

Erantzukizuna eta Iraunkortasun-Zientzia mundu global batean: paradigma berri baterako urratsak

IGNAZIO AIESTARAN

EHUko Filosofia Saileko irakaslea

Historia ebolutiboa Antropozenoan

Maiz, komunikabideetan, politikan, unibertsitatean eta eguneroko kulturaren gizakiok ahazten dugu zein izan den gizaberearen lekua planetaren eboluzioan zehar¹. Unibertsitate hertzen diren ikasleei galdetzen diet, kasu, noiz agertu zen gure espeziea Lurraren historian eta orokorrean gutxi ematen didate erantzun zuzena fakultate batean zein bertzean. Mundu globalizatu eta hiper-teknologiko batean, non iraunkortasun ezaren aztarnak ateratzen diren edonon, nola ikasten dute etorkizunean munduaren ibilbidea kudeatuko duten hiritar helduak izanen diren haurrek? Zer ikasten dute, gizakion lekua eta jatorria curriculum akademikoetan sartzen ez badira? Zein izanen da beren erantzukizuna etorkizuneko mundu globalean iraunkortasun ezaren aurrean?

Gizakiaren lekua eta denbora hemen eta orain historia geologiko eta ebolutiboan kokatzen baldin baditugu, David Christian historialariak egin duen moduan², datuak bitxiak dira giza ugaztunen historia berriaren ikuspegitik, baita kosmologiaren eskalatik ere. Unibertsoaren historia globa-

lak 13.000 milioi urte inguru ditu, kosmologia modernoaren arabera. 13.000 milioi urte zati mila milioi berdin 13 izanez gero, Christianek unibertsoaren historia 13 urteko egutegi berezi batean konprimitu du, hurrengo kronologian zatiturik: 1) Unibertsoaren historia Eguzkia eratu arte —13 urtetik 4,5 urtera arte—; 2) Lurraren eta biziaren historia —4 urtetik 3 astera arte—; 3) Giza historian Paleolitikoaren aroa —3 egunetik 6 minutura arte—; 4) Giza historian Holozenoaren aroa —6 minututik 15 segundora arte—; eta 5) Aro Modernoa —azken 15 segundo—. Egutegi kosmologiko horretan hurrengo gertakizun ebolutiboak azpimarra ditzakegu:

- Duela 13 urte inguru Big Bang edo Leherketa Handia izan zen.
- Duela 12 bat urte izarrak eta galaxiak agertu ziren.
- Duela 4,5 urte inguru Eguzkia eta horren planeta-sistema eratu zen.
- Duela 4 bat urte lehenengo organismo bizidunak sortu ziren.
- Duela 7 hilabete lehenengo organismo zelulanitzak agertu ziren.
- Duela 3 hilabete Pangea eratu zen, lur-masen multzoa, nondik geroago gaurko kontinenteak aldenduko baitziren.
- Duela 3 aste meteorito baten inpaktuak dinosauroen iraungitzea kausatu zuen. Hortik aurrera ugaztunak hedatzen hasi ziren arian-arian.
- Duela 3 egun hominidoak agertu ziren Afrikan.
- Duela 50 minutu *Homo sapiens*-a sortu zen Afrikan.
- Duela 26 minutu gizakiak Australia eta Papua Ginea Berria heldu ziren.
- Duela 6 minutu gizakiak Amerikara ailegatu ziren.
- Duela 5 minutu lehenengo nekazari-komunitateak edo baserri-komunitateak agertu ziren.
- Duela 3 minutu lehenengo hiri-zibilizazio alfabetatuak sortu ziren.

- Duela minutu bat inguru zibilizazio klasikoak garatu ziren, Txina, Persia, India eta Mediterraneokoa, baita Amerikan lehenengo nekazari-zibilizazioak ere.
- Duela 24 segundo Eurasiaren batasun motza suertatu zen Inperio Mongolaren garaian eta Europan Izurri Beltza sortu zen.
- Duela 15 segundo Afroeurasiako eta Amerikako giza komunitateak batu ziren hartu-emaneko «mundu sistema» bakar batean, apika lehen sistema globalizatzailea agerraraziz.
- Duela 6 segundo Industria-Iraultza hedatu zen Europan zehar.
- Duela 2 segundo Lehen Mundu Gerra lehertu zen.
- Azken segundotan giza biztanleria 5.000 milioira heldu zen eta geroxeago kasik 7.000 milioira. Gobernu batzuek arma atomikoak erabili dituzte Bigarren Mundu Gerratik aurrera. Segundo honetan gizaki gutxik Ilargian oina jarri dute, eta bertze batzuek elektronikaren eta informatikaren iraultza teknologikoa ekoiztu dute edo giza espeziearen arazo sostengaezinak ikertzeari ekin diote.

Egutegi kosmologiko horren arabera, gizakiak 50 minutu ditu jatorritik, eta soilik 6-4 segundotan jarri du arriskuan bere etorkizuna Lurraren gainean. Giza ugaztunaren ingurumen-inpaktuaren datuak azken mendeetan ez dira behingo kontua. Orain dela 11.000-10.000 urte inguru «prehistoria» bukatu zen, eta Holozenoa hasi zen, azken glaziazioaren bukaeratik Kuaternarioko azken epoka geologikoa, gidaliburu estandarren arabera. Orain, ordea, Holozenoa bizi dugun garaian Antropozenoa deitzea proposatu dute aditu batzuek, Paul J. Crutzen Kimikan Nobel saridunak kasu³. Vladimir I. Vernadsky eta Pierre Teilhard de Chardin-ek elkarrekin hausnarturiko ideia bati jarraituz, zeinaren arabera giza noosferak natur biosfera aldatu duen, Crutzen eta bertze zientzialari batzuk ausartu dira gizakia eragile geologiko bat bilakatu dela baieztatzeraz, higaduraren eta erupzioen parekoa izanik⁴. Industria-iraultzatik gaur egunera arte, Holozenoa bu-

katu da, gizakiak ingurumenean zuen eragina aintzat hartuta, eta epoka berri batean gaude, Antropozenoan, non lurrazala eta atmosfera aldatu ditugun: urtegiak eta ibaien ura pirlatzea sortu, giza populazioa eta hirigintza handitu, bioaniztasuna txikitu, lurpeko erregaia atera eta berotegi-efektu gassak askatu ditugu, bertzeak bertze, eskala geologikoan.

Geologiak auresaten zuen hemendik aurrera Holozenoaren egonkortasuna 7.000 urtekoa izanen zela, baina epoka honetan bizi izan den espezie bakar batek, *Homo sapiens*-ak, izugarritzko aldaketak bultzatu ditu bai biosferan bai dinamika planetarioaren mugetan. Duela gutxi, Stockholm-eko Unibertsitateko Erresilientzia-Gunean aritzen den Johan Rockström-ek eta Amerika, Australia eta Europako hogeita zortzi zientzialarik —Paul J. Crutzen-ek ere— *Nature* aldizkarian Lur-mugei eta atari kritikoei buruzko ikerketa sakon bat karrikaratu dute⁵, non Lur-dinamikan sistema nagusiak ezegonkortzen dituzten faktoreak agerian utzi dituzten, baita tupusteko aldaketa ez-linealak sor ditzaketen faktoreak ere. Dinamika planetarioan bederatzi prozesu giltzarri atzean ditu talde zientifiko horrek:

1. Klima-aldaketa
2. Bioaniztasuna (lehortarra zein itsastarra) galtzea
3. Nitrogeno eta fosforoaren ziklo globaletan interferentziak
4. Ozono-geruza estratosferikoan suntsidura
5. Ozeanoen azidifikazioa
6. Ur gezaren kontsumo globala
7. Lurralde-erabileran aldaketak
8. Kutsadura kimikoa
9. Aerosol-kontzentrazio atmosferikoa

Talde zientifiko horren iritziz, bederatzi muga eta atari kritikoko horietako hiru urratu ditugu: klima-aldaketarena, bioaniztasuna galtzearena eta nitrogenoaren zikloarena. Bertze lau prozesu mugak haustear daude gure planetan: ur gezaren kontsumo edo erabilera globala, basoak laborantza bihurtzea, ozeanoen azidifikazioa eta fosforoaren zikloan aldakuntza. Antropozenoa heldu zaigu ezberrik gabe. Eskala geo-

logiko globalean gure planeta aldatzera ausartu gara, jakiteke zeintzuk diren horren mugak eta atariak, zeintzuk diren horren konplexutasuna eta balioa. Oraindik ez dugu ulertu zein den Lur-sistema edo Ama Lurraren historia, eta are gutxiago zein den biziaren historia. Gure planetaren historia, berteze inon ezagutzen ez dugun bezala, biziari lotuta dago. Lurraren historiaz berba egitea, biziaren historiaz hitz egitea da. Biak lotuta daude, baina oraindik ez dugu dinamika hori konprenitu. Koldo Nuñez geologoaren hitz ederretan⁶:

Lehenengoz urpeko izakiak, ondoren, oso gero, lehorraldekoak eta airekoak, Lur oso-osoa kolonizatu arte. Izaki bakunak, izaki konplexuak, izugarri ederrak zein itxurabakoak, bizirik airean, Lurraren azalean zein lur azpian 3.000 metro-tara, pozik poloetako izotzetan eta 113° zentigradoko uretan, mendien tontorretan eta ozeano-fosetan izugarritzko presio barometrikoen pean eta iluntasun ilunenean. Mikrometroaren azpiko izakiak, milaka behar direla gramo bakar bat pisatzeko eta denbora frakzio txiki batez baino bizi ez direnak. Edo izaki izugarri handiak, ehun metrotik gora izatera iritsitakoak, ehunka tonako pisukoak eta milaka urte izatera iristen direnak, basoen lekuko estatiko gisa. Bost begitako animaliak edo mila oinekoak, radar ultrasonikoen nabigatzaileak, hamarkada metro-tako hego-luzera iristen zuten planeatzaileak. Imajinazioaren bertigoa sortzen duen bizitza izugarri anitza. Etengabe eraldatzen den bizia, bat-batean suntsipen masiboak jasaten dituena, klima-aldaketa, erupzio bolkaniko indartsu edo meteoritoen talka izugarrien ondorioz, edo milaka urtetan ezer gutxi aldatzen den bizitza. Baina beti aldatzen ari dena. Inoiz ez geldirik, beti mugimenduan.

Mugimendu aldakor hori gu geu gara, eta gure ingurumena ere bai. Horren guztiaren emaitza gure planetaren historia da, non azken unetan ugaztun arraro batek Antropozenoa asmatu duen.

Lur-Sistema Zientziatik Iraunkortasun-Zientziara

Gure planeta sare bat da, biziaren sarea. Azken buruan, gizakiaren ikuspegitik iraunkortasuna sare horretan bizirik irautea da. Albert-László Barabási-ri jarraiki Begoña Arra-

tek primeran deskribatu digun eran, sare bat lotura bidez konektatutako nodo talde gisa definitzen da. Sareen zientziak honako puntuak nabarmentzen ditu⁷:

1. Sare gehienek oso nodo konektatuen kopuru urri bat izaten dute, eta konexio gutxiago dituzten nodo ugari. Internet, World Wide Web, zelula, sare sozialak eta abar horrelakoak dira, esaterako.

2. Sistema naturaletan, nodoak elkarren artean oso konektatuak egon ohi dira, eta, horri esker, sistemak gai izaten dira akatsen eta asalduren aurrean dagozkien oinarrizko funtzioak mantentzeko. Hala ere, hori gertatzen da muga edo atari batera iritsi arte, nondik aurrera sistemaren erresilientzia apurtu edo aldatuko den. Kontraesana dirudien arren, sistema naturalen ezaugarri horrek, batetik, indarra ematen die sistemei, baina, bertzetik, kaltebera bilakatzen ditu era-soekiko. Konexio gehien dituzten nodoak desagerraraziz gero, sarea desagiteko arriskua gertatzen da: adibidez, bazka-sare bateko espezie bat, konexio kopuru handia duena, desagertuz gero, ekosistemak desoreka larria jasan dezake.

3. Sare erreal gehienek modular hierarkikoa izaten dute, non hainbat modulu bereiz daitezkeen. Modulu txikiak oso lotuak daude elkarren artean, eta hierarkia bati jarraiki konbinatzen dira. Hala, gutxiago konektatutako modulu handiagoak osatzen dituzte. Sareko nodo konektatuenek moduluen arteko komunikazioari eusten diote. Egitura modular hierarkikoa diseinu-abantailak dakartzkie sareei, sistemaren atalek bakoitzak bere aldetik eboluzionatzea ahalbidetzen baitu. Sistema naturaletan eboluzioak banakako funtzioei eragin diezaike modulartasun horri esker.

4. Ezinbertzekoa da sare jakin batean egitura ezagutzea, sare horrek irudikatzen duen sistema konplexua eta haren funtzionamendua behar bezala ulertzeko. Giza ezagutzaren eta giza jardueraren esparru ugarietarako handia eginen die zer sare mota dauden jakiteak, bai eta sare horien arkitektura, topologia, funtzionamendua eta bertzelako hainbat propietate ezagutzeak ere.

5. Sistema konplexuei dagozkien sareek sistemaren osagai bakartuek —nodoek— ez dituzten propietateak dituzte. Sistema konplexuen propietate horiei «propietate gainerakor» —«*emergent property*»— deritze. Konplexutasun gainerakor hori hurrengo esaldian laburtzen ohi da: sistema konplexuak beren osagaien arteko batura baino gehiago dira.

Lur-zientzietan sare hori Gaia izeneko hipotesitik hasi zen ikasten igaro den mendeko 60ko eta 70eko hamarkadetan. James Lovelock-ek asmatuiko eta Lynn Margulis-ek lagunduriko hipotesi horretatik Lurraren atmosferaren tenperatura eta konposizioa, planetako bizitza osoak, hau da, biotak, aktiboki erregulatua dago. Gaia hipotesiaren arabera, Lurra, bere osotasunean, makina zibernetiko erraldoi edo organismo zentzudun batek bezala jokatzen du⁸. Lovelocken erranetan, Lurra (hau da, Gaia) sistema zibernetiko baten modura miatzen du korrante zientifiko horrek⁹:

Gaia, geroztik, zorua, ozeanoak, atmosfera eta biosfera hartzen dituen unitate konplexu gisa definitu dugu: multzoak, sistema zibernetiko edo feedback-sistema bat osatzen du, zein planetako ingurugiroa biziarentzat.

Korrante zientifiko horrek postulatu du lurrazalaren, atmosferaren eta ozeanoen baldintza fisikoak eta kimikoak biziarentzat egokiak badira eta izan badira, biziaren beraren presentziari esker izan dela¹⁰, elkarrekiko eboluzio batean sortuak izanik. Tenperatura, itsasoaren gazitasuna eta atmosferaren konposizioa egonkor mantendu dira, aldaketa gutxirekin, ehunka milioika urtetan zehar, Lurra «planeta sinbiotiko»¹¹ bat delako. Horregatik, Gaia (edo Lurra) «aristotelikoa» da platondarra baino», «biziaren eta ingeniarietza-sistemaren logika zirkularra» barne-hartzen baitu¹². Logika horri jarraiki, sistema baten erresilientzia (*resilience*) dugu agerian.

Biziaren sarearen erresilientzia apurtzen denean, kolapsoa dugu, non bai natura-sistemak bai gizarte-sistemak desegiten baitira. Giza historian zehar zibilizazio batzuk desagertu dira ekosistemen erresilientzia apurtu dutela kausa, Jared Diamond-ek ikertu duen moduan, zibilizazioen bukaera

«suizidio ekologiko oharkabea» izanik¹³. Orain funtsezko galdera hurrengo dilema da: zeintzuk dira elkarri eragiten dioten prozesu eta mekanismo konplexuak sistema sozioekologiko elkarganatuaren gainerakortasunean, iraunkortasunean zein kolapsoan?¹⁴

Azken urteotan, halakoari erantzuna emateko, *Earth System Science* edo Lur-Sistemaren Zientziatik adar berri bat atera da, *Sustainability Science* edo Iraunkortasun-Zientzia izenekoa. Horrela, kongresu baten ondorioz, 2001. urtean ehun zientzialarik baino gehiagok Amsterdameko Deklarazioa¹⁵ sinatu zuten, adar hori bultzatzeko asmoz. Txosten horrek bortz puntu azpimarratzen zituen:

1. Osagai fisiko, kimiko, biologiko eta gizatiarrez beteriko sistema autoerregulatuak bakar baten modura jokatzeko du Lurrak.
2. Gizakien ekintzek eragin handia izaten dute Lurraren ingurumeneko era askotan, berotegi-efektua sortarazten duten gas emanaldiez eta klima-aldaketaz gain.
3. Aldaketa globala ulertezina da «kausa-efektua» paradigma sinple batetik. Gizakiak bultzaturiko aldaketek kate-efektu anitz kausatzen dituzte, bata bestearen segidan, eta bide konplexuei jarraitzen diete Lur-Sistemaren zehar.
4. Atari kritikoak eta tupusteko aldaketak ditu ezaugarritzat Lur-Sistemaren dinamikak. Gizakiaren ekintzek tupustean leherraraz ditzakete halako aldaketak, ingurumenarekiko eta Lurreko biztanleekiko ondorio larriak sortaraziz.
5. Ingurumen-parametro giltzarri batzuen arabera, azken milioi erdi bat urtetan sorturiko natura-aldakortasunaren tartetik at kokatu da Lur Sistema.

Txosten horren bukaeran nazioarteko eskaera bi aldarrikatzen ziren:

1. Premiazkoa da Lur-Sistemaren kudeaketan estrategia eta administrazio globalerako esparru etiko bat.
2. Beharrezkoa da ingurumen globalaren zientzia-sistema berri bat.

Amsterdameko Deklarazioaren ondoren, Lur-Sistemaren Zientziaren paradigma berriaren auzi metodologiko nagusiak ebaluatzeko programa bat proposatu zuten. Horretarako, David Hilbert matematikariak bere garaian prestaturiko programa hartu zuten eredutzat. Parisko Matematikaren Mundu-Biltzarrean, 1900. urtean, Hilbertek izugarritzko programa bultzatu zuen, XX. mendeko matematikaren aurrerapenak ebalua zitezen, 23 auzi formulatuz. Antzeko ideiari eutsiz, egile askok Lur-Sistemaren «programa hilbertiar bat»¹⁶ aurkeztu zuten, 2001ean IGBP (*International Geosphere-Biosphere Programme*) edo Nazioarteko Geosfera-Biosfera Programak antolaturiko kongresu batean. Programa horren helburua 23 auziz osaturiko ikerketa-eremu bat izan zen XXI. mendean garatzeko, lau multzotan banaturik, hots, auzi analitiko, metodologiko, arauemaile eta estrategikotan bereizturik. Programa horren helburu eta auziak honakoak dira:

A. Auzi analitikoak

1. Zeintzuk dira ekosferaren bizi-organoak funtzionamendu eta eboluzioaren ikuspegitik?
2. Zeintzuk dira patroiz dinamikoko nagusiak, telekonexioak eta atzeraelikadura-begiztak makinaria planetarioan?
3. Zeintzuk dira elementu kritikoak (atariak, botila-lepoak, trantsizioak) Lur-Sisteman?
4. Zeintzuk dira planetaren aldakortasun naturalaren denbora-eskalak eta erregimen berezgarriak?
5. Zeintzuk dira perturbazio antropogenikoen eta teleperturbazioen erregimen garrantzitsuak Lur-Sistemaren mailan?
6. Zeintzuk dira giza ekintzak aldatu ahal dituen ekosferaren bizi-organo eta elementu planetario kritikoak?
7. Zeintzuk dira eskualde kalteberenak aldaketa globaletan?
8. Nola prozesatzen dira tupusteko eta muturreko fenomenoak naturaren eta gizartearen arteko elkarreraginetan?

B. Auzi operatiboak

9. Zeintzuk dira makroskopioak (*macroscopes*) eraikitze-ko printzipioak, hots, ordena sistemikoen item guztiak batera iraunaraziz, etengabe xehetasunak gehitzen dituzten Lur-Sistemaren irudikapenak?
10. Zeintzuk dira Lur-Sistemaren ereduetan erdietsi behar diren konplexutasun- eta bereizmen-mailak?
11. Eskualdeek eta organoek era ahulean akoplaturiko konposizio baten modura Lur-Sistema deskriba daiteke, eta pieza horietatik makineria planetarioa berreraiki daiteke?
12. Zein izan daiteke estrategia global eraginkorrena, Lur-Sistemaren datu aipagarrien seriea sortzeko, transformatzeko eta integratzeko?
13. Zeintzuk dira teknika hoberenak ezohiko gertakizunak aztertzeko eta, ahal dela, aurrezateko?
14. Zeintzuk dira metodologia egokienak natura-zientzien eta gizarte-zientzien arteko ezagutza integratzeko?

C. Auzi arauemaileak

15. Zeintzuk dira printzipio eta irizpide orokorrak etorkizun iraunkorrak eta ez-iraunkorrak bereizteko?
16. Zein da Lurraren karga-ahalmena?
17. Zeintzuk dira eremu iristerrazak baina jasanezinak naturaren eta gizateriaren arteko elkarrekiko eboluzioaren espazioan?
18. Zer natura mota nahi dute gizarte modernoek?
19. Zeintzuk dira ingurumenaren kudeaketa globala gidatu beharko luketen berdintasun printzipioak?

D. Auzi estrategikoak

20. Zein da arintzeko eta egokitzeko neurrien konbinazio hobeena aldaketa globalari aurre egiterakoan?
21. Zein da erreserba naturaletan eta eremu kudeatutan zatitze hobeena Lurraren azalean?

22. Zeintzuk dira aukerak eta ohartarazpenak, geoingeniaritza eta aldakuntza genetikoa bezalako irtenbideen aurrean?
23. Zein da ingurumen eta garapen globalen erakundeetarako sistema eraginkor eta eragingarri (*efficient and effective*) baten egitura?

Panazearen aurkako zientzia eta erantzukizuna

Hans Joachim Schellnhuber-ek —Alemaniako Klima-Eraginaren Ikerkuntzarako Potsdam Institutuko zientzialariak eta Nazio Batuen Klima Aldaketaren Gobernuarteko Panelko kideak— Iraunkortasun Globalaren Zientziaren programa hori «bigarren iraultza kopernikarra»¹⁷ dela adierazi du, zientzia-aldaketa berri horrek jauzi metodologiko eta operatiboa dakar eta. Ildo horretatik, William C. Clark, Paul J. Crutzen eta Hans Joachim Schellnhuberrek baieztatu dute Iraunkortasun Globalerako Zientzia «paradigma berri bat» dela. Zientzia-mota hori iraultza zientifiko berri eta paradigma hasiberria dela azaltzean, Thomas S. Kuhn-en iraultza zientifikoaren egituraren filosofia berreskuratu dute.

Hemen ikuspuntu hori jorratzeko lekurik ez dudan arren, bertze argitaraldi batzuetan¹⁸ paradigma berri horren osagai epistemologiko, axiologiko eta heuristikoak aztertu ditut, ondorio batzuetara helduz. Horietako bi nagusi antolatuko ditut ahalik eta azkarren. Alde batetik, zientzia-mota horrek paradigma baten antza hartu du, baina paradigma horren estrategia eta metodologia ez dira paradigma kuhniarrenak. Kuhnek deskribaturiko paradigma-mota «matrize diziplinarra»¹⁹ da, hots, zientzialariek diziplina baten barruan egiten duten matrizea. Iraunkortasun Globalerako Zientzia, ordea, matrize transdiziplinarra da, programa hilbertiar berrian ikusi den eran, non natura-zientziak eta gizarte-zientziak bat datozen edo elkartzen diren (Kuhnek erabilitako iraultza zientifikoetan eta paradigmetan, berriz, zientzia-ereduak fisikatik eta kimikatik harturiko adibide historikoak

dira gehienbat, kasik gizarte-zientziarik ezean). Bertzalde, maisulanean agertu arren, osagai axiologikoek zeregin eskasa izan dute Kuhnen paradigmaren analisisan²⁰. Iraunkortasun Globalerako Zientziaren paradigma post-kuhniarrean erantzukizunak eta etikak gero eta zeregin handiagoa izan dute, ikusi den eran: Amsterdameko Deklarazioan «ethos» berri bat eskatzen zen, eta programa hiltbertiar berrian bortz auzi arauemaile agertzen ziren, horietako bat berdintasun printzipioena izanik.

Bukatzeke asmoz, etorkizunerako galdera bat: nola elkar ditzakegu ezagutza eta erantzukizuna zientzia transdiziplinar eta iraunkor batean? Horri ihardestekotan, Elinor Ostrom Ekonomian Nobel saridunak emaniko gomendio bat hartuko dut aintzat: ez dago «panazea unibertsalik»²¹. Beritze material ezberdinetatik urrea ateratzeko eta osasun-arazo ororen aurkako sendagaia eskuratzeko, Bepizkunde Aroan alkimistak gai unibertsal baten bila aritu izan ziren. Horixe da «filosofoen harria» izeneko edo «panazea unibertsal» deiturikoa. Anglosaxoiek «commons» deitzen dituzten edo gure artean ongi «komun» izendaturikoetan, berri, ez dago errezeta unibertsalik, ezta konponbide unibertsalik ere. Sistema eta sare komunetan konponbidea guztion ardura da. Komunalen kudeaketan eta ikerkuntzan ez dago irtenbide bakarrik, ezta behin betiko konponbiderik ere, batak bat, guztion ardura delako. Horretarako, ezagutzaren eta erantzukizunaren banaketa-sistemak edo sare banatuak hedatu behar ditugu. Esaldi batean laburturik: klima-aldaketa bezalako arazo globaletan konponbidea ez zaigu zeruetatik eroriko, ezta goiko agintariengandik ere. Hala ekonomian, nola bizi-kalitatean, ez dago panazearik, urrearen eta mirarizko sendagaiaren garaia igaro delako. Bakoitzak bere mailan ardura-mota bat du ahalegin iraunkor horretan, bai bere ezagutzaren sisteman, bai bere erantzukizunaren sarean. Horrek erran nahi du mundu global, konplexu eta transdiziplinar batean bizi garela.¶

1. Garapen Iraunkor eta Ingurumen Hezkuntzarako UNESCO Katedrak eta Eusko Jaurlaritzak lagundutako UNESCO 08/20 ikerkuntza proiektuaren emaitza da artikulu hau.
2. Christian 2004: 502-503.
3. Crutzen 2002: 23; horrez gain, ikus Steffen, Crutzen eta McNeill 2007: 614-621.
4. Cf. Ayestaran 2008: 145-157.
5. Rockström et al. 2009: 472-475.
6. Nuñez 2006: 10.
7. Arrate 2008: xii-xv.
8. Sagan eta Margulis 1987: 32-39.
9. Lovelock 1996: 31-32.
10. Lovelock 1996: 208.
11. Margulis 1998.
12. Sagan eta Margulis 2007: 172-184. Hain zuzen, aipamen horiek 172. orrialdean daude.
13. Diamond 2005: 6.
14. Costanza, Graumlich eta Steffen (arg.) 2007: 17.
15. Moore III Underdal, Lemke eta Loreau 2002: 207-208.
16. Ikus programa hilbertar berri hori hurrengo aipamen eta orrialdeetan: Schellnhuber eta Sahagian 2002: 21; Clark, Crutzen eta Schellnhuber 2004: bereziki 8-14; Costanza, Graumlich eta Steffen (arg.) 2007: 420 hain zuzen ere.
17. Schellnhuber 1999: C19-C23.
18. Ayestaran 2009a: 509-519; Ayestaran 2009b: 65-82.
19. Kuhn 1990: 222hh.
20. Adibidez, ikus Kuhn 1990: 225.
21. Ostrom 2007: 15181-15187. Baita ere Ostrom Janssen eta Anderies 2007: 15176-15178.

Bibliografia

- Arrate, Begoña 2008: *Biziaren sarea ehuntzen*. Andoain: Elhuyar.
- Ayestaran, Ignacio 2008: «The Second Copernican Revolution in the Anthropocene: An Overview», *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo* 3, 145-157.
- Ayestaran, Ignacio 2009a: «La ciencia de la sostenibilidad como paradigma post-kuhniano: elementos heurísticos, epistémicos y axiológicos», in Jesús Alcolea et al., *Actas del VI Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*, Valentzia: Universitat de València, 509-519.
- Ayestaran, Ignacio 2009b: «La segunda revolución copernicana de Kant a Kuhn: el paradigma de la sostenibilidad y la ética del cambio climático», *Daimon: Revista de filosofía* 47, 65-82.
- Christian, David 2004: *Maps of Time: An Introduction to Big History*. Berkeley eta Los Angeles, California: University of California Press.
- Clark, William C.; Crutzen, Paul J.; eta Schellnhuber, Hans Joachim 2004: «Science for Global Sustainability. Toward a New Paradigm», in Hans Joachim Schellnhuber, Paul J. Crutzen, William C. Clark, Martin Claussen eta Hermann Held (arg.), *Earth System Analysis for Sustainability: Report on the 91st Dahlem Workshop*, Cambridge, Mass., eta Londres: The Massachusetts Institute of Technology Press & Dahlem University Press, 1-25.
- Costanza, Robert; Graumlich, Lisa J. eta Steffen, Will (arg.) 2007: *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth. Report on the 96th Dahlem Workshop*. Cambridge, Mass., eta Londres: The Massachusetts Institute of Technology Press & Dahlem University Press.
- Crutzen, Paul J. 2002: «Geology of Mankind: The Anthropocene», *Nature* 415, 23.
- Diamond, Jared 2005: *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York, Londres, Dublin, Victoria, New Delhi eta Johannesburgo: Penguin.
- Kuhn, Thomas S. 1990: *Iraultza zientifikoaren egitura*. Donostia: Elhuyar Kultur Elkartea eta Elkar.
- Lovelock, James 1996: *Gaia: Lurraren biziaz ikuskera berria*. Donostia: Gaiak.
- Margulis, Lynn 1998: *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution*. New York: Basic Books.
- Moore III, Berrien; Underdal, Arild; Lemke, Peter; eta Loreau, Michel 2002: «The Amsterdam Declaration on Global Change», in Will Steffen, Jill Jäger, David J. Carson eta Clare Bradshaw (arg.), *Challenges of a Changing Earth*, Berlin: Springer-Verlag, 207-208.
- Nuñez, Koldo 2006: «Ama Lurra Biziduna», *Hemen* 12, 7-16.
- Ostrom, Elinor 2007: «A Diagnostic Approach for Going Beyond Panaceas», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104. liburukia, 39. zbk., 15181-15187.
- Ostrom, Elinor; Janssen, Marco A. eta Anderies, John M. 2007: «Going Beyond Panaceas», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104. liburukia, 39. zbk., 15176-15178.

- Rockström, Johan et al. 2009: «A Safe Operating Space for Humanity», *Nature* 461, 472-475.
- Sagan, Dorion eta Margulis, Lynn 1987: «Ekologiaren ikuspegi berria. Gaia hipotesia», *Elhuyar* 9, 32-39.
- Sagan, Dorion eta Margulis, Lynn 2007: «Gaia and Philosophy», in Lynn Margulis eta Dorion Sagan, *Dazzle Gradually: Reflections on the Nature of Nature*, Sciencewriters Books / Chelsea Green Publishing, Vermont, 172-184.
- Schellnhuber, Hans Joachim 1999: «'Earth system' Analysis and the Second Copernican Revolution», *Nature* 402, C19-C23.
- Schellnhuber, Hans Joachim eta Sahagian, Dork 2002: «The Twenty-three GAIM Questions», *Global Change Newsletter* 49, 20-21.
- Steffen, Will; Crutzen, Paul J. eta McNeill, John R. 2007: «The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?», *Ambio*, 36. liburukia, 8. zbk., 614-621.