzte esperimentuak. Horrek aukera eman die animaliak bizi diren kondizioak erreplikatzeko, baina, aldi berean, mikroplastikoen kontzentrazio-tarte handiago baten eragina neurtu ahal izateko, egun ibaietan behatzen diren kontzentrazioez harago. 15 egunez, hainbat animalia ibaitarren larbak jarri dituzte mikroplastikoen eraginpean.

Hasteko, aztertu dute nola eragiten duten mikroplastikoek zapaburuen biziraupenean, elikaduran eta hazkundera, bai eta nolakoa izan den haien ingestioa eta kanporatzea ere. Ikusi dute mikroplastiko-kontzentrazioarik altuenean hil egiten direla animalioi; kontzentrazio txikiagoetan ez dira hiltzen, baina anfibioen hazkundera murriztu egiten da.

Bestalde, orbelaren deskonposaketa denez ibai-ekosistemetako prozesurik garrantzitsuenetako

bat, aztertu dute mikroplastikoek nola eragiten duten deskonposaketa horretan eta orbelez elikatzen diren organismoetan. Orbelean atxikitzen diren mikroplastikoek materia organikoa gutxiago deskonposatzea eragiten dute, eta ornogabeen biziraupena ere txikitu egiten da haien presentzian, kontzentrazioa edozein delarik ere.

“Konsziente izan behar dugu sare trofikoan pilatzen joan diren kutsatzaile guztiak jaten ditugula gizakiok”

Esperimentuek erakutsi dute ibaietan ohikoak diren kontzentrazioetan estresore garrantzitsuak izan daitezkeela mikroplastikoak bai anfibioentzat bai materia organikoa deskonposatzen duten organismoentzat.

Noraino iritsiko gara?

“Mikroplastiko-kontzentrazio oso altuetan ere egin dugu lan. Azken finean, ikusi nahi dugu zein kontzentraziotan hasten diren kaltegarriak izaten, ez baitakigu zer gertatuko den etorkizunean —dio Luz Boyero González ikerketaren zuzendariak—. Egia da Europan hasi dela sortzen erabilera bakarreko plastikoen murrizketa ekarriko duen legedia, baina, oraingoz, plastikoen ekoizpenak hazten jarraitzen du. Eta ingurumenean eta zabortegetan dauden plastiko horiek guztiek degradatzen eta mikroplastikoak sortzen jarraituko dute datozen hamarkadetan. Beraz, ez dakigu zer kontzentraziotara iritsiko garen etorkizunean”.



Anfibioentzat estres-eragile garrantzitsuak dira ibaietako mikroplastikoak; haien hazkundera murrizten dutela ikusi dute EHUn. Era berean, mikroplastikoak ur gezatik lurreko ekosistemetara transferitzeko bidea izan daitezkeela uste dute. ARG.: Edvard Mizsei/Shutterstock.com.

Ekosistemen arteko bektore

Ekosistema itsastarretan ikertu izan da plastikoek animalien gain duten eraginaz, baina ibai-ekosistemetan ezer gutxi. Kontuan izan behar dugu mikroplastiko asko ibaien bidez iristen direla itsasora.

“Oraingoz, ez dago gizakiontzat larria den kontzentrazioirik, baina ez dakigu zer ondorio izan ditzaketan epe luzean”

“Ekosistema lurtarretara nola iristen diren eta han duten eraginaz apenas dakigu ezer. Baina argi dago atmosferan ere aurkitu direla; hortaz, euri-uretan egongo dira, eta lurrera eta landaretzara iritsiko dira —dio Boyerok—. Gure emaitzen arabera, badirudi mikroplastikoak ur gezatik lurreko ekosistemetara transferitzeko beste bide garrantzitsua anfibioak eta ornogabeak izan daitezkeela. Izan ere, ibaietan aztertu ditugun animaliek larba-fase urtarra dute, baina, gero, helduak lurtarrak dira. Lur-rean, narrastiek eta ugaztunek jaten dituzte. Beraz,

heldu horien bidez ekosistema lurtarrean ari dira mikroplastiko kutsakor horiek guztiak sartzen”.

Elikagaiak asimilatzeke oztopo

“Bestetik, kontziente izan behar dugu, azkenean, sare trofikoko organismo guztietan pilatzen joan diren kutsatzaileak jaten ditugula gizakiok —gehitu du Boyerok—. Ez dakigu nola eragiten duten mikroplastikoek pertsonetan eta, are gutxiago, maila zelularrean. Baina animalia itsastarretan dagoeneko frogatu da mikroplastikoak hesteetan xurgatu egiten direla eta ehunetara eta zelulek sartzen direla. Litekeena da mikroplastikoak digestio-aparatuan egote hutsak, baita xurgatuak izan gabe ere, elikagaiak ondo xurgatzea eragoztekoa. Geruza bat sortzen dute epitelioan bertan mikroplastikoek, eta elikagaiak ez dira ondo asimilatzen. Uste dut, oraingoz, ez gaudela gizakiontzat larriak diren kontzentrazioetan, baina ez dakigu zer ondorio izan ditzaketan epe luzean. Eragina izateko arriskua erreala da”.

Bestetik, mikroplastikoez gain, nanoplastikoak ere badirela ohartarazi du. “Hain txikiak izanik, aztertu beharko da zeluletan sartzeko gaitasun handiagoa duten eta zer eragin duen horrek”. ●

AZOKA 2020



EROSI
INTERNETEKO
ARGIAREN
AZOKAN



ARG.: Marchu Studio/Shutterstock.com

Gaur egun, [140.000 produktu kimiko industrial erabiltzen dira munduan](#). Gure bizimodua nabarmen errazten dute, baina ondare toxiko eta arriskutsua utzi digute ordainetan. Etorkizunerako bide garbiagoa marraztu ezean, etengabeko gatazkan izango dira industria kimikoa eta osasuna —gurea zein planetarena—. Iraganetik ikasi eta bere burua berrasmatu beharko du industria kimikoak, diseinu kimiko berritzaileen eskutik.



Industria kimikoa jasangarritasunarekin zorretan

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute · Elhuyar Zientzia

“Asko zor diogu industria kimikoari. Besteak beste, gaur egun dugun bizi-kalitatea. Ez gara kontziente, baina milaka eta milaka material garatu ditu guretzat: botikak eta egunerokotasunean erabiltzen ditugun material gehienak —dio Edurne González Gandara EHUko Ingeniaritza Kimikoko ikertzaileak—. Osasungintzako babes-maskararik gabe, adibidez, ezingo genioke aurre egin COVID-19aren osasun-krisiari”.

Galdera da nola garatu ditzakegun konposatu berriak gaur egungo erronka kimiko-teknologiko-farmakologiko espezifikoei erantzuteko, betiere ziurtatuz ez diogula gure osasunari kalterik egingo, ezta ekosistemen osasunari ere. Izan ere, kezka handia dago produktu kimikoen toxikotasunaz. [Oraindik ere, ohikoak dira ibaietan metalak, fungizidak, intsektizidak, hormona sintetikoak, artsenikoa eta beste hainbat konposatu kimiko arriskutsu.](#)

Edurne González Gandara
EHUko Ingeniaritza Kimikoko
ikertzailea



Halakoek basabizitzan duten inpaktuaren adibide ugari dago: metalek eta azidotasunak kalte egin diete ur gezetako arrainei eta ornogabe lurtarrei; behiei diklofenako antiinflamatorioa emateak eragin du gero haien gorpuak jaten dituzten putreak masiboki hiltzea; hainbat bale-populazio murriztu egin dira, ehunetan eta esnean bifenilo polikloratuen kontzentrazio handiak izatearen ondorioz... Zerrenda amaigabea da. Eta, are larriagoa dena, merkatuan dauden produktu kimiko gehienen

kasuan ez dago inolako daturik izan dezaketen toxikotasun potentzialaren inguruan. Guztietatik, [% 0,2k baino ez ditu ematen ingurumenean zenbat denboraz irauten duten jakiteko datuak, eta % 11k, ur-toxikotasunari buruzko datuak.](#)

Toxikotasunaren ebaluazio zehatza egitea garestia eta luzea da. Gainera, hain handia da industria kimikoak sortutako konposatuen dibertsitatea, ezen guztiz gaingiditen baitu toxikotasuna neurtzeko

Toxizitatearen ebaluazio-prozesua luzegia dela dio hainbat ikertzailek, eta, urtero sortzen diren produktu sintetiko berrien kopuru ikaragarriak ikusita, gero eta argiago dago beharrezkoak direla toxikotasuna aurreikusteko eredu eraginkorrak. Legegileak, ordea, oso zuhurrak dira oraindik aukera horren baliagarritasunarekin. ARG.: Patrizio Martorana/Shutterstock.com.



Unax Lertxundi Etxebarria
Arabako Osasun Mentaleko
farmazialaria



Gorka Orive Arroyo
EHUko Farmazia Fakultateko
irakaslea eta ikertzailea



dugun gaitasuna. Baina gai izango al ginateke, orain arteko ezagutza guztia bilduta, produktu sintetiko berrien toxikotasuna eta arriskua aurreikusteko eredu matematiko onak sortzeko? [*Science aldizkariak hortxe kokatu du ikerketa kimikoaren etorkizuneko desfiorik handienetako bat.*](#)

Diseinu kimikoaren erronkak

Orain arte, arrisku kimikoa istripuez babesteko ekipamenduaren arabera definitu izan da. Baina, kontrol-mekanismoek huts egiten duten bakoitzean, hondamendia gertatu da, Gonzálezen ustez: "1974an, Flixborough-en (Erresuma Batuan), 50 tonako ziklohexano-isuria izan zen nylona ekoizten zuen enpresa batean. Leherketa izugarria gertatu, eta 28 langile hil ziren. Handik hamar urtera, Bhopal-en (Indian), intsektizidak sortzen zituen beste enpresa batek metil izozianatoaren isuria izan zuen. Kalkulatzen da isuri hark 2.500-4.000 hildako eta 180.000 zauritu eragin zituela. Askok ikasi dugu akatsetatik".

"Gai izango ote gara eredu matematiko onak sortu eta produktu sintetiko berrien toxikotasuna aurreikusteko?"

Orain, argi dago arriskua murrizteko estrategia ez dela oinarritu behar istripuetatik babesteko ekipamenduan; produktuen diseinuan bertan murriztu behar da toxikotasuna. Beraz, produktu edo prozesu kimikoak diseinatzen dituzten iker-tzaile-taldeek ezagutza sakona izan behar dute

produktuen arrisku fisikoez (lehergarritasuna...) eta globalez (berotegi-efektuko gasen sorrera...), bai eta toxikotasun molekularrari buruz ere. Inoiz baino beharrezkoagoa da kimika, toxikologia eta ekologia uztartzea.

"Gainera, industria kimikoko prozesu guztiek monitorizatuta egon beharko lukete. Une oro izango bagenu erreakzio kimikoan gertatzen ari denari buruzko informazioa, arazoren bat gertatuz gero, denbora izango genuke istripuak ekiditeko", dio Gonzálezek.

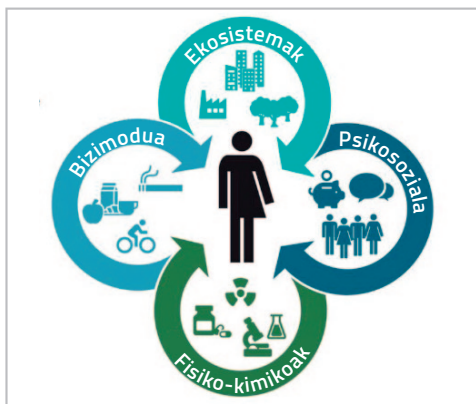
Industria zirkularizatzeko beharra

Toxikotasuna eta arriskua murriztea ez da, ordea, industria kimikoak duen erronka bakarra. Hondakin eta azpiproduktu ugari sortzen da. Produktu espezializatuetan, esaterako, azken produktua baino 5-50 aldiz azpiproduktu gehiago sortzen da; produktu farmazeutikoetan, 25-100 aldiz gehiago. Hori errotik aldatzea lortu beharko luke diseinu kimiko berdeak.

Hondakinei dagokienez, plastikoak dira adibide garbia. Gehienak erabilera bakarrekoak dira, eta garestia da haiek birziklatzea, hainbat polimeroren nahastea izateaz gain, askotan, gehigarriak izaten baitituzte: plastifikatzaileak, egonkortzaileak... "Gehiago inbertitu behar da plastikoen birziklapena ikertzeko", uste du Gonzálezek. Izan ere, produktu berriak merkaturatzeko abiadura birziklapenaren ikerketa baino azkarragoa den bitartean, arazoak beti gaingituko du konponbidea. Hondakinen kudeaketa hondakinak sortu dituen enpresaren gain uztea ote da irtenbidea?. Azkartuko al luke horrek ikerketa?.

Esposoma: gaixotasunen ekosistema kimikoa ulertu nahian

Esposoma hitza zedarritu da gure osasunean eragiten duten kanpo-faktore guztiak biltzeko: etxebizitzetan zein ingurumenean dauden gai toxikoak, jaten duguna, estresore psikosozialak, emozioak, kirol-ohiturak, klima... Horiek denek dute eragin kimikoa gorputzean, eta denek osatzen dute gaixotasunaren ekosistema, genetikarekin batera.



Genetikak argi erakutsi du informazio genetiko hutsaz ezin ditugula ulertu ohiko gaixotasun kronikoak; genetikak baino zerikusi handiagoa dute kanpo-faktoreek. Esaterako, kalkulatu da munduko heriotzen % 16 airearen, uraren eta luraren kutsadurak eragindakoak direla. Esposomaren osagai gehienak identifikatzeke daude, ordea. Zaila izanik ere, garrantzitsua da konposatu toxikoak identifikatu eta haien ekintza-mekanismoak argitzea. Izan ere, genomaren eta esposomaren informazioa uztartuta bakarrik lortuko dugu gaixotasunak ulertzea.

Esposomaren mapaketa sistematikoa egiteko saiakera egiten hasiak dira jada zientzialariak, aprobetxatuz masa-espektrometria, sentso-reetan eta bioinformatikan egin den aurrerapena. Baina argi adierazi dute: Giza Genoma Proiektu erraldoiaren pareko ahalegin zientifiko koordinatua egin beharko da esposoma mugarritu nahi bada.

Bestetik, lehengai naturalen auzia ere badago mahai gainean. Gero eta handiagoa da kalitate handiko metalen eskaera industrian. Baina, era berean, oso zaila da metal horiek gero beste zer-baitetan berrerabiltzea. 2012rako, gizadiak 560 milioi tona metriko kobre erauzi zituen, eta horietatik erdia bakarrik dugu jada erabilgarri. Non galdu da beste erdia? Zer ikasi dezakete galera handi horretatik ekonomia zirkularra oinarri duten ikertzaileek?

Argi dagoena da molekulen hasierako diseinu kimikoan dagoela gakoa, hor zehazten baitira molekula bakoitzak zer ezaugarri izango dituen, haiek lortzeko zer-nolako erreakzioak bideratu beharko diren, zer kontsumo energetiko eta zer lehengai beharko den, eta zenbat hondakin sortuko duen.

Diseinu kimikoak bere burua berrasmatu beharko du, gizartea jasangarritasunaren aldeko aldarria egiten ari den honetan. "Erronka handia da kimika berderako saltoa egitea, egia da. Baina diziplina askotako jendea gaude arazo horri aurre egiteko", dio Gonzálezek.

Industria farmazeutikoa jomugan

The Lancet aldizkari medikoak apirilean argitaratutako [artikulu batek beste arazo bat mahaigaineratu du: kutsadura farmakologikoarena](#). Botiken bidezko tratamendu masiboek ingurumenean eta giza osasunean eragiten dituzten ondorio suntsitzaileez ohartarazi du. Unax Lertxundi Etxebarría Arabako Osasun Mentaleko farmazialaria eta Gorka Orive Arroyo EHUKo Farmazia Fakultateko irakaslea dira artikulua egileak.

*“Diseinu kimikoak bere burua berrasmatu beharko du,
hor zehazten baita molekulek izango duten toxizitatea”*

“Botika bat hartzen dugunean, parte bat xurgatu eta erabili egiten du gure organismoak, baina beste parte handi bat gernuaren eta gorotzen bidez kanporatzen dugu —dio Lertxundik—. Araztegiak ez daude prestatuta botikak desagerrarazteko, eta, azkenean, ibaietan amaitzen dute”. Hala, 3.000 printzipio aktibo baino gehiago aurkitu daitezke ingurumenean barreiatuta, hala nola aktibitate tiroidea, kardiobaskularra, antiepileptikoa, antibiotikoa, antidepresiboa, antiinflamatorioa zein bestelakoak dituztenak. “Kontzentrazio oso baxuak direla pentsa dezakegu, baina botikak diseinatzeko dira oso kontzentrazio baxuetan izan dezaten era-

gin farmakologikoa. Hortaz, ondorioak larriak dira —argitu du Lertxundik—. Hasteko, antibiotikoe-kiko bakterio erresistenteak sortzen dira, eta horrek ospitaletara ekartzen du arazoa bueltan, gero antibiotiko horiek ez baitira eraginkorrak gaixoak sendatzeko”.

Antidepresiboak, antiinflamatorioak eta abar basabizitzan

Arazoak dimentsio handiagoa du, ordea. Ekosistema basatietan eragiten dituen arazoak ikusi besterik ez dago. “Kontuan izan behar dugu gizakiok ditugun hormona, entzima eta neurotransmisore



Lur-zizareek eta intsektuek lurretik eta ibaietatik xurgatzen dituzte botikak, eta, gero, hegazti eta ugaztunetarako bektore gisa jokatzen dute. Hala, kate trofiko osoak pairatzen ditu kutsadura farmakologikoaren ondorioak.. ARG.: Gerhard Gellingner/Pixabay.

“Gizakiek botiken bidez hartutako antidepresibo-kontzentrazioaren erdia jasotzen dute ornitorrinkoek egunero ibaietatik”

gehienak badituztela beste animaliek ere; hortaz, haiengan ere eragiten dute botikek —dio Lertxundik—. Adibidez, fluoxetinak (Prozac® antidepresiboak) ibaietan amaitzen duenez, ibaietako intsektu-larrek xurgatzen dute. Metatu egiten dute, gainera, eta, ondorioz, intsektuok jaten dituzten animaliek ugaltzeko arazoak izaten dituzte gero. Australiako ikerketa batean ikusi dute ornitorrinkoek, intsektiboroak izanik, gizakiek hartzen duten antidepresibo-kontzentrazioaren erdia jasotzen dutela elikagaien bidez, egunero, ibaietatik”.

Behiei ibermektina antiparasitarioa ematen dietenean ere, azkenean, gorotzekin lurrera iritsi eta lurreko kakalardoak hiltzen ditu. Ondorioz, kakalardoek ez dituzte gorotzak metabolizatzen, eta lurra pairatzen ditu arazoak. Lertxundik ospitale psikiatriko batean egiten du lan: “Asistentzia sanitarioan jarduten dugunok ez dugu segundo bat bera ere pasatzen kutsadura farmakologikoaren inguruan pentsatzen. Medikamentua ez da desagertzen gure gorputzetik kanporatzen dugunean, baina hala baltz bezala jokatzeko dugu profesional sanitariook, botikak errezetatzen ditugunean”.

“Gainera —zehaztu du Orivek—, kontuan hartu behar dugu botika batzuek zenbait ordu ematen dutela gure gorputzean, baina 40 urtez iraun dezaketela ingurumenean”. Arazoaren dimentsioa ikusita, biek uste dute gizarteak heldu beharreko gaia dela kutsadura farmakologikoa. “Duela 20 urte automobilen industriari petrolioa alde batera utzi eta elektrifikazioa garatzeko eskatu zitzaion bezala, gaur egun, industria farmazeutikoari eskatu behar diogu ekofarmakologiarako bidea has dezala —dio Orivek—. Farmakologiako ikertzaileok botikak

diseinatu behar ditugu sendagai gisa eraginkorrak izateko, baina, era berean, biodegradatu daitezen ingurumenera iristen direnerako”.

“Bestetik, araztegieta ura garbitzeko teknologia hobetu behar dugu, botikak ez daitezen ingurumenera iritsi”, uste du Orivek. Dagoeneko garatu dira hondakin-uretatik ia konposatu organiko guztiak kendu eta kutsadura farmakologikoa murrizteko gai diren tratamenduak; garestiak dira, ordea. [Suitsak eman du pausu hori: 1.000 milioi euro gastatu ditu araztegieta ozonazioa eta bestelako tratamendu batzuk ezartzen.](#)

Legedia atzetik

Begirada legedian dago jarria orain. 2007an, REACH araudia ezarri zen Europan, eta, harekin, substantzia oso arriskutsuak debekatu, eta erabiltzen ziren substantziak modu seguruan nola erabiliko ziren adieraztera behartu zuen industria. Orain, adituek uste dute legeen eskutik bakarrik etorriko dela industria kimikoak eta farmazeutikoak egin behar duten egokitze hori ere. “Legediak ezarri beharko luke, merkaturatu aurretik, zorrotz aztertu beharra farmako berriek ingurumenean zer inpaktu eragin dezaketen”, dio Orivek. “Ez badira legeak ezartzen, ez dira neurriak hartzen —dio Gonzálezek—. Legediak bultzatu behar du industria prozesu ja-sangarriagoetara mugitzera”. ●

berria

Informatzak
zenbat balio duen

dunbala

BADOK

Eneritz Furyak eta **Jagoba Salvadorrek**
gidatutako euskal musikari buruzko podcasta.



Hamabostean behin, **ostiraletan**,
berria.eus-en eta badok.eus-en.

Entzungai, halaber, iVoox, Apple Podcasts, Spotify eta Google Podcasts plataformetan.







Arrisku nuklearra etorkizun urrunean

Ana Galarraga Aiestaran · Elhuyar Zientzia

Euskal Herritik gertuen dagoen zentral nuklearra, Santa Maria de Garoña (Burgos), 1971ean ireki zuten, eta 2012aren amaierara arte izan zuten martxan, nahiz eta, hasiera batean, 2011n itxi behar zuten, orduan bete baitzituen 40 urte. Ordurako, Espainian funtzionamenduan zegoen zentralik zaharrena zen.

Jarduera bertan behera utzi zutenetik, eraisteko plana atzeratzen ibili dira. Oraingoz, 2022an hasiko direla iragarri dute, eta lan horiek bukatzeko hamarkada bat beharko dutela kalkulatu dute. Erradioaktibitate-maila txiki eta ertaineko hondakinak [El Cabrileko biltegira](#) eramango dituzte (Kordoba); erabilitako erregaia, berriz, zentralaren biltegian gordeko dute, Espainiako biltegi zentrala eraiki arte. Villar de Cañasen (Cuenca) egitekoak dira biltegi hori, baina, hor ere, behin eta berriro atzeratzen dira erabakiak, baimenak eta lanak.

Espainiako hondakin erradioaktibo arriskutsuenen zati bat Frantzian gordetzen da. Hain zuzen, Vandellós I zentralak su hartu eta uholde bat jasan ondoren, itxi egin zuten, eta Fantziako biltegi batera eraman zuten erregaia, gorde zezaten. Garesti ateratzen zaien arren, oraingoz ez dute beste irtenbiderik.

Baina Frantzian ere ez dute epe luzeko konponbide segururik aurkitu. 59 erreaktorerekin, biztanleko hondakin nuklear gehien sortzen duen herrialdea da munduan (urtean, gutxi gorabehera, 2 kg erregai erradioaktibo pertsonako). Eta eraiki zituzten lehen zentral nuklearrak beren bizitzaren amaierara iristen ari dira, hondakin nuklearrentzat eta erregaiarentzat erantzun egoki bat izan gabe. Izan ere, orain dituzten biltegiek hamarkada gutxi batzuetarako daude diseinatuta, baina hondakin erradioaktiboak arriskutsuak izaten jarraituko dute 100.000 urte baino gehiagoz.

Antzera dabilta munduko beste leku askotan ere. 1970-1980ko hamarkadetan, hondakin nuklea-

rrak espazioratzea edo itsas sakonean hondoratzea proposatu izan zuten, baina aukera bata zein bestea baztertu zituzten, arriskutsuegiak iritzita. 1990ean, berriz, sakonera handian eta egitura geologiko egonkorretan lurperatzearen alde egin zuten, eta, oraingoz, bide horretatik jo dute pausoak ematen hasiak diren herrialdetan.

Arriskua lurperatzeko asmoz

Lurpeko lehen biltegi nuklearra AEBan dago, Mexiko Berrian. Hondakinak isolatzeko planta pilotoa izena du (WIPP), eta ikerketan eta armagintzan sortutako hondakinak gordetzeko helburua du. 200 milioi urtez egonkor egon diren gatz-meategi batzuetan



Lurpeko lehen biltegi nuklearra. AEBn dago, Mexiko Berrian, eta ikerketan eta armagintzan sortutako hondakinak gordetzeko helburua du. ARG: AEBko Marineak.

“Nola ohartarazi milaka urte barruko belaunaldiei lurpean material toxikoa dagoela ezkutatuta, eta arriskutsua dela eta izaten jarraituko duela beste milaka urtez?”

dago, 650 m-ko sakoneran, eta 1999an hasi zen hondakinak hartzen. Talde ekologistek hasieratik izan dituzte segurtasunari buruzko zalantzak, eta 2014an izandako istripu batek are gehiago indartu zituen kritikak. Hala ere, AEBan jarraitzen dute zentral nuklearren erregaiarentzat lurpeko biltegi egonkor bat egiteko asmoarekin.

AEBtik kanpo, Finlandian dago aurreratuen halako biltegi baten proiektua. Onkalo du izena. Granitozko arroka zulatuz 420 m-ko sakoneran egindako instalazio bat da, Olkiluoto zentraletik gertu (Finlandiako mendebaldeko kostan), eta, arduradunek iragarri dutenez, 2023an hasiko da hondakin erradioaktiboak jasotzen.

Onkalo nahiko ezaguna egin zen, *Into Eternity* film dokumentalari esker (2010). Filmak hainbat adituren elkarrizketak biltzen ditu, eta hondakinen gaineko arduraren eta segurtasunaren auziak lantzen ditu. Baina beste alderdi bati ere heltzen dio: nola ohartarazi milaka urte barruko belaunaldiei lurpean material toxikoa dagoela ezkutatuta, eta arriskutsua dela eta izaten jarraituko duela, beste milaka urtez?

Etorkizun urrunerako ohartarazpenak

Galdera mamitsua da, baina hondakin erradioaktiboen epe luzeko biltegien arduradunek ez dute behin betiko erantzunik topatu. Izan ere, ez da erraza 100.000 urte barruko gizartean gaur egungo komunikazio-tresnak nola ulertuko diren irudikatzea.

Egin kontu: duela 100.000 urte, Europan beste giza populazio batzuk bizi ziren, neandertalak, eta ez dakigu ezer haien hizkuntzari buruz. Gure garai-

tik askoz ere hurbilago, duela 5.000 urte ingurutik hasi eta IV. mendera arte, gaur egungo Egipton eta lurralde zabal batean, hieroglifikoak erabili zituzten. Ondoren, komunikazio-kode hori ahaztu egin zen, eta ezezaguna bihurtu zen hurrengo belaunaldientzat. Hainbeste, ezen XIX. mendera arte ikertzaileak ez ziren gai izan zeinu haien esanahia argitzeko.



Finlandian eraikitzen ari diren lurpeko biltegia, Onkalo. 2023an hasiko da hondakin erradioaktiboak jasotzen. ARG.: Kallerna.

Idazkera ugarirekin gertatu da gauza bera. Horren aurrean, piktogramak erabiltzea proposatu dute batzuek. Txakur baten marrazkiak beti irudikatzen du txakur bat. Baina nahikoa al da txakurra arriskutsua dela adierazteko?

“Arrisku hori kontrolagarria balitz bezala jokatzea beste erremediorik ez dago”

Hannot Rodriguez

Filosofia Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea

Rodriguezek arriskuaren eraketa-dinamikak ditu ikerketagai. Haren esanean, teknikoki, bi faktoreren arabera definitzen da arriskua: probabilitatea eta magnitudea. Jendeak, baina, askotan ez ditu arriskuak ezaugarri horien arabera hautematen. Izan ere, arriskuari aurre egiteko, gizarteak badaude beste eragile batzuk, adibidez, arriskua borondatezkoa den ala ez. “Beste faktore bat denbora da; berehalakoa den ala etorkizun urrunekoa, neurrien urgentzian eragiten du, eta emozioetan ere eragiten du, esaterako, beldurrean”, azaldu du.

Bestalde, aipatu du energia nuklearraren aldekoek ez dutela beren gain hartzen, bere gordin-tasunean, hondakinen auzia. “Badago promesa bat: etorkizunean gai izango garela hondakin horiek kudeatzeko, ez bada oraingo teknologiarekin, bai epe ertain-luzera garatuko dugun teknologiarekin. Gainera, badago itxaropen bat gauza guztiak ondo aterako direla: ez dela ihes erradioaktiborik egongo, ez dela istripurik edo hondamendirik gertatuko... Baina, hain zuzen, itxaropen hori dute ez dutelako hondakinak modu seguruan gordeko direla sinestea beste aukerarik. Arrisku hori kontrolagarria balitz bezala jokatzea beste erremediorik ez dago”.

Horri egin dio azpimarra Rodriguezek: gizar-teak nola sortzen dituen itxaropen eta konfiantza



batzuk etorkizunerako, agian arrazoi zientifiko, tekniko eta politiko nahikorik izan gabe konfiantza hori izateko. Sortzen ditu, hain zuzen, beste aukerarik ez duelako.

Horrez gain, beste kontu bat ere nabarmendu du. Arriskua ulertzeko modu bakarra teknikoa baldin bada, orduan erabakiak bakarrik gutxi batzuei hartzea dagokie, adituei alegia, hor hiritarren gehiengoak zeresan gutxi duelarik. “Baina hori jasangarria al da?”, galdetu du. “Izan ere, itxaropen horien oinarrian badaude beste faktore batzuk, ez direnak objektiboak, nolabait esatearren, sozioekonomikoak baizik. Horregatik, ez da egia arriskua kontu guztiz teknikoa denik. Hori ez bada ulertzen, kamuts geratzen dira horrelako arriskuen aurrean egiten ditugun interpretazio guztiak”.

“Garezurra bi hezur gurutzaturekin heriotzaren adierazle da gaur egun, baina beste kultura batzuentzat justu alderantziko esanahia zuen”

Erradioazioaren nazioarteko ikurra (hiruki horia, hiru aho beltzekin) 1946an sortu zen, eta arrisku nuklearra adierazten duela ikasi dugu. Bada, 2007an, Energia Atomikoaren Nazioarteko Erakundeak (IAEA) bost urtez 11 herrialdetan egindako azterketa baten emaitzak aurkeztu zituen. Haren arabera, ikurra ez da intuizioz ulertzen, eta, ikasi ere, gutxi ikasten dute haren esanahia: Indian, Kenian eta Brasilen, galdetutakoen % 6k baino ez zekiten zer esan nahi duen.

Urte horretan bertan, 2007an, beste irudi bat zabaldu zuten. Hondo gorria du, hiru ahoko ikurretik izpiak ateratzen dira, eta garezur bat eta bi hezur gurutzatu ditu, eta korrika doan giza figura bat eta gezi bat. Alegia; ikur horrek irudikatzen duenak zerbait kanporatzen du, pozoitsua edo hilgarria, eta ihes egin behar da. Ondo ulertzen da, ezta? Bada,



Arrisku erradioaktiboaz ohartarazteko ikur bat, 2007an sortutakoa. ARG.: Energia Atomikoaren Nazioarteko Erakundea (IAEA).

aurrez azaldu ez zaienei galdetuz gero, agerian geratzen da ez dela hain argia.

Gainera, ikurren esanahia aldatu egiten da. Garezurra bi hezur gurutzaturekin heriotzaren adierazle da gaur egun, eta iraganean ohikoa zen Europako hilerrien sarreretan. Beldurra hedatzeko ere erabili izan dute, adibidez, itsaslapurrek eta zenbait kulturatako gerlariek. Baina beste kultura eta talde batzuentzat justu alderantziko esanahia zuen. Esaterako, alkimistentzat, garezurra Adanen sinboloa zen, eta gurutzatutako hezurrak, berpizteko itxaropenarena.

Belaunaldiz belaunaldi

Mexiko Berriko biltegia egiten zuten bitartean, hainbat ikerketa-talde ohartarazpena nola egin aztertzen aritu ziren. Indianako Unibertsitateko ikertzaile batek gidatutako taldeak, adibidez, eliza katolikoan oinarritutako erakunde bat sortzea proposatu zuen. Erakunde horretako kideek informazioa belaunaldi batetik hurrengora helarazteko ardura izango lukete, elementu ikonikoak eta sinbolikoak erabilita, eta mezu bera modu desberdin askotan emanda.

Energia Saileko diziplinarteko talde batek, berriz, (soziologoak, zientzia-fikzioko idazleak eta artistak, tarteko), biltegiaren gainean granitozko harresi bat eraikitzea erabaki zuen, eta mezuak zizelkatzeko zazpi hizkuntzatan; tartean, txinera eta apaitzea. Idatzizko mezu horiek, denborarekin, berritu eta beste hizkuntza batzuetara ere itzuliko direla aurreikusi dute. Horrez gain, arriskua adierazten duten piktogramak ere jartzea gomendatu zuten. Haietako bat Edvard Munchen “Garrasia” kuadroko pertsonaia izan zitekeela ere aipatu zuten.

“Arkitektura beldurgarria eta eragozlea erabiltzea ere proposatu izan dute, hala nola hormigoizko arantza erraldoiez inguratzea”

Nabarmentzekoa da zizelkatutako mezuen helburua izutzea dela, informatzea baino gehiago. Hau dio esaldietako batek: “Hemen dagoena oso arriskutsua eta nazkagarria da. Mezu honek arriskuaz ohartarazten du”. Beste batek: “Gorputzarentzat da arriskutsua, eta hil zaitzake”.



Arriskuaz ohartarazteko, Edvard Munchen “Garrasia” koadroko pertsonaia erabiltzea proposatu izan dute.
ARG.: Google Art Project.

Hitzak eta piktogramak ez ezik, arkitektura beldurgarria eta eragozlea erabiltzea ere proposatu izan dute, hala nola hormigoizko arantza erraldoiez inguratzea biltegiaren eremu osoa.

Oraindik ez dute behar, 30 urte barrura arte ez baitute itxiko biltegia, baina, onartu duten disenuaren barruan, granitozko 48 bloke altxatzea aurreikusuten dute, bakoitza 8 metro luze eta 20 tonakoa. Inguruan bizi direnek ez dute oso gustuko ideia, nabarmenegia delako eta gehiegi aldatzen duelako paisaia, baina bada beste eragozpen bat ere: aditu askoren ustez, ez da eraginkorra izango. Izan ere, arkeologiaren historiak erakutsi duenaren arabera, hilobiek eta oroitarriek, jendea uxatu beharrean, erakarri egiten dute.

Ezkutatzea edo nabarmentzea

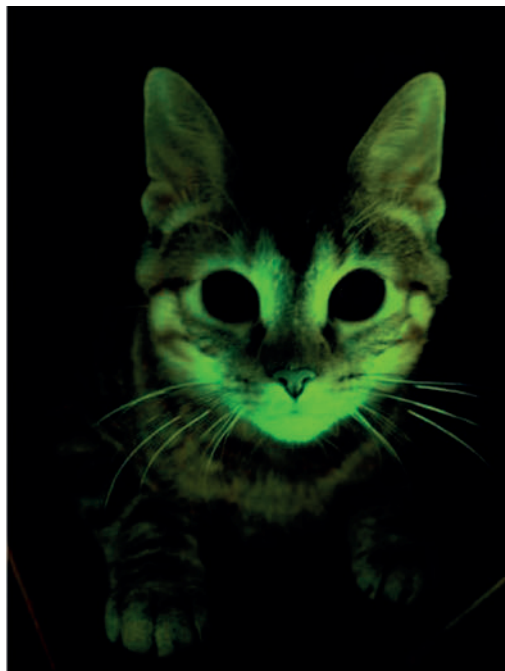
Onkalon oso bestelako asmoa dute. Aurreikuspenak betetzen badituzte, biltegia bukatu, bete eta, itxitakoan, lurrazalean ez dute inolako seinalerik utziko. Inguruan ez dagoenez ez erregai fosilik ez mineral preziaturik, nor hasiko da lurra zulatzen? Ezkutatzea eta ahaztea da, haien ustez, etorkizunerako estrategiarik seguruenak.

Alabaina, Into Eternity dokumentalean bertan aipatzen den moduan, ez da hain erraza jendeak lurrazpian zerbait dagoela ahanzteak. Zerbait arriskutsua, debekatua... baliotsua, agian? Nahikoa da galderak egiten hastea, jakin-mina pizteko.

lax, Frantzian hondakin nuklearrez arduratzen den erakundeak, Andrak, lehiaketa bat sortu zuen, ideiak biltzeko. Era guztietako proposamenak aurkeztu ziren: denboran iraungo duten kondairak eta objektu folklorikoak sortzea; oroimena gordetako duen museo bat eraikitzea, $E=mc^2$ formula nabarmen idatzita hormetan; erradioaktibitatearekin urdinak bilakatzen diren landareak jartzea inguruan...

Funtsean, aurretik egin dituzten proposamenen antzekoak dira (mitoak eta arauak, eraikin bereziak, ikusizko oharrak...), baina kolorez aldatzen diren bizidunena ere, are eta modu bitxiagoan, gainera: 1980ko hamarkadan, erradiatzia gerturatzean distira egingo luketen katu transgenikoak sortzea proposatu zuten Françoise Bastidek eta Paolo Fabbri filosofoek. Horrekin batera, katuak gurtzen dituen kultura bat sortu beharko litzateke, baina hor ez zuten eragozpenik ikusten, haien esanean, kultura askotan miretsi izan baitira.

Etorkizunerako irtenbide bila jarraitzen duten bitartean, industria nuklearrak hondakin nuklearrak sortzen jarraitzen du, orain eta etenik gabe. ●



1980ko hamarkadan, erradiatzia gerturatzean distira egingo luketen katu transgenikoak sortzea proposatu zuten Françoise Bastidek eta Paolo Fabbri filosofoek. ARG.: Mayo Klinika.

uztaro

giza eta gizarte-zientzien aldizkaria

2020

HARPIDETU ZAITEZ!

www.uztaro.eus

Aditu.eus

hizketa ezagutzeko euskarazko zerbitzua

Elhuyar Fundazioko hizkuntza- eta hizketa-teknologiaren I+G taldean, urte asko daramatzagu euskararentzat garrantzitsuak diren baliabideak, teknologiak eta zerbitzuak garatzen eta gizarteratzen: hiztegiak, corpusak, zuzentzaileak, biltzaileak, iritzi-erazketa, itzultzaileak, hizketa-sintesia... Horietako batzuetan, problematikaren zailtasuna dela eta, teknologiak emaitza esperimentalak ematen zituen, baina ez aplikazio errealetan erabiltzeko modukoak; edo, bestela, euskararentzat ez genuen beste hizkuntzek zuten teknologiarik. Baina, azken urteotan, sare neuronal sakonen teknologiarik esker, aurrerapauso handiak eman ditugu. Hala, azaroan, Itzultzailea.eus kaleratu genuen, sare neuronaletan oinarritutako itzultzaile automatiko eleaniztuna (euskara, gaztelania, frantsesa, katalana, galegoa eta ingelesa dakizkiena), eta, martxoan, sare neuronaletan oinarritutako hizketa-ezagutzako elebiduna: Aditu.eus.

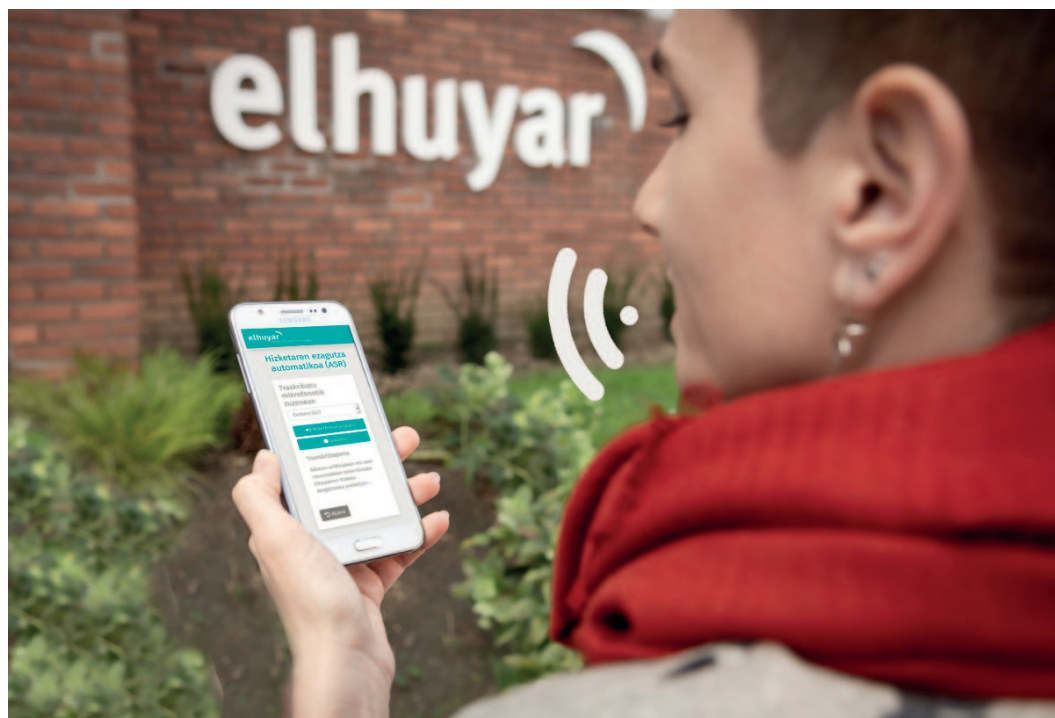


Hizketa da gizakiok gure artean komunikatzeko dugun bide zaharrenetako bat eta bereizgarriena (animalietatik bereizten gaituen ezaugarrietako bat baita). Geroago etorri zen idatzizko komunikazioa, zeinak, komunikatzeaz gain, ezagutza gordetzeko ahalmena ere baduen. Hizketa da jendea elkarrekin komunikatzeko bitarteko naturalena, baina pertsonok ordenagailuekin komunikatzeko erabili izan dugun bidea idatzizkoa da: aginduak, programazioa eta testuak teklatuan idatziz sartzen dizkiogu, eta hark pantailako testuak baliatzen ditu emaitzak ikusarazteko. Hori horrela izan da, jakina, ordenagailuak ez zirelako gai giza-hizketa ulertzeko.

Azken urteetan, hizketa-ezagutzako sistemak sortu eta hobetzen joan direnez, poliki-poliki hedatzen joan dira sarrera gisa hizketa hartzen duten sistemak: elkarriketa-agenteak, azpititulatzaile automatikoak, bozgorailu adimendunak, diktaketa-sistemak... Baina euskara ez da sistema horietan egon.

[Aldizkarian duela urtebete azaldu genuen irisgarritasunari begira hizketa-teknologietan oinarritutako zer soluzio geneuzkan garatuta Elhuyarren: web-guneak irakurtzeko tresna, Irakurle Digitala, Wikispeech, Bidaide...](#) Horiek guztiak [hizketaren sintesia](#) oinarrituta daude; hau da, testu bat emanda

Igor Leturia Azkarate
Informatikaria eta ikertzailea



ARG.: Elhuyar.

ordenagailuek hizketa sortzeko erabiltzen duten teknologian. Orduan aipatzen genuen zer lagungarri izan daitezkeen [hizketa ezagutze](#)ko teknologiak irisgarritasunean eta inklusioan (hizketa bidez ordenagailuak eta bestelako makinak kontrolatzea, diktaketa-sistemak, azpitutlatze automatikoa...). Beste hizkuntza batzuetan bai, baina euskaraz ez zegoen horrelako sistemarik. Bada, martxoan atera genuen euskarazko hizketa-ezagutzako zerbitzua, irisgarritasunerako eta beste erabilera anitzetarako proposa: [Aditu.eus](#).

Aditu.eus, Elhuyarren hizketa-ezagutzailea

Sare neuronal sakonetan oinarritutako hizketa-ezagutzailea da Aditu. Izen guztiz aproposa du. Bi adiera nagusi ditu *aditu* aditzak; lehena *entzun* eta bigarrena *ulertu*, eta horixe egiten du Adituk, esa-

ten dioguna entzun eta ulertu (idatziz ematen baitu entzundakoaren ordaina). Bestalde, *aditu* izen edo adjektiboaren adiera nagusia *jakintsua*, *jakituna*, *ikasía* da, eta hori ere bada Aditu, sistema aditua.

Web-zerbitzu edo -plataforma gisa eskaintzen da Aditu, <https://aditu.eus> helbidean. Euskara ezagutzen du, bai eta gaztelania ere (gaur egun beharrezkoa, euskal gizarteak eta erakunde eta eragileek balia dezaten). Etorkizunean hizkuntza gehiago sartzeko asmoa ere badugu.

Plataforma honetara, audio- edo bideo-fitxategi bat igo dezakegu, baita onlineko bideo edo audioren baten esteka bat ere (adibidez, EITB, Youtube, Facebook, Instagram...), eta Adituk automatikoki eta instantean egiten du hor esaten denaren transkripzioa.

“Etorkizuna ilusioz ikusten dugu, euskara beste hizkuntzen pare egon dadin teknologietan”

Emitza hainbat formatutan ematen du: transkripzioaren testua, azpitoluen fitxategia, eta transkripzioa hitzen denborekin (bideoan hitz bat zehazki zer segundotan esan den jakiteko, adibidez). Transkripzioa edo azpitoluak zuzendu edo aldatu egin daitezke jaitsi aurretik, Adituren onlineko edizio-interfazea baliatuta. Horrez gain, aukera ematen du ordenagailuaren edo telefono mugikorraren mikrofonotik esaten duguna aldeberean transkribatzeko.

Gainera, zerbitzua web bidez baliatu ahal izateaz gain, neurri-neurriko soluzioak eskaintzen ditugu enpresa eta erakundeentzat. Zerbitzua bezeroaren laneko fluxuan, aplikazioan, CMSan... integra daiteke, APIa baliatuta. Aldibereko transkripzioa ere API bidez erabil daiteke, laguntzaile birtual batean integratzeko, ekitaldietan zuzenean azpitoluak jartzeko eta abar. Edo nahi izanez gero, bezeroarenean ere instala daiteke.

Erabilera ugari izan ditzake sektore askotan: irisgarritasunari begira, azpitolulatzeko, ordenagailuari diktatzeko edo aginduak emateko; ikus-entzunezkoen enpresek, telebistak eta irratiek dokumental eta saioen azpitoluak automatikoki jartzeko bali dezakete; kazetariak elkarriketen grabazioen transkripzioak egiteko; administrazio publikoak udalbatzarren edo bestelako bileren aktak jasotzeko edo saio publikoetan azpitoluak zuzenean jartzeko; hitzaldi edo ikastaroen azpitoluak sortzeko; pertsonen eta makinaren arteko elkarrekintzan ere erabilgarria da (4.0 industriako hizketaz gidatutako makinak, domotika, elkarriketa-agentek eta laguntzaile birtualak, dei-zentroak...).

Adituren transkripzioaren kalitatea edo asmatzetasa ona da, oro har, baina egia da oso aldakorra dela hainbat faktoreren arabera: audio-grabazioaren kalitatea, mikrofonoen kalitatea, oihartzuna, atzean zarata edo musika ozen entzuten den, erregistroa, hizkuntza estandarrean edo aldaeraren batean hitz egiten den, bolumena, abiadura... Baldintza optimoetan, % 95etik gorakoa izan daiteke asmatzetasa. Emitza onenak hauekin ematen ditu: hitzaldiak, udalbatzarrek, albistegiak, dokumentalak, erreportajeak eta abar. Aldiz, okerrago dabil euskalkietan, elkarriketa espontaneo eta informaletan, filmetan... Horrez gain, emaitzak beti okerreagoak dira aldebereko transkripzioaren kasuan. Hala ere, kasu gehienetan guttiz erabilgarria da.

Etorkizunerako aukera ugari

Aditu.eus-ek argia ikustea mugarri bat da Elhuyarrentzat eta euskararentzat, baina ez da bidearen amaiera edo helmuga, hasiera besterik ez da. Aditu hobetzen jarraitu behar dugu, hizketaren ezagutza hobeto egin dezan elkarriketa informalekin, audio-kalitate txarrarekin, euskalkiekin, filmekin... edo, zergatik ez, bertsoekin.

Gainera, hizketaren ezagutza konbinatzen badugu euskararentzat lantzen ditugun bestelako hizkuntza-eta hizketa-teknologiekin (itzulpen automatikoa, txatbot-ak, hizketaren sintesia edo sorkuntza...), pentsa zenbat gauza egin daitezkeen: bozgorailu adimendunak, hizketatik hizketarako aldebereko itzulpena (nahi izanez gero jatorrizko ahotsak imitatuz)... Etorkizuna ilusioz ikusten dugu, euskara beste hizkuntzen pare egon dadin teknologietan eta zerbitzuetan. Elhuyarren, behintzat, horretan saiatzen jarraituko dugu buru-belarri. ●

Euskal Herriko txoko guztietara iristen gara



Eta nahi baduzu...
baita zure etxera ere

Gazteberri: Urtebeteko harpidetza, 12 zenbaki: 18 euro*.

Argibideak: harpidetzak@gazteberri.eus

*Euskal Autonomia Erkidegorako eta Nafarrorako prezioa.

Percival Lowell

Kanalak Marten

Egilea: **Egoitz Etxebeste Aduriz** · Elhuyar Zientzia

Irudiak: **Manu Ortega** · CC BY-NC-ND

Lowell zoratzen zegoen. Azkenean, hilabeteetako etsipenaren ondoren, teleskopioan begia jarrita orduak eta orduak eman ondoren, lortu zuten ikusi nahi zutena ikustea: Marteren gainazala kanal erraldoiez betea zegoen. Eta Lowellek oso argi zuen: kanal haiek ez ziren berez sortuak.

Bostongo familia aberats bateko semea zen Percival Lowell. 1876an Harvardeko Unibertsitatean Matematikatan graduatu ondoren, urte batzuk egin zituen familiaren ehungintza-negozio oparoan. Baina, abenturazalea izaki, Ekialde Urrunera bidaitzen hasi zen. Hamar bat urte egin zituen Korean eta Japonian, diplomazia-lanetan. Eta hainbat liburu argitaratu zituen, lurralde haietako ohitura, erlijio, kultura, ekonomia eta abarri buruz.

1893an itzuli zen AEBra, eta, gabon haietan, izebak Camille Flammarion-en *La planète Mars* liburua oparitu zion. Astronomia-zalea zen txikitatik, eta liburu hark bat-batean piztu zion barruan lokartuta zeukan harra. Giovanni Schiaparelli astronomo italiarrak Marten behatu zituen kanalen berri ematen zuen Flammarionek, eta Lowell txundituta gelditu zen kontu harekin. Zerbait handia egin zezakeela sentitu zuen, eta, nola edo hala, hura ikertu beharra zuela.

Marteren 1894ko oposizioa aukera bikaina izango zen horretarako, baina azkar ibili beharko zuen. William Pickering astronomoa eta Andrew Douglas graduatu berria kontratatatu zituen, eta, berehala, behaketak egiteko kondizio atmosferikorik onenak izango zituen lekuaren bila jarri zituen. Flagstaffen, Arizonan, egitea erabaki zuten, 2.100 metroko altueran. Hantxe eraiki zuten, negu hartan bertan, Lo-

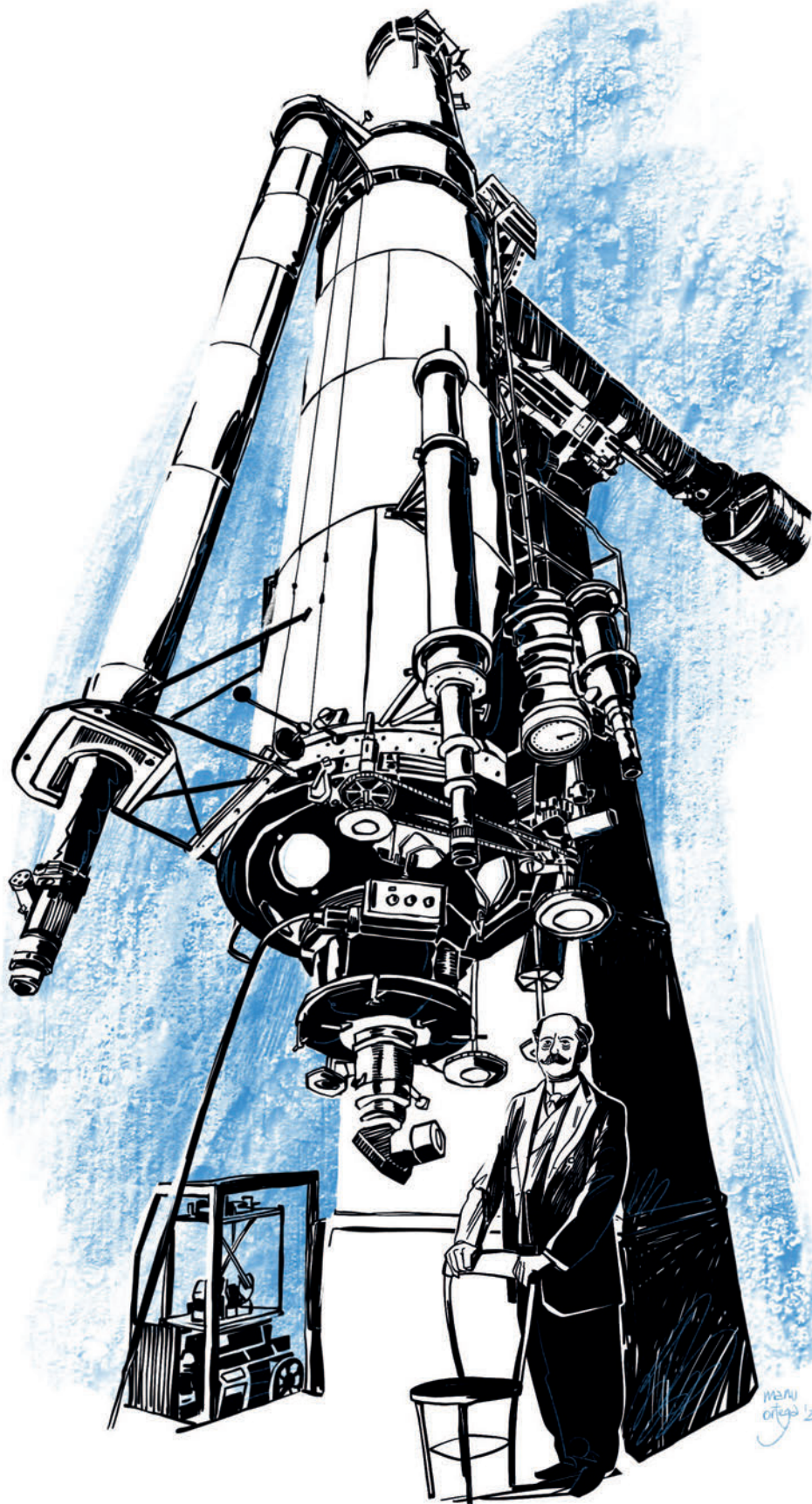
well Behategia; ikuspen onena lortzeko, urruneko eta altuera handiko leku batean eraiki zen lehena.

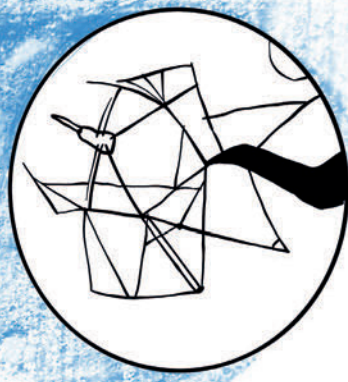
1894ko apirilaren bukaeran hasi ziren behaketak egiten. Hamabosgarren gauean topatu zuten lehen kanala, Schiaparellik *Lethes* deitu ziona. Baina, gero, etsipena etorri zen; ez zuten besterik ikusten. Ekainaren 19an, etxera alde egin aurretik, honela idatzi zuen Lowellek: "Munduko borondaterik onenarekin ere, ez dugu kanalik ikusten".

Abuztuan itzuli zen behategira. Marteren hegoaldeko kasko polarra azkar ari zen urtzen, eta haren inguruan zerrenda ilun bat atzeman zuen Lowellek. Eraztun ilun hura "ozeano antartiko" bat zela ondorioztatu zuen. Eta, hara non, oraingoan bai, kanalak ikusten hasi ziren, barra-barra. Guztira 183 kanal ikusi zituzten, eta haietatik 116 aurkikuntza berriak ziren.

Ez ziren denak batera agertzen. Hego polotik gertu zeudenak agertu ziren lehenik, eta ondoren gehiago iparralderantz. Kanalak elkartzen ziren guneeetan, berriz, orban urdin-berdexkak ikus zitezkeen, eta kanalak agertzearekin batera kolore biziago hartzen zuten orban haiek. Lowellek garbi ikusi zuen: Marten ikusten zituen orban urdin-berdexka haien kolorea landarediagatik zen, Marteko basamortuaren erdian zeuden oasiak ziren. Eta kanalak, oasi haiek ureztatzen zituzten ubideak izan behar zuten. Izatez, ez ziren kanalak izango Lurretik ikusten zirenak, haien inguruan hazten zen landaredia baizik.

Marte erabat lehertzeko bidean zegoen mundu bat zen. Mundu hartan biztanle adimentsuak zeu-





den, eta, biztanle haiek, bizirik irauteko, ureztatze-kanalen sistema erraldoi bat eraiki behar izan zuten, kasko polarretatik ur preziatua garraiatzeko. Horixe zen Lowellen teoria.

Zientzialari gehienek ez zituzten ontzat eman Flagstaggerko taldearen behaketak, eta, gutxiago, ateratako ondorioak. 1896an Artizarrean ere erradio-itxurako lerroak ikusi zituenean, are gehiago handitu zen Lowellen ikerketei buruzko eszeptizismoa zientzialarien artean. Hala ere, Lowellen martetarrek eta haiek eraikitako kanalek oihartzun handia izan zuten. Munduko egunkari guztietan agertu ziren. Eta Lowellek gai horren inguruan argitaratu zituen liburuek ere arrakasta handia izan zuten.

Lowellek Marteko kanalak lehenengoz ikusi zituen urte berean, Edward Maunder astronomo ingelesak esperimentu batzuen bidez erakutsi zuen kanal haiek ilusio optikoak izan zitezkeela. Maunder ohartu zen kanalen behaketak oso desberdinak zirela behatzailearen arabera, eta kanaletan ikusten ziren aldaketak hain handiak eta bat-batekoak izatea ere susmagarri egiten zitzaion. Horregatik, paper zurian tinta txinatarrarekin egindako puntuen bidez, neurtu zuen ze tamaina izan behar zuen orban batek ikusgai izateko, eta ondorioztatu zuen 30 segundotan (angelua) zegoela muga hori. Hori baino orban txikiagoak ikusezinak ziren. Aitzitik, 20 segundoko hainbat puntu elkarren segidan daudenean ikusgai egiten direla ikusi zuen, baina lerro baten modura ikusten ditugula. Marten egindako behaketak muga horien azpitik zeudenez, ondorioztatu zuen hango kanalak ilusio hutsak izan zitezkeela.

1903an, Maunderrek beste esperimentu bat ere egin zuen. Ikasle batzuei eskatu zien distantzia jakin batera jarritako disko bat behatzeko, eta ikusten zutenan marrazteko. Diskoan ez zegoen lerrorik, orbain zirkularrak soilik. Ikasleek marraztu zituzten.

1907an, Alfred Wallacek (Darwinekin batera ebo-luzioaren teoria proposatu zuenak) kalkulatu zuen Marteko tenperaturak zerotik dezente behera zudelako, eta ezinezkoa zela ura kanaletan ibiltzea; beraz, ez zuela inolako zentzurik kanalen kontu hark.

*“Lowellek argi zuen:
kanal haiek ez ziren
berez sortuak”*

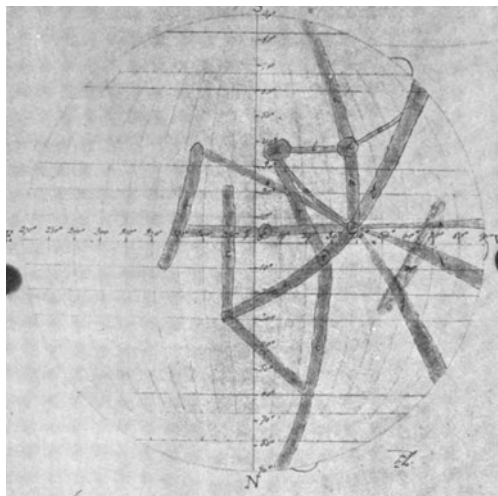
Lowellek ez zuen etsi, ordea. 1911ko abuztuaren 27an, *The New York Times Sunday Magazine*k erre-portaje zabal bat argitaratu zuen, [“Martetarrek bi kanal erraldoi eraiki dituzte bi urtean”](#) izenburua-rekin. Lowellek beste bi kanal aurkitu berri zituen.

Beste astronomo batzuek, ordea, ez zuten hala-korik ikusten Marten. Eta, sinesgarritasuna irabazteko, beste gai batzuk ikertzen hasi behar zuela pentsatu zuen Lowellek. Urano eta Neptunoren orbitetan irregulartasunak atzeman zituen, eta, haiek matematikoki aztertuta, ondorioztatu zuen Neptuno baino urrunago zegoen beste planeta baten eragina izan zitezkeela. X Planeta deitu ziona bilatzeari ekin zion, buru-belarri, eta ahalegin horretan eman zituen bere azken hamar urteak.

X Planeta aurkitu gabe hil zen, Flagstaffen, 1916an. 1930ean, Lowell Behategitik, Clyde Tombaugh-ek aurkitu zuen X Planeta, Lowellek kalkulaturako orbitaren arabera egon behar zuen lekutik oso gertu. Pluton izena jarri zioten (lehenengo bi hizkiak Per-

cival Lowellen inizialak dira). Berehala konturatu ziren, ordea, txiripa hutsa izan zela. Espero baino askoz ere txikiagoa zen X Planeta hura, eta ezinezkoa zen planeta nano hark Uranoren eta Neptunoren orbitetan eraginik izatea. ●

Orain badakigu

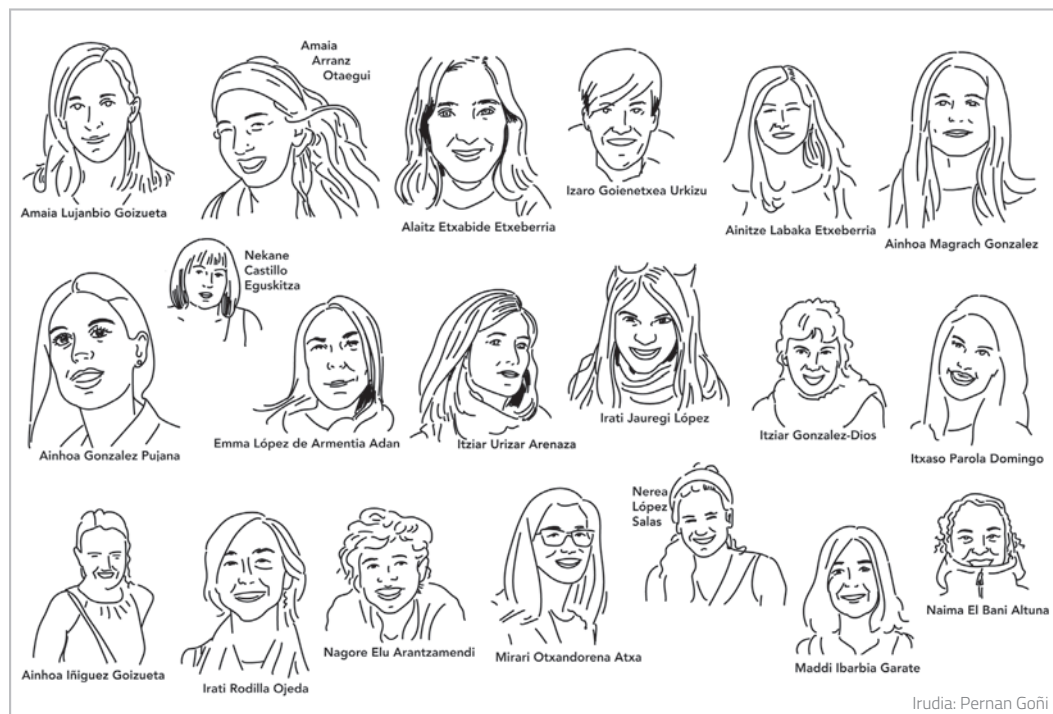


Lowellek Artizarrean ikusi eta marraztu zituen egiturak, eta oftalmoskopio bidez hartutako begiaren hondoaren irudi bat. ARG.: Lowell Behatokia eta Mikael Häggström/CCO.

Artizarrean erdiguneko puntu ilun batetik ateratzen ziren erradio-itxurako egiturak behatu zituen Lowellek. Ordurako susmatzen zenez, Artizarra inguratzen duen atmosfera opakoak ezinezko egiten du Lurretik gainazaleko egiturak behatzea. 2003an, [Journal for the History of Astronomy](#) aldizkarian argitaratutako lan batean, Lowellek ikusitakoaren azalpen posible bat eman zuten. Ahalik eta xehetasun gehien ikusi nahian, teleskopioen diafragma asko ixten zuen Lowellek. Artizarraren kasuan, bereziki, irekidura izugarri txikiarekin lan egin zuen, eta Artizarraren distirak lagunduta, teleskopioa oftalmoskopio

bihurtu zitzaion. Hala, litekeena da ustez Artizarrean ikusi zituen lerro haiek bere begiko odol-hodiak izatea.

Bestetik, Lowellek Urano eta Neptunoren orbitak kalkuluen arabera esperotakoarekin bat ez etortzea ez zen planeta ezezagun baten eraginatik. Arazoa zen Neptunori egozten zitzaion masa ez zela zuzena. 1989an Voyager 2 Neptunora gerturatu zenean, masaren balio zehatzago bat lortu zen, eta balio horrekin kalkuluak egin-dakoan desagertu ziren Urano eta Neptunoren orbiten ustezko desbideraketak.



Irudia: Pernan Goñi

Bazterretik plazara

2014ko abenduan, “[Ekinean](#)” atala sortu zuen *Elhuyar* aldizkariak, emakume ikertzaile gazteen bizipenak jasotzeko helburuarekin. Hain zuzen, zientzia-sistemak askotan ezkutatu egiten ditu haien ekarpenak, eta bazterrerara bultzatzen ditu. Horren aurrean, *Elhuyar* aldizkariak erdigunera ekarri ditu haien ahotsak.

Orain, ikuspegi barneratzailean sakontzeko asmoz, atala beste batzuei ere zabaltzea erabaki du aldizkariak. Hala, tartean behin, emakume izan gabe ere bazterrean dagoen ikertzailearen bat agertuko da “Ekinean” atalean.

Oier Lakuntza Irigoien da lehena. 6 urterekin, neuroendekapenezko gaixotasun arraro bat diagnostikatu zioten: Wolfram sindromea. Kimika Teoriko eta Konputazionalako doktorea da, eta, gaur egun, CIC Energiguneren dabil ikertzen. Bere ibilbidean aurkitutako oztopoak nola gainditu dituen kontatu ditu elkarrizketan.

Atalari hitza eta bizitza ematen dioten emakume ikertzaile gazteei esker onez, hemen orain arteko elkarrizketen printza batzuk:

“Ikerketa feministagoa behar dugu. Ikuspegia matxista da: behartuta zaude azkar eta asko argitaratzera, eta hori kalitatearen aurka doa”

Irati Romero Garmendia, ikertzaile biomedikoa

“Joera dugu pentsatzeko kanpoko ikerketa-maila hobia dela, baina, nire iritziz, hori ez da horrela. Hemen punta-puntako ikerketa ona egiten da”

Matxus Perugorria Montiel, onkologia-ikertzailea

“Nire lanak pazientearekin harreman zuzena eta sakona izatea ekartzen du, eta hori oso aberasgarria iruditzen zait; badu alderdi psikologiko eta emozionala ere”

Nerea Irastorza Landa, neurozientzialaria

“Haurra izandakoan, berehala itzuli nintzen ikertzera, beka ez eteteagatik. Horrek amatasuna modu gazi-gozoan bizitzera eraman ninduen. Hori gertatzen zaio mutil bati, eta ez da ezer gertatzen”

Izaro Zubiria Ibarguren, al baitaria

“Dibertsitatea beti da aberasgarria, bestelako ikuspuntuak azaltzen baitira. Nire taldean ere ni izan naiz lehen emakumea, baina, geroztik, emakume gehiago sartzen joan dira, eta nabaritzen da”

Judit Muñoz Matute, matematikaria

“Fakultateko giroa nahiko maskulinoa da, unibertsitatea bera erabat hierarkizatuta dago, lehia handia dago ikasleen artean, edukia oso bideratuta dago enpresetara, eta jendea ez da batere kritikoa”

Eva Perez-pons Andrade, ingeniari-ikaslea

“Zientzia gizarteratzeko, garrantzitsua da norbere hizkuntzan aritzea. Nire inguruko ikertzaileek, diren lekukoak direla ere, ingelesez egiten dute, baina nire amak edo nire lagun batzuek ez dakite ingelesez. Zertan ari naizen ulertzea nahi badut, euskaraz kontatu beharko diet, bada”

Naima El Bani Altuna, paleoetanografoa

“Luze sinestu izan da arren eta emeen zelulak berdinak direla, ugal-aparatukoak izan ezik. Orduan, ikerketa gehienak edo ia denak egiten dira arretan, eta gero hori orokortu egiten da. Baina gaur egun badakigu hori ez dela horrela. Pentsa zer hutsune dagoen zientzian”

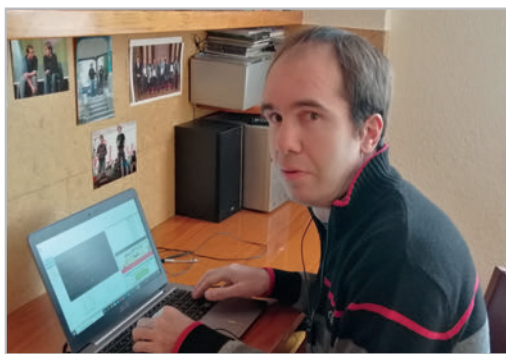
Ainitze Labaka Etxeberria, erizaina eta ikertzailea

“Jakin-mina izan nuen kimika ikasteko akuilua”

Ana Galarraaga Aiestaran · Elhuyar Zientzia

Oier Lakuntza Irigoien

Kimikari Teoriko eta Konputazionala



Oier Lakuntza Irigoien

Iruñea, 1985ean

- 6 urte zituela, **Wolfram sindromea** diagnostikatu zioten, neuroendekapenezko gaixotasun arraro bat.
- Kimikako lizentziatura bukatuta, ordurako itsu eta gor, **Kimika Teoriko eta Konputazionaleko doktoretza** egin zuen EHUn.
- Bi urteko egonaldia osatu zuen Kimikako Ikerketetarako Institutu Katalanean (ICIQ), eta gaur egun **CIC Energiguneko ikertzailea** da.

Oier Lakuntza Irigoienek ikusmena galduta eta entzumena urrituta dauzka. Horrek ez dio galarazi bertsolaria eta CIC Energigune zentroko ikertzailea izatea. Ez du bide erraza izan, hala ere.

Adibidez, Batxilergoan zientziak ikastea erabaki zuenean, gogoratu du ingurukoek letretatik jotzea gomendatu ziotela, errazagoa izango zitzaiolakoan: “Kazetaritza edo Euskal Filologia edo horrelako zer-bait egin nezakeela esaten zidaten. Baina betidanik izan nuen zientziak ikasteko gogoia, bereziki Kimika. Eta banekien ezen, ez banintzen saiatzen, betirako geratuko zitzaidala arantza”.

Aitortu duenez, Kimikako gai berri bat hasten zuten aldiro, jakin-mina pizten zitzaion. Jakiteko gogo hori izan zuen Kimika ikasteko akuilua, eta ez zitzaion damutu. Laborategiko praktikak ezin zituen egin, eta apunteak hartzeko ere zailtasunak zituen.

Zailtasunak zailtasun, emaitza oso onak lortu zituen. Hala, karrera amaitu zuenean, bere buruari galdetu zion hor utzi behar ote zuen ibilbide zientifikoa, eta kimikaren munduan jarraitzea erabaki zuen. Baze-kien laborategi batean ezinezkoa izango zitzaiola, baina Euskal Herriko Unibertsitatean Kimika Teoriko eta Konputazionalako Doktoretza zegoela jakin zuen, eta hango buruarekin, Jesus Ugalde Uribe-Etxebarriarekin, harremanetan jarri zen.

“Harrera ona egin zidaten, eta doktoretza bertan egitea erabaki nuen”, azaldu du Lakuntzak. Meta-noaren aktibazioaren gainean egin zuen tesia, eta doktoretza-ondorengoa egitera, berriz, Tarragonara joan zen, Ikerketa Kimikoko Institutu Katalanera. Bere helburua, baina, Euskal Herrira itzultzea zen, eta, CIC Energigunen aukera zegola jakin zuenean, hari heldu zion.

Hutsuneak eta gabeziak

Aurrera egitea lortu badu ere, ez da bide zelaia izan; hainbat oztopori egin behar izan dio aurre. “Kimika teorikoan aritu naiz, eta, alde horretatik, errazagoa izan zait egokitzea. Edonola ere, ikasle izatetik iker-tzaile-mentalitatea lortzera pasatzea asko kostatu zitzaidan. Era berean, ingurukoek aldetik sarritan gauzak erraztu nahi izateko gehiegizko joera sumatu nuen. Doktoretza bukatu eta gero, zein bide hartuko nuen beldur moduko bat ere sumatu izan nuen”, onartu du Lakuntzak.

Haren esanean, zientziak benetan integratzailea izan behar badu, gauza horiek aldatu egin beharko lirateke, eta uste du komenigarria izango litzatekeela ikerketa-zentroetan eta lantokietan baliabide eta laguntza gehiago egotea behar bereziak dituztenei erantzuteko. “Hutsune eta gabezia handia dago. EHUko Kimika Konputazionalako taldean sartu nintzenean, ni nintzen hara sartzen zen lehen itsua, eta ez zegoen ezer aurreikusita egokitzeko eta besteekin batera lan egiteko”.

Orain CIC Energigunen dabil, energia metatzeko materialetan ikertzen. Orain arte egin duen lanetik, beraz, oso lan desberdina da, eta erronka handia izan da. Aurrera begira, berriz, nahiago du egunean egun joan: “Ikerketa-munduan egonkortasuna lortzea zaila da, eta, ditudan mugekin, are zailagoa izango zait. Oraingoan, CIC Energigunen beste urtebeterako kontratua daukat, eta gero, ikusiko dugu. Iruindarra izanik, han zerbait topatuko banu, gustura hartuko nuke”. Iruñera itzultzekotan, ikerketa-mundua uztea ere ez du baztertzen, baina, bitartean, ikertzen jarraituko du, jakin-mina ase nahian. ●

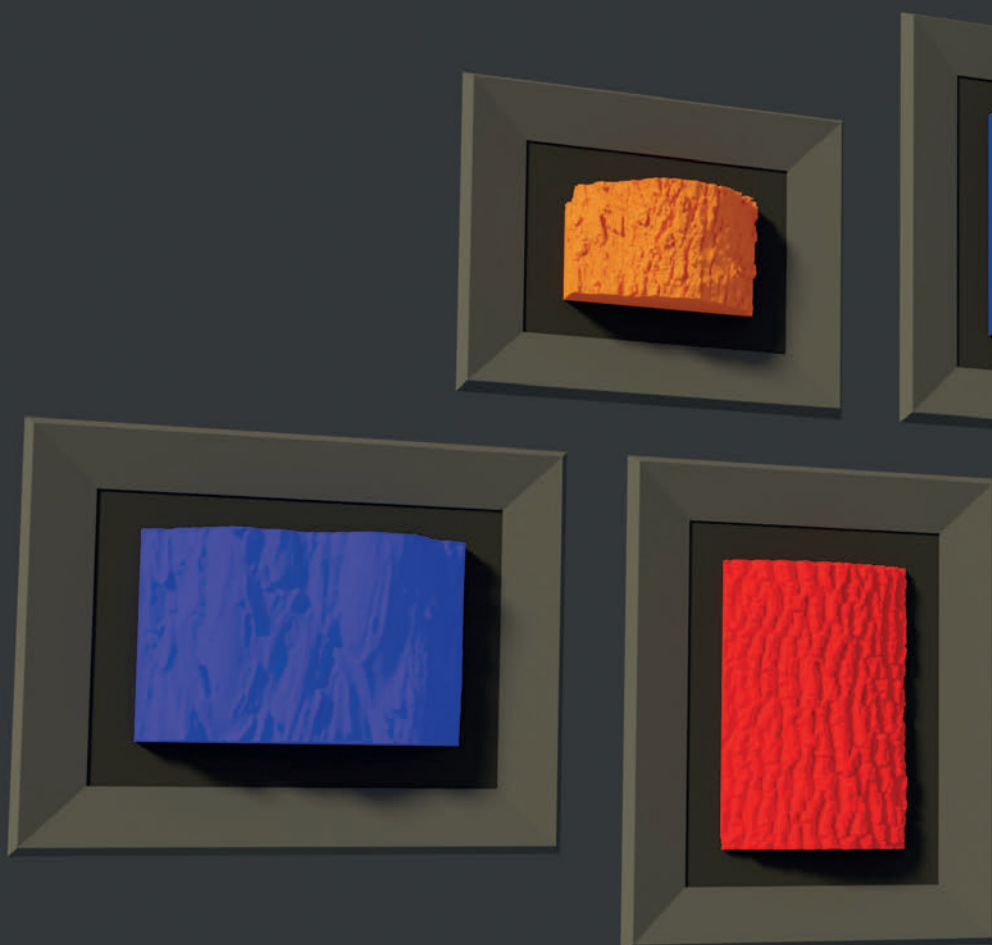


**Elkarriketa osoa
webgunean**



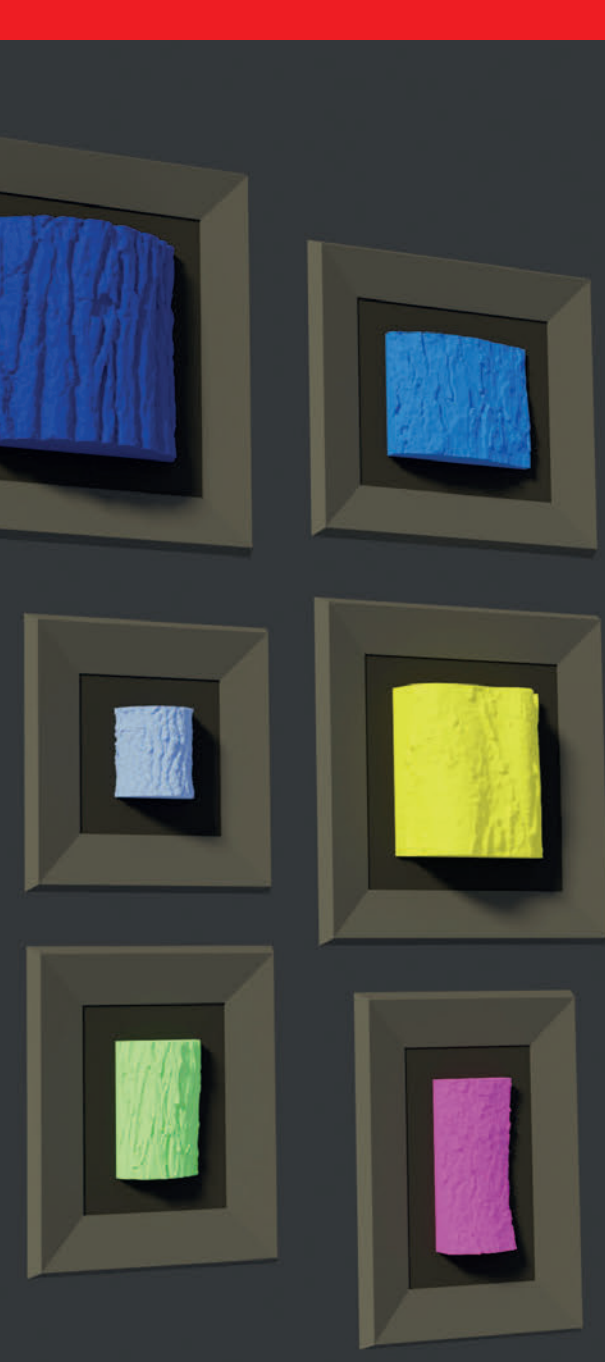
Kultura
Zientifikoko Katedra
Cátedra
Cultura Científica

UPV/EHU Kultura
Zientifikoko Katedraren
lankidetzan egindako atala.



2020ko CAF-ELHUYAR SARIAK

- 74** DIBULGAZIO-ARTIKULU OROKORRAREN SARIA
Galder González Larrañaga
Io eta argiaren abiadura
- 80** EGILEAREN DOKTORE-TESIAN OINARRITUTAKO
DIBULGAZIO-ARTIKULUAREN SARIA
Leire Sangroniz Agudo
*Polimero birziklatu aurreratuen garapena:
Plastiko-hondakinei bizitza berri bat emanez*



CAF ELHUYAR SARIAK 2020

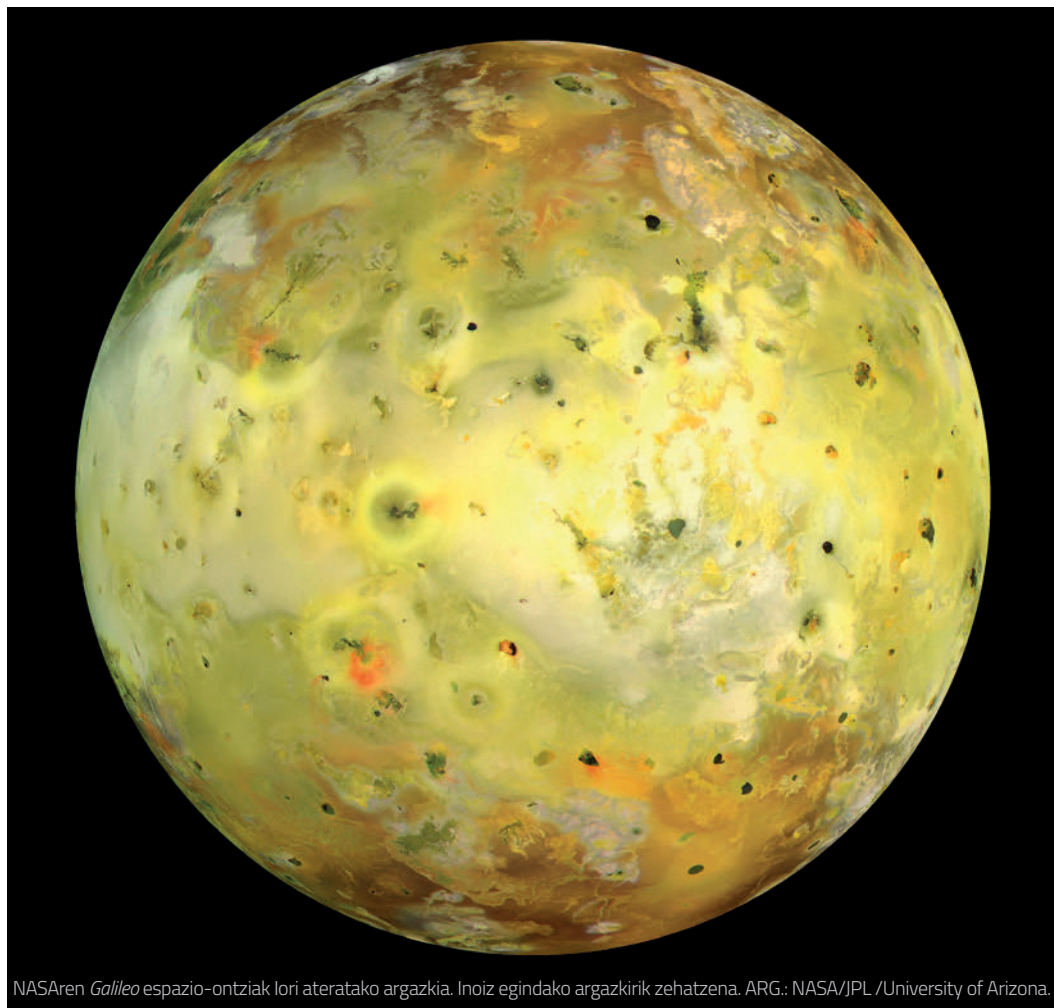
Irudian, *Fossil Plastics-Alegiazko enborrak* proiektuaren aurrerapen bat. Martin Etxauri Sainz de Murieta iazko Zientzia Gizartean sorkuntza-bekaren irabazleak garatutakoa, plastikoa Antropozenoaren ikurtzat hartuta.



[Bideoa elurmaluta.net-en](https://elurmaluta.net-en)

Io eta argiaren abiadura

The Expanse zientzia-fikziozko telesailean, Marteren eta Lurraren indarrek talka egiten dutenean Jupiterren io satelitearen gainean, minutu batzuk behar dituzte Lurrean, gertatzen ari dena jarraitu eta aginduak emateko. Argiak joan-etorria egiteko behar duen denbora dela eta, zaila da guda bera gidatzea. Bitxia bada ere, io eta argiaren abiadura zuzenki loturik daude zientziaren historian.



NASAREN *Galileo* espazio-ontziak lori ateratako argazkia. Inoiz egindako argazkirik zehatzena. ARG.: NASA/JPL /University of Arizona.



***Celatonea* buruan, eta ibili munduan**

1956an Arnold Nawrockik gazta prozesatuak plas-tiko indibidualetan sartu zituenetik [1], errazagoa da argiaren abiadura neurtzea etxean, mikrouhin-labea eta erregela bat erabilita [2]. Galileoren ga-raian, ordea, kontzeptu ezezaguna zen argiaren abiadurarena.

1617ko iraila. Galileo Galilei, historiako astronomo-rik famatuenetako bat, aulki batean loturik daukate, Livornoko portuan dagoen itsasontzi baten gainal-dean dagoen igerileku batean kokatutako barku txiki baten barnean. Buruan, berak asmatutako aparatu bitxi bat darama, *celatone* izenekoa [3].

Steampunk-komiki batetik ateratako aparatu ho-rietako bat dirudi *celatoneak*: betaurrekoak dituen kasko bat da, eta begietako batean teleskopio bat jartzen da. Gerora egindako bertsio batzuetan, kan-dela bat du gainean, gauean irakurri edo idatzi ahal izateko. Haren funtzioa ere oso zehatza da: teleskopiorik ez duen begiarekin Jupiter aurkitu eta gero, teleskopioa duen begitik planeta ikusi ahal izango dugu, eta, hala, zehaztasun handiz ikus daiteke noiz gertatzen den Jupiterren sateliteetako baten eklipsea. Behatzailearen mugimenduak eta, bere-ziki, itsasontziaren mugimenduak Jupiter ikusteko arazoak emango dituztenez, flotatzen duen aulki baten gainean jarri beharko da behatzailea [4,5].

Zazpi urte lehenago, 1610eko urtarrilaren 7an, Ju-piter ikusi zuen Galileok, berak egindako telesko-pio batekin, Pisatik, lehen aldiz. Jupiter ondoan hiru izar aurkitu zituen (laugarrena hurrengo gauean ikusi zuen), lerro zuzen bitxi batean. Hurrengo gauean, berriro behatu zuen Jupiter, eta hiru izar haiek mugitu egin zirela ikusi zuen, baina Lurraren

mugimenduaren ondorioz pentsa litekeen norabi-dearen kontra. Gau hartan bertan, Pisatik urrun, Simon Mariusek ere Jupiter behatu zuen, eta haren ondoan zeuden lau puntuen kokapena aipatu zuen. Hurrengo egunetan, bi zientzialariek, bakoitzak bere aldetik [6], izar horien mugimendua deskri-batu zuten, eta ondo ulertu zuten Jupiterren sate-



Celatonearen funtzionamendua. ARG.: Galileo Museoa/
CC-BY-SA 3.0.

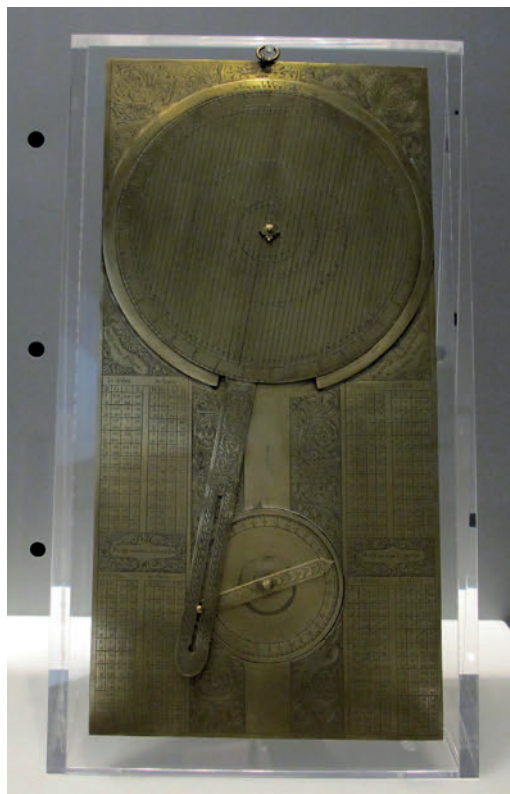
liteak zirela. Ondorio garrantzitsuak zituen horrek: baldin eta Jupiterrek bere inguruan biratzen zuen sistema oso bat bazuen, frogatutzat jo zitekeen Kopernikoren teoria heliozentrikoa [7]. Sateliteen aurkikuntza Galileori egozten diogu, Galileo izan baitzen argitaratzen lehena; baina, egiari zor, Ma-riusek proposaturiko izenak erabiltzen ditugu: Io, Europa, Ganimedes eta Kalisto [8].

1612tik aurrera, Galileok berak asmatutako sareta-sistema batekin, sateliteen posizioa zehaztasunez neurtzen hasi zen. Berehala ikusi zuen sateliteen abiadura Jupiterrekiko distantziarekiko proportzionala zela, eta taulak eginez posible zela satelite horien posizioa zehatz-mehatz zein den jakitea. Hain zehatz, ezen posible baitzen satelite bakoitzaren eklipseak aurrez iragartzea eta, horrekin, denbora neurtzea. Jupiterren sateliteak, eta bereziki Io, gero ikusiko dugun bezala, erloju astronomikoak ziren; eta, erloju bat badugu, longitudearen arazoa konpon dezakegu.

Longitudearen arazoa

Demagun itsasontzi batean ari zarela Ozeano Atlantikoa zeharkatzen, demagun XVI. mendea dela eta zure posizioa zein den jakin nahi duzula, batez ere kostara ez jotzeko. Zure posizioa zein den jakiteko bi zenbaki beharko dituzu: latitudea eta longitudea. Latitudea nahiko erraz kalkulatu daiteke: Eguzkia eguerdian horizontearikiko zenbat altxatzen den neurtu, eta, urteko egunaren arabera, non zauden kalkulatu dezakezu. Gauez, are errazago: izarren posizioarekin eta altuera erlatiboarekin kalkulatu bera egin dezakezu, eguerdira arte itxoin behar izan gabe.

Baina... nola kalkulatu longitudea? Ezin da. Ohiko modua honako hau da: besaldi bateko tarteetan korapiloak dituen soka bat barkutik uretara bota, eta hogeita hamar segundoan zenbat korapilo erortzen diren kontatzea. Neurri horri, oraindik ere, korapilo izena ematen zaio. Ondoren, mapa batean, konpas bat erabiltuta, korapilo-kopuru horiek barkuak duen norabidean markatu, eta aurreko posizioarekiko zenbat mugitu garen jakin daiteke. Ez dago esan



Jovilabiuma, Galileo Museoa. ARG.: Sailko/CC-BY-SA 3.0.

beharririk: ez da metodo oso zehatza, eta, diruaz gain, biziak ere galdu ziren zehaztasunik ez horren ondorioz [9].

Arazo horri "longitudearen arazoa" deitu zitzaion, eta garai bakoitzeko potentzia nautikoak dirutza eskaini izan du soluzio bat aurkitzen zuenarentzat. Galileok Io erloju finko gisa erabiltzea pentsatu zuenean, Espainia zen itsas potentzia eta Filipe III.a sari-emailea. Baina Filipe III.ak saria eskaini eta

hogei urtera jaso zuen Galileoren proposamena, eta, dirudienez, haren idazkariek erantzun zuten esanez ez zela metodo praktikoa. Izan ere, ez zen batere erabilgarria.

Galileoren proposamenak, gutxienez, hiru gauza eskatzen zituen: loren eklipseak behatu ahal izateko *celatonea* zuen marinel bat; eklipseak zehazten zituen efemerideen taula bat edo, are hobeto, *jovilabium* bat (*jovilabiuma* sateliteen posizioak zehazten zituen kalkulagailu bat zen, hainbat pieza mugikorrekina egina [10] —ikusirik irudia—); eta, azkenik, pendulu-erloju bat. Logika honako hau zen: demagun Pisan egindako *jovilabium* horrek esaten digula loren eklipseak noiz hautematen diren Pisan, zehaztasun osoz. Barkuan, eklipsea noiz den neurtzen badugu, ordu-diferentziaren araberrako aldea izango dugu gure latitudean. Adibidez, 2 ordu beranduago gertatzen bada, kontuan izanda egunak 24 ordu eta munduak 360° dituela, kalkulatu dugu Pisatik 30° -ra gaudela (izan ere, $2/24 \times 360^\circ = 30^\circ$ da).

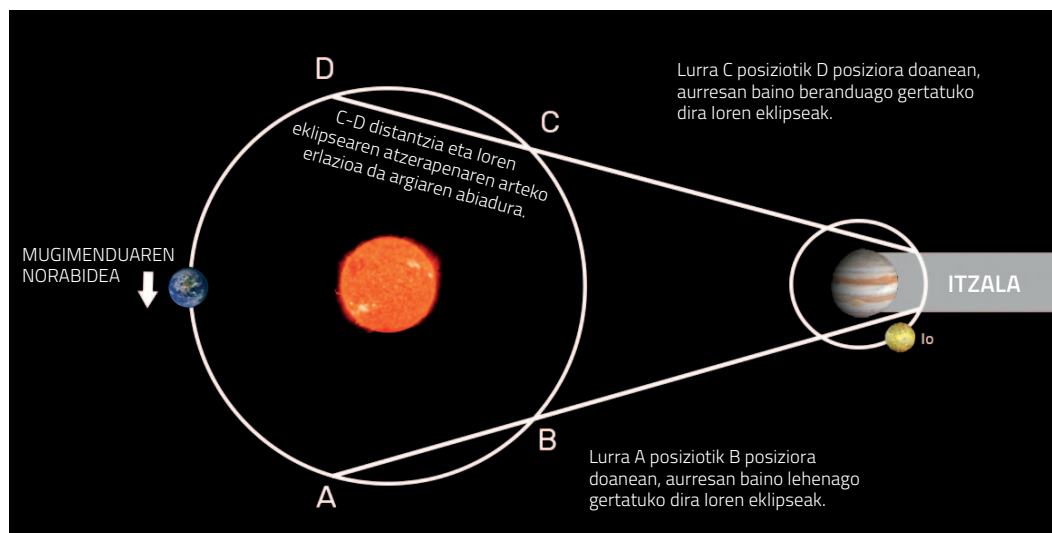
Handik denbora batera, saiatu zen metodo bera Herbehereei saltzen, hobekuntza tekniko batzuekin: *celatonea* zeramanak olio bereizitako bi esfera diren artean flotatu beharko luke, eserleku zehar batean [11]. Ez zuen lortu, arrazoi praktikoa zirela eta: Jupiter ezin da egunetik ikusi, urteko gauen erdian ez dago hautematerik, eta hauteman daitekeenean ere hodeituta egon daiteke, barkuak mugitzen dira, marinelak ez zuten ezagutzen tekniko hain zehatza eta, garrantzitsuena akaso, penduludun ordulari batek ez du funtzionatzen mugimenduan dagoen barku batean.

loren dantza zehaztasunik gabea

Baina Galileoren metodoak izan zuen balioa, handia, lehorrean. Itsasontzi batean ez bezala, lehorrean oso baliagarria zen metodo hori, longitudea zehazteko. Munduko mapak berriro marraztu ziren, inoiz egindako neurririk zehatzenekin: itsasoak handitu ziren, eta herrialde gehienak txikitu. Cassiniren gidaritzapean, Frantziak zehaztasun handiko neurketak egin zituen, eta ohartu ziren haren eremua mapen artean ziotena baino txikiagoa zela. Diotenez, Luis XIV.ak adierazi zuen lurralde gehiago galdu zuela astronomoen erruz bere etsaien erruz baino.

Joan gaitezen istorio honen helburura. Cassini, hala ere, ohartu zen loren orbita ez zela zehatza, eta orbiten eszentrikotasunari egotzi zion akatsa. Cassinik Jean Picard astronomoa bidali zuen Tycho Braheren behatokira, neurketen zehaztasuna aztertzerako. Bertan, Ole Rømer izan zuen laguntzaile, gure kontakizunaren azken protagonista.

Rømerren datu gehienak galdu ditugu, 1728ko Kopenhageko sutean erre baitziren [12]. Baina badakigu 1668tik 1678ra bitarte eklipseak behatzen aritu zela, erre gabe geratutako paper bati zein Christian Huygens bidalitako gutun bati esker [13]. Rømer konturatu zen eklipseen ordua aldatu egiten zela Lurra Jupiterrekiko zuen posizioaren arabera: konjuntzioan zeudenean, urrun, eklipseak aurreran baino beranduago gertatzen ziren, eta oposizioan zeudenean, gertu, aurreran baino lehenago. Aldaketa hori, gainera, pixkanaka gertatzen zen, eta Lurraren eta Jupiterren arteko distantziaren arabera zen [14].



Ioren argiak denbora gehiago beharko du iristeko, Lurrarekiko duen distantziaren arabera. Irudi honetan ikus dezakegu nola kalkulatu zuen Romerrek argiaren abiadura. Objektuak eta orbitak ez daude eskalan. Irudia: Galder Gonzalez.

Soluzio bakarra zegoen: argiak denbora behar zuen Jupiterretik Lurrera heltzeko eta, horregatik, zenbat eta urrunago egon Jupiter, orduan eta beranduago gertatzen zen eklipsea. 1676ko abuztuaren 22an, Parisko Errege Akademiaren aurrean, lehen aldiz aipatu zen argiak abiadura zuela:

“Bigarren zehaztasunik ez horren arrazola da, antza, satelitetik datorkigun argiak iristeko denbora bat behar duela; badirudi argiak hamar eta hamaika minutu artean behar dituela Lurraren orbitaren diametro-erdiaren distantzia egiteko” [15].

Gaur egun, badakigu denbora hori ez dela hamar eta hamaika minutu artekoa, baizik eta 8 minutu eta 13 segundo. Badakigu, halaber, Lurraren eta Eguzkiaren arteko distantzia 149,6 milioi kilometro dela, baina Rømerren garaian datu hori ezin zen ondo kalkulatu. Rømerren datuak erabili zituen Huygensek argiaren abiadura 220.000 km/s zela kalkulatzeko, benetako balioa baino % 26 txikiagoa [16]. Mende bat beranduago, Jean Baptiste Joseph Delambre astronomoak beste kalkulu bat egin zuen

lo erabiliz: haren kalkuluaren arabera, argiak 8 minutu eta 12 segundo behar zituen Eguzkitik Lurrera iristeko; benetako zenbatekotik oso gertu [17].

Zientziaren bihurguneetan barrena

Uste dut Richard Dawkins irakurri niola, Hutsuneen Jainkoa terminoa aipatzen ari zela, erantzun zientifiko bat aurkitzen den bakoitzean beste bi hutsune sortzen direla. Baina liburua norbaiti utzi nion, eta orain ezin aurkitu erreferentzia zehatza. Balio bekik ondorio hau azaltzeko: zientziak erantzun bat aurkitzen duen bakoitzean ez-jakintasun berriak aurkitzen ditu, eta ez-jakintasun horiek aurrez ezezaguna den bide bat irekitzen dute. Ezin dugu aurrez jakin nora iritsiko garen, galdera berriak ez daudelako idatzita.

Galileok loren doitasuna aztertu zuenean, ez zuen argiaren abiadura aurkitu nahi. Albo-kalte bat izan da. Bere bizitzako azken urteetan, Elizak jazarria, etxean itxita egon zen Galileo. Teleskopioa erabiltzeagatik erdi-itsu, pendulu-erlojuak eta *celatonea* hobetzen jardun zuen, hil aurretik sari preziatu bat

lortuko zuela pentsatuz. Laurehun urte geroago, lo agertzen da *The Expanse* telesailan: bertatik mezu bat bidaltzen denean, behin eta berriz azaltzen da argiak zenbat denbora behar duen, fikziozko *ortzi-nauta* horien pantailetan. Baliteke egunen batean gizakia lora iristea; gertatzekotan, ioratzeko latitudea zein longitudea zein diren jakin beharko dute, bertan dagoen mineral-motako sari preziatua usiatzeko bada ere. ●

Erreferentziak

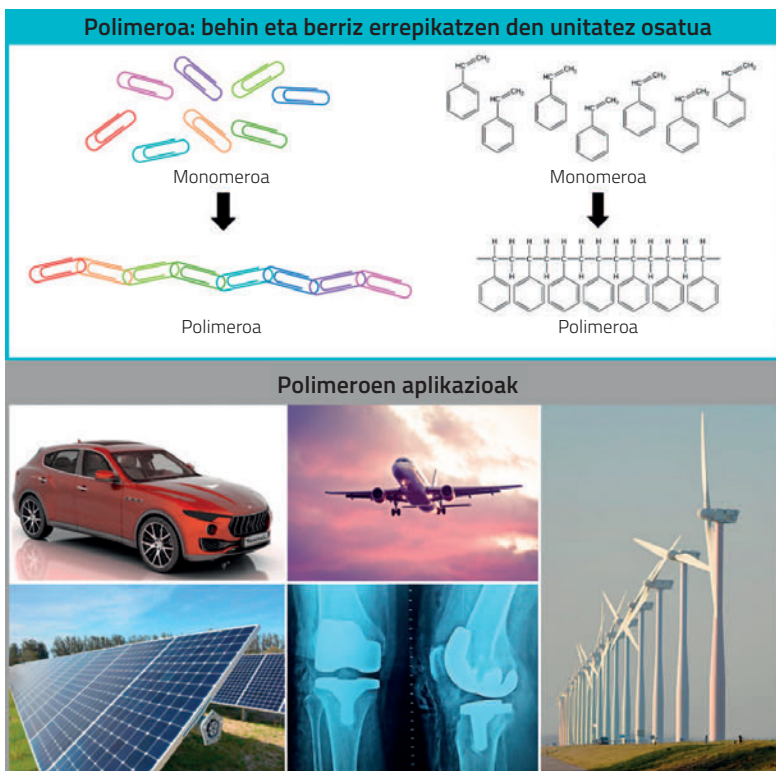
- [1] The Associated Press (2003-07-12) «Arnold N. Nawrocki, Cheese Innovator, 78» The New York Times ISSN 0362-4331.
- [2] Castaños, E. «¿Cómo medir la velocidad de la luz en casa?» Lidia con la Química 2015-11-16 . Noiz kontsultatua: 2020-01-09.
- [3] Drake, S. (1995) Galileo at work : his scientific biography (Dover ed. argitaraldia) Dover Publications ISBN 0-486-28631-2 PMC 32508102.
- [4] Ayala, L. (2010). Surpassing human nature: Reinventions of and for the body as a consequence of astronomical experiments in the seventeenth and eighteenth centuries. *Metaverse Creativity*, 1(1), 101–113. doi:10.1386/mvcr.1.1.101_1.
- [5] Galilei, G.. (2012) Le opere di galileo galilei. Nabu Press ISBN 1-286-54512-9.
- [6] Pasachoff, Jay M. (May 2015). "Simon Marius's Mundus Iovialis: 400th Anniversary in Galileo's Shadow". *Journal for the History of Astronomy*. 46 (2): 218–234. Bibcode:2015JHA....46..218P. doi:10.1177/0021828615585493.
- [7] Galilei, G, Sidereus Nuncius.
- [8] Marius/Schlör, Mundus Iovialis, 78. Or.
- [9] Atal honi buruzko azalpen luzeagoa irakurtzeko aukera: Sobel, Dava (D.L. 2012) Longitude : bere garaiko zientzia-arazorik handiena ebatzi zuen jenio bakarti baten egiazko istorioa Ehu Press ISBN 978-84-9860-745-1 PMC 864229958.
- [10] Bedini, S. A. (1986). "The Galilean jovilabe". *Nuncius*. 1 (1): 24–26.
- [11] "Apparatus to render a telescope manageable on shipboard" in «Papers of the Board of Longitude : Papers regarding inventions and improvements of various astronomical and nautical instruments» Cambridge Digital Library.
- [12] Meyer, K. (1915), "Om Ole Rømers Opdagelse af Lysets Tøven", *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter*, 7. Række, naturvidenskabelig og matematisk Afdeling, XII: 3.
- [13] Rømer, O. (1677ko irailaren 30a), "Lettre N° 2104", in Bosscha, J. (ed.), *Œuvres complètes de Christiaan Huygens* (1888–1950). Tome VIII: Correspondance 1676–1684, Haga: Martinus Nijhoff.
- [14] Cruikshank, D. P.; Nelson, R. M. (2007). "A history of the exploration of Io". In Lopes, R. M. C.; Spencer, J. R. (eds.). *Io after Galileo*. Springer-Praxis. pp. 5–33. ISBN 978-3-540-34681-4.
- [15] Bobis, L.; Lequeux, J. (2008), "Cassini, Rømer and the velocity of light" (PDF), *J. Astron. Hist. Herit.*, 11 (2): 97–105.
- [16] Huygens, C. (1690ko urtarrilaren 8a). Thompson, S. P. (ed.). "Treatise on Light". Project Gutenberg etext.
- [17] Oldford, R.W (2000). "The first evidence". *Scientific Method, Statistical Method, and the Speed of Light*. University of Waterloo.

Polimero birziklatu aurreratuen garapena:

Plastiko-hondakinei bizitza berri bat emanez

Aurten, 100 urte bete dira Hermann Staudingerrek makromolekula inguruko lehenengo lana argitaratu zuenetik, polimeroen zientziari hasiera eman zionetik. Egun, polimeroek (plastikoak barne) berebiziko garrantzia daukate, arlo ugarian erabiltzen baitira; are gehiago, hainbat aurrerapen ez lirateke

posible izango material horiek gabe. Hala ere, 100. urtemuga betetzen den honetan, erronka handi bati egin behar diote aurre polimeroek: material horiek erabiltzeak eragiten duen hondakin-kantitate handia murrizteari. Horrek kezka handia sortu du gizartearen. Erronka hori gainditzeko, oro har polimero gutxia-



1. irudia. Goiko irudian, polimero-molekula eskema ikus daiteke, klip eta egitura kimikoen bidez adierazita. Beheko irudian, polimeroen zenbait aplikazio azaltzen dira: automobilgintza, aeronautika, energia berriztagarriak edota medikuntza.

Testua eta irudiak
Leire Sangroniz Agudo
EHU eta POLYMATEko ikertzailea



go erabiltzeaz gainera, material horiek birziklatzeko modu berriak ikertu behar ditugu zientzialariok, eta agertzen diren arazo eta oztopoei irtenbidea bilatu. Hori izan da, hain zuzen ere, tesi honen helburua.

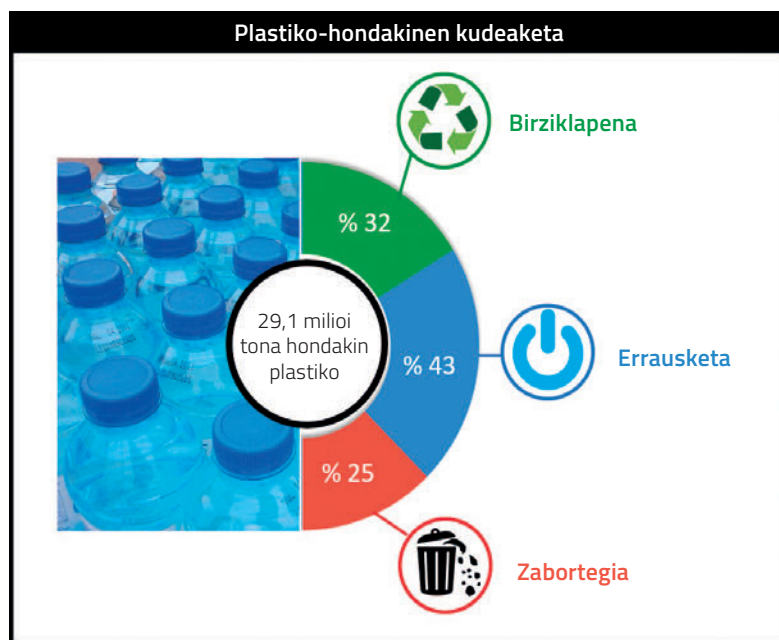
Polimeroak: erabilera anitzeko materialak

Gaur egun, polimeroak, eta haien artean plastikoak, arlo ugaitan erabiltzen dira, eta ezinbestekoak dira eguneroko bizitzan. Behin eta berriz errepikatzen diren unitatez osatuta daude polimeroak, eta haien berezitasun nagusia da pisu molekular handiko molekula erraldoiak direla, makromolekulak, alegia. Makromolekula horiek lortzen dira molekula txikiak, hots, monomeroak, elkarren artean erreakzionaraziz. Adibide bat erabiliz erraz uler daiteke: monomeroa klip bat bada, polimeroa klipak elkarren artean lotuz osatzen den kate luzea da (1. irudia). Hainbat polimero-mota daude; berotzean urtu eta hoztean solidotu egiten diren polimeroak dira plastikoak, eta prozesua behin eta berriz errepikatu daiteke.

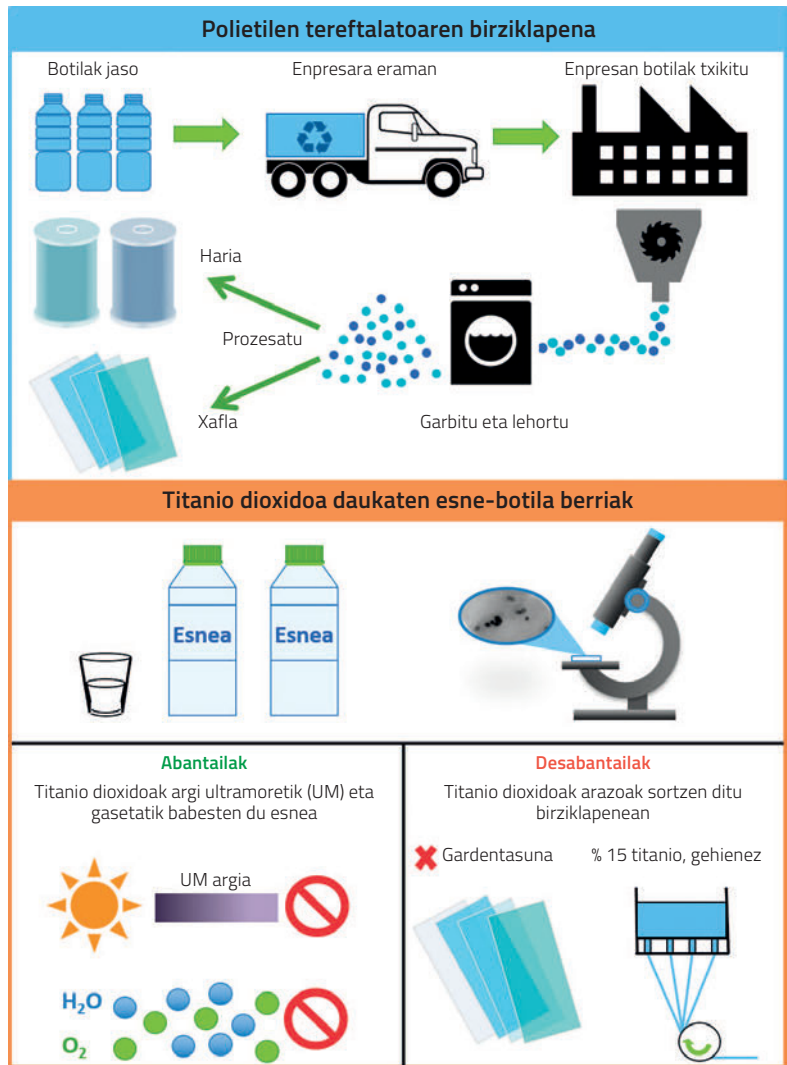
Polimeroek askotariko material-motak ordezkatu dituzte (esaterako, metala, egurra eta beira), zenbait abantaila dituztelako: merkeak dira, arinak, eta erraz prozesatu daitezke, hau da, erraz ematen zaie forma energia gutxi xahutuz. XX. mendean lehen polimero sintetikoak azaldu zirenetik, hainbat polimero garatu dira, aplikazioen behar guztiak asetzeko. Polimeroek askotariko ezaugarriak izan ditzakete, eta, ondorioz, aplikazio ugaitan erabiltzen dira; batez ere, ontziratzean, medikuntzan edota energia berriztagarrietan (1. irudia).

Plastiko-hondakinen arazoa

Azken urteetan, polimeroen erabilera eztabaia da eta kezka handia sortu du gizartean, hondakin asko sortzen baitute eta ingurumenean barreiatuta amaitzen dutelako. Europar Batasuneko datuen arabera (2. irudia), 2018an, 29,1 milioi tona hondakin plastiko sortu ziren: % 32 birziklatu egin zen, eta % 43 erraustegietara bidali zen, energia



2. irudia. 2018an, 29,1 milioi tona hondakin plastiko sortu ziren; horietatik, % 32 birziklatu egin zen, % 43 erraustegietara eramane zen, eta % 25 zabortegietan pilatu zen.

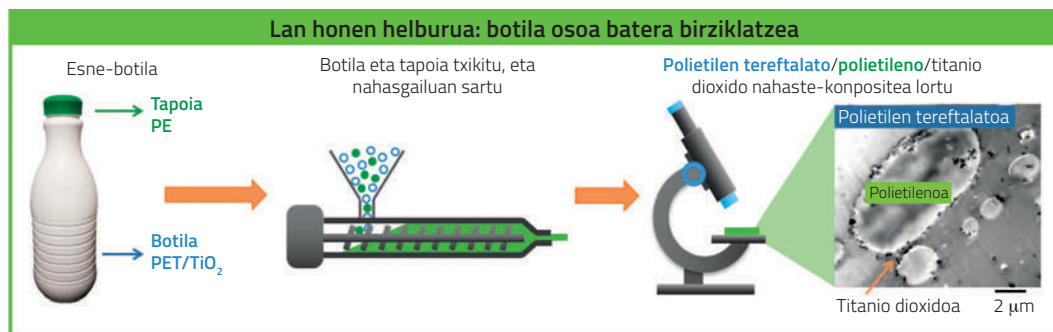


3. irudia. Goiko irudian, polietilen tereftalatoaren birziklapen arrunta azaltzen da, zeinaren bidez xafiak eta hariak lortzen baitira. Beheko irudian, titanio dioxidoa daukaten esne-botila berrien abantailak eta desabantailak ageri dira.

berreskuratzeke; % 25, ordea, zabortegetan pilatu zen. Datu horiek argi erakusten dute plastikoak birziklatzea sustatu behar dela, eta, horretarako, guztiz beharrezkoa da materialen birziklapena ikertzea eta aplikazio posibleak bilatzea. Hori izan da, hain zuzen ere, tesi honen helburuetariko bat.

Polietilen tereftalatoa: botiletan jaun eta jabe

Industria guztiak kontuan hartzen badira, ontziratzearena da material gehien birziklatzen duen sektorea. Ontziratzean, hainbat polimero erabiltzen dira; haien artean garrantzitsuenak poliolefinak dira, hau da, polipropilenoa (PP), zenbait polietileno-mota (PE) eta polietilen tereftalatoa (PET). PETa asko erabiltzen da botilak egiteko, ezaugarri



4. irudia. Lan honetan, botilak tapoiekin batera birziklatzea proposatzen da. Horrela, nahaste-konposite bat lortzen da, eta material berri horren ezaugarriak aztertu behar dira, aplikazio posibleak bilatzeko.

mekaniko eta erresistentzia kimiko ona dituelako. Material horrek sektore horretan garrantzi handia izanik, eta kontuan hartuz ontzi horien erabilera-bizitza laburra dela, asko garatu da haiek birziklatzeko modua. 3. irudian, PETaren birziklapen-prozesua azaltzen da: botilak jaso eta enpresara eramaten dira; bertan, txikitu, garbitu eta lehortu egiten dira, eta, azkenik, prozesatu egiten dira, x-flak edo hariak lortuz.

Gaur egun, Frantzian, titanio dioxido (TiO_2) nanopartikulak gehitu ohi zaizkio PETari, esne-botilak egiteko. Izan ere, titanio dioxidoak erradiazio ultramoretik babesten du edukia (esnea), eta gasak iragaztea oztopatzen du. Baina nanopartikula horiek materiala birziklatzea eragozten dute. Alde batetik, nanopartikulak gehitzean, gardentasuna galtzen da; merkatuan, ordea, PET gardenak du eskari handiena. Bestalde, titanio dioxidoa duen PETak birziklatutako materialaren % 15 baino gutxiago izan behar du; bestela, harilkatze-arazoak sortzen dira (3. irudia). Ondorioz, birziklapen-instalazioetan, banatu egiten da titanio dioxidoa duen PETa, eta horrek prozesua garestitzen du. Kontuan izan behar da, halaber, botilen tapoia polietileno edo polipropileno eginak daudela, beraz, birziklatu aurretik, botilen gorputza eta tapoia banatu egin behar dira, eta horrek ere prozesua garestitzen du.

PET/ TiO_2 -a ezin denez birziklatu, zabortegietara eraman daiteke edo erraustegietara, energia berreskuratzeko; baina aukera horiek ez dira jasangarriak. Ingurumenaren ikuspuntutik aukera jasangarriagoa da botilak tapoi eta guzti birziklatzea, eta material aurreratuak garatzea; hala, birziklatu ezin zitekeen hondakin bat lehengai gisa erabil daiteke, materialari bizitza berri bat emanez.

Botila osoaren birziklapena: PET/PE/ TiO_2 nahaste-konpositea

Botila osoa tapoi eta guzti birziklatzean, PET/PE/ TiO_2 nahaste-konpositea lortzen da. Dena batera birziklatzea aukera ekonomikoena bada ere, ezinbestekoa da sistema horren ezaugarriak aztertzea, hainbat aplikazio eman nahi bazaizkio. Lehenik, birziklatutako materialaren antzeko konposizioa duen nahastea prestatu behar da, material komertzialak erabiliz; laborategian prestatutako nahaste hori erabiliko da ikerketa burutzeko. Birziklatutako materialaren konposizioa zein den jakiteko, zenbait teknika erabili dira, eta datuak Frantziako esne-botila batekin alderatu dira. Behin konposizioa ezagututa, PET, PE eta titanio dioxido komertzialen kantitate egokiak gehitu dira nahasgailuan. Bertan, materiala berotu egin da, urtu eta nahastu dadin.

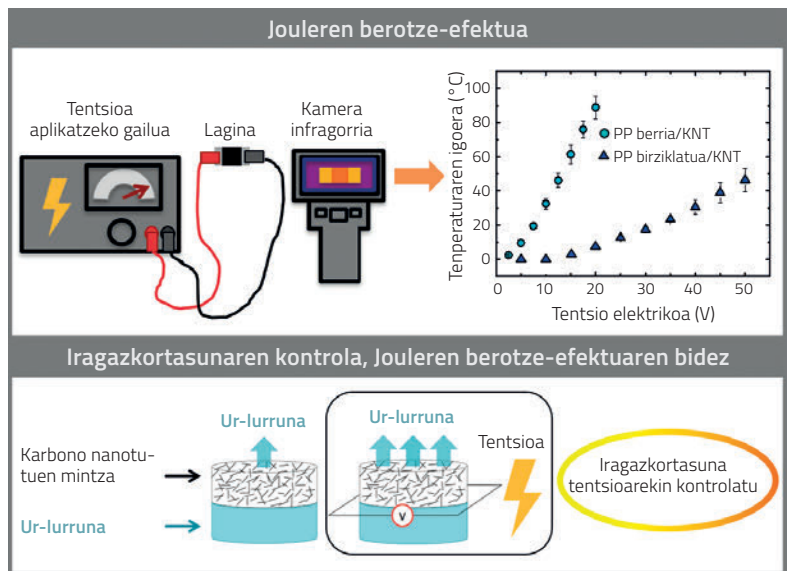
Behin nahaste-konpositea prestatuta, haren morfologia ikertu behar da, hau da, PETa, PEa eta TiO_2 -a

nola antolatzen diren. Horretarako, mikroskopia elektronikoa erabili da. Hala, ikusi da PET/PE/TiO₂ nahaste-konpositeetan PE-tantak PET-matrizean zehar barreiatuak daudela, bi polimero hauek nahasezinak baitira. Titanio dioxidoa, berriz, bi polimero-faseen arteko interfasean kokatzen da (4. irudia). TiO₂ nanopartikulek polietileno-tanten tamaina murrizten dute, eta hori onuragarria da, propietate fisikoak hobetuko baitira, batik bat propietate mekanikoak.

eta lurrunen iragazkortasuna neurtu da. Lorturiko emaitzen arabera, PET/PE/TiO₂ nahaste-konpositeak hesi-propietate onak ditu, oxigeno eta ur-lurrunarentzat.

Ezaugarri mekanikoei dagokienez, PET/PE/TiO₂ nahasteak zurruntasun egokia du; haustura-deformazioari dagokionez, berriz, PET birziklatuak baino deformagarritasun handiagoa du.

5. irudia. Goiko irudian, tentsio elektrikoa aplikatzeko gailua azaltzen da; laginarekin konektatua dago kable gorri eta kable beltzaren bitartez. Kamera infragorria laginaren tenperatura erregistratzen du. Grafikoan, material batzuen tenperatura-igoera irudikatu da aplikaturiko tentsio elektrikoaren aurrean. Beheko irudian, ikus daiteke materialaren iragazkortasuna tentsio elektrikoaren bidez kontrolatu daitekeela.



Materialak isurtzeko duen gaitasuna ere aztertu da, hots, materialaren erantzun erreologikoa. Ezaugarri hori aztertzeak berebiziko garrantzia dauka, polimeroak berotu eta modu egokian isuri behar direlako, moldea bete dezaten haren forma hartuz. Lan honetan frogatu da materialaren isurtzeko gaitasuna handitu dutela nanopartikulek; beraz, polimeroen prozesaketan energia gutxiago beharko da PET hutsarekin prozesatzean baino.

Azkenik, materialaren bizitza-amaierako zenbait propietate ikertu dira. Besteak beste, zenbait gas

Azterketa horien arabera, botila osoa birziklatuz lortzen den materiala ontziratzeke erabili ahal izango litzateke, hesi-propietate zein ezaugarri mekaniko egokiak dituelako. Horretaz gain, autoteko barneko plastikozko panelak zein beste pieza batzuk egiteko ere erabil daiteke, ezaugarri mekaniko egokiak dituelako.

Material birziklatu adimentsuen garapena: Joule efektua

Urrats bat haratago joanez, material adimentsuak garatu dira birziklapen-prozesuan eroaleak diren

nanopartikulak gehituz. Material adimentsuak kanpo-estimulu bati erantzuteko gai diren materialak dira, eta ezaugarri fisiko edo kimikoak aldatzen zaizkie. Tesian, Jouleren berotze-efektua erabili da; haren bidez, material erdieroale bati korronte elektriko bat aplikatzean, tenperatura handitu egiten da.

Kasu horretan, ontziratzean asko erabiltzen den beste poliolefina bat aukeratu da, polipropilenoa, hain zuzen ere. Polipropileno (PP) berria zein birziklatua erabili da, eta karbonozko nanotutuak (KNT) gehitu zaizkie, material erdieroaleak lortzeko helburuarekin. 5. irudian, Joule efektua neurtzeko erabilitako sistema azaltzen da. Korronte zuzena aplikatzen duen gailu elektriko bat konektatu da laginarekin, eta tenperatura neurtzeko infragorri bidezko kamera bat erabili da. Laginei tentsio elektriko desberdina aplikatu zaie, eta 5. irudian azaltzen diren emaitzak lortu dira. PP berria eta KNTak dituen kasuan, tenperatura ia 90 °C arte igo daiteke 20 V-eko tentsioa aplikatuz. PP birziklatua eta KNTak dituen kasuan, berriz, tenperaturaren igoera apalagoa da (beherago azaltzen diren arrazoiengatik): 50 V aplikatuz, 40 °C inguruko tenperatura igoera gertatzen da.

Laborategian egindako analisisen arabera, PP birziklatuak ezpurutasunak ditu: titanio dioxidoa gehienbat, eta talko eta beste zenbait konposatu ez-organikoren arrastoak. Partikula horiek ez dira eroaleak, eta oztopatu egiten dute nanotutuen arteko eroankortasuna. Hala ere, emaitzek erakusten dute PP birziklatuan ere Joule efektu nabarmena sortzen dela.

Hala, frogatu da material erdieroaleak lortzeko bide egokia dela polipropileno birziklatuari karbonozko nanotutuak gehitzea. Material horiek adimentsuak dira, tentsio elektriko ezartzean berotu egiten baitira, eta aplikazio ugari izan ditzakete, hala nola korrontea ezarri bat batean askatzen den itsasga-

rri gisa erabiltzea edo manta termikoetan. Beste aplikazio interesgarri bat mintzen garapena da, iragazkortasuna asko aldatzen baita tenperatura-rekin, hau da, aldatu egiten da mintz bat zeharkatzen duen gas edo lurrun baten kantitatea. Hori izan da lan honetan ikertu den aplikazioa. Aplikaturiko tentsioaren arabera, mintzaren tenperatura kontrolatu dezakegu. Hala, iragazkortasun-balio desberdinak lortu daitezke aplikatzen den tentsioaren arabera, 5. irudian ikus daitekeen bezala. Material hauek hainbat aplikazio izan ditzakete, besteak beste, sentsoreetan edo uraren gatzgabetze-prozesuetan. ●

Bibliografia

Areizaga, J.; Cortazar, M.; Elorza, J. M.; Iruin, J. J. *Poltmeros* (Sintesis, Madrid 2002).

Comite Technique pour le Recyclage des Emballages Plastiques (Cotrep) (2015). "Note preliminaire 2. Impact du development du PET opaque blanc sur le recyclage des emballages en PET".

El-Tantawy, F. (2001). "Joule Heating treatments of conductive butyl rubber/ceramic superconductor composites: A new way for improving the stability and reproducibility?", *European Polymer Journal*, 37: 565-574.

Iruin, J. J.; Elortza, J. M. *Kimika Fisiko Makromolekularra* (UEU, 1998).

Plastics Europe (2019). *Plastics-The Facts*. (Brussels, Belgium).

Roy, D.; Cambre, J.N.; Summerlin, B.S. (2010). "Future perspectives and recent advances in stimuli-responsive materials", *Progress in Polymer Science*, 35: 278-301.

0-6 etapako aditu titulua: matrikulazioa zabalik

Sustraietatik ametssetara

Pertsonaren nortasunaren eraikuntzan hain garrantzitsua den 0-6 etapan bidelagun diren hezitzaileentzako aditu titulua, zaintzan eta pedagogia eraldatzaileetan espezialista

Nori zuzendua?

Haurren zaintzan eta heziketan diharduten hezitzaileei eta umearen garapenean sakondu nahi duten erizain, psikologo, psikoterapeuta, aisialdiko hezitzaile nahiz teknikariei.

Zer eskaintzen da?

- Bi urteko formazioa (130 eta 127 ordu) eta aditu titulu homologatua.
- Edo banakako titulua: 0-6 etapako aditu titulua zaintzako espezialitatea (130 ordu) edo 0-6 etapako aditu titulua pedagogia eraldatzaileetako espezialitatea (127 ordu).
- **Landuko diren autoreak:** Emmi Pikler, Loris Malaguzzi eta Italiako Reggio Emiliako eskolak, Maria Montessori, Mauricio eta Rebeca Wild, Waldorf pedagogia...
- Formazio presentziala Euskal Herriko nahiz atzerriko profesionalekin (Kristina Goñi, Alvaro Beñaran, Juanjo Quintela, Miren Camison, Heike Freire... Pikler-Loczy institutua, Reggio Emiliako eskolak, Kataluniako Bressol eskolak...).
- Zentroetara formazio-bisitak (Gasteizko Aiurri Montessori, Geroa Waldorf eskola, Baztan haur-eskola...).



www.hikhasi.eus

Jarraitu gurekin zientzia eta teknologiaren berriei, sarean aldizkaria.elhuyar.eus



GAI LIBREAN

COVID-19a estres, antsietate eta depresioaren eragile?

Arrisku medikoetatik harago, pandemiaren eragin psikologiko eta soziala eztaba daezina da. Txinatik heldu diren ikerketen arabera, ezezagunarekiko beldurrak eta ziurgabetasunak buruko gaixotasunak eragin ditzakete, hala nola estresa, antsietatea, depresioa, somatizazioa, eta alkoholaren eta tabakoaren kontsumoa areagotzea. 2020ko urtarilean Txinako 194 hiritan 1.210 pertsonari egindako galdeketa batean, depresioa, antsietatea eta estresa neurtu ziren DASS-21 eskalaren bidez (...).



GAI LIBREAN

COVID-19aren gerizpean: biodibertsitate-galera

Saguzarren kontrako hainbat iritzi entzun dira azkenaldian. Saguzarrekiko ikara garatu dute askok, haiek hiltzea proposatzeraino. Horren isla da Txinako ikertzaile batzuek, saguzarren kontserbazio-egoeraz kezkatutik, mundu osoko ikertzaileei aholku eske idatzi izana. Bai, basapiztia asko bezala, birus-espezie askoren gordailu dira. Baina haiek al dute COVID-19arekin gertatutakoaren errua? (...).



ELKARRIZKETAK

“Pandemiaren kudeaketan, buru-osasuna ez dira kontuan hartzen ari”

Nahia Idoiaga Mondragon Psikologiako doktoreak arrisku-krisiek eta osasun-izurriteek gizartean duten eragina aztertu zuen tesian. Mondragon Unibertsitateko irakaslea da, eta, ikasleak koronabirus berriaren gaiarekin aztoratuta zeudela ikusita, COVID-19ak eta konfinamenduak jendearen emozioetan eta osasun psikikoan duten eragina aztertzen hasi zen. Haren esanean, pandemiaren kudeatzaileek ez dute aintzat hartu alderdi psikologikoa, eta bizitzen ari garen egoerak arrastoa utziko du gizartean (...).

Irailera arte



aldizkaria.elhuyar.eus



www.facebook.com/elhuyar.aldizkaria



@elhuyaraldizk

Zer eta nor


Zuzendaria:

Aitziber Agirre (a.agirre@elhuyar.eus).

Publizitate-arduraduna:

Lurdes Ansa (l.ansa@elhuyar.eus).

Hizkuntza-arduradunak:

Alaitz Imaz, Saroi Jauregi.

Erredakzio-taldea:

Aitziber Agirre, Egoitz Etxebeste,
Ana Galarraga.

Zenbaki honetako kolaboratzaileak:

Miren Cajaraville, Juanma Gallego, Galder Gonzalez,
Joana Larreta, Igor Leturia, Manu Ortega, Joserra Otegi,
Leire Sangroniz.

Azaleko argazkia:

Martin Etxauri Sainz de Murieta.

Zelai Haundi, 3.

Osinalde industrialdea

20170 USURBIL (Gipuzkoa)

tel. 943 36 30 40 - Faxe: 943 36 31 44

aldizkaria.elhuyar.eus

Jatorrizko diseinua:

Eragin.com

Diseinua eta maketa:

Virginia Larrarte.

Harpidetzak:

Virginia Larrarte (harpidetza@elhuyar.eus).

Inprimatzaileak:

Leitzaran Grafikak. Papera klororik gabea da, eta FSC agiria du (ingurumen-kudeaketa jasangarriko basoetatik erazten da). Oinarri begetaleko tintak erabiliz inprimatu eta plastiko biodegradagarrian bilduta banatzen da.

Banatzzaileak:

Distripress (Araba); Badiolan (Gipuzkoa); Simó (Bizkaia); Elkar.

Harpidetza paperean eta edizio digitala:

- Urtean 4 zenbaki (martxo, ekaina, iraila eta abendua).
- Euskal Herria eta Espainia: 20 €.
- Beste herrialdeak: 33,60 €.

Ale digitala: 4,20 € (www.elhuyar.eus).

CC BY-SA-3.0 Elhuyar Fundazioa

Lege-gordailua: SS-1089-2017

ISSN: 2603-6614

Elhuyarren jabetzako edukia Creative Commons lizentziarekin dago, "Aitortu – Berdin partekatu (CC-BY-SA-3.0)" lizentzia. Beste jabetza batekoak diren edukiak jabeak adierazitako lizentziarekin erabili dira, eta hala aitortu dira.

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

Aldizkariari diruz lagundu dioten erakundeak eta enpresak:


EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

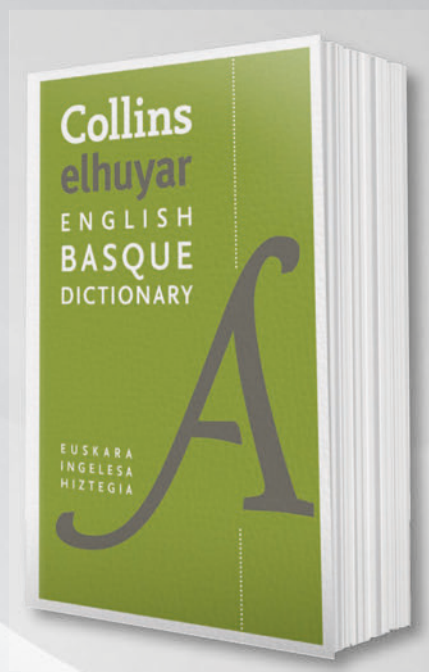
KULTURA ETA HIZKUNTZA
POLITIKA SAILA
DEPARTAMENTO DE CULTURA
Y POLÍTICA LINGÜÍSTICA

"Kultura eta Hizkuntza Politika Sailak (Hizkuntza Politikarako Sailburuordetza) diruz lagundua"

LAGUN ARO Koop. Elk.; ULMA Koop. Elk.;
EIKA Koop. Elk.; KIDE Koop. Elk.; MAIER Koop. Elk.;
FAGOR ELECTRÓNICA Koop. Elk.

**Elhuyarrek dauka zuk
behar duzuna, eta zuk
behar duzun moduan...**

elhuyar.eus/denda



Collins Elhuyar euskara-ingelesa hiztegia
Collins.elhuyar.eus



Elhuyar euskara-gaztelania hiztegia



Dictionnaire Elhuyar



Elhuyar Dictionary



Elhuyar ikaslearen hiztegia



Elhuyar sinonimoen kutxa



hiztegiak.elhuyar.eus



Kindle-rako



Mugikorretarako

elhuyar

aldizkaria

Jakintza zientifikoa, denon eskura

Harpidetu
edo
oparitu



Hiru hilez behin, etxean bertan. Egunero, webgunean.

Zientzia eta teknologian gertatzen den guztia:
gaurkotasuna, iritzia, istorioak, hemengo ikerketa...

elhuyar
ezagutuz aldatzea

Harpidetzak: aldizkaria.elhuyar.eus

943 36 30 40