

Lurra, itsasoak, eguratsa

Iñaki Antiguedad Auzmendi

Hitzaurre gisa

"Lurra, itsasoak, eguratsa", halaxe luzatu zidaten lantxo hau burutzeko proposamena. Helburua ere egokiro mugaturik zegoen: "Gizakiaren bizi-ingurune bezala begiratuko dira hiru inguru-barrutiok... Geologia, Ekologia, Ozeanografia, Klimatologia eta abarrek gaur egun azterkizun dituzten arazo handienak aztertu behar ditu lanak... baina gizadiaren arazo larrienetatik begiratuta".

Izan ba dira Geologiaz, Ekologiaz, Ozeanografiaz edo eta Klimatologiaz aritzen diren horrelako liburukote asko, arlo bakoitzari dagozkion atzo, gaur eta biharko bideak ederto mugatzen dituztenak.

Jakin badakigu ere, Geologia, Ekologia, Ozeanografia edo eta Klimatologia zer diren eta zer hartzen duten aztergaitzat.

Geologia, Lurraren dinamika aztertzen duen "zientzia" dela irakur dezakegu nonbait; Ekologia, bizidunek inguruarekiko dituzten nolabaiteko hartu-emanak aztertzen dituen "zientzia" dela. Ozeanografia, ozeanoen dinamika zabala aztertzen duen "zientzia" dela. Klimatologia, klimari dagozkion gorabehera guztiak aztertzen dituen "zientzia" dela...

Litekeena da hamaika "zientzia" izatea, bakoitzaren eremu espezifikoak ondo mugatuta egonik. Halaz ere, orain gutxi arteko konpartimentazio edo zatikeria hori gaudituta geratu da, guztiz, gaur egunean. Izan ere, "zientzia" horiei guztiei bateratze beharra derrigortua zaie, ez berez, ez txiripaz ere, gizakiek, nahi gabe seguruen, horretarainoxe derrigortuta baizik.

Aurrerantzean ez bide du zentzu handirik izango Geologiaz mintzatzeak, edo eta Ekologiaz, edo eta... Giza-ekintza hondatzaile eta kaltetzaileek bestelakoa frogatua dute: den-dena dago elkar loturik, beraz, elkarlotze horretatik eutsi behar zaio, ez bakarrik ikerketa-lanari, baizik eta baita gizateriak bere inguru fisikoan sortu dituen arazo latz eta zabalen konponbideari berari ere.

Ikertzaile batek aspaldian zioenez: "*La nature ignore totalement notre découpage en branches du savoir, qui résulte seulement d'une "commodité" que se sont inventé les chercheurs*" (Naturak ez du ezagutzen zientzilariek egin duten zientzi atalen banaketa, azken batez, banaketa hori zientzilariek beraien "erosotasun" hutserako asmatu dute eta).

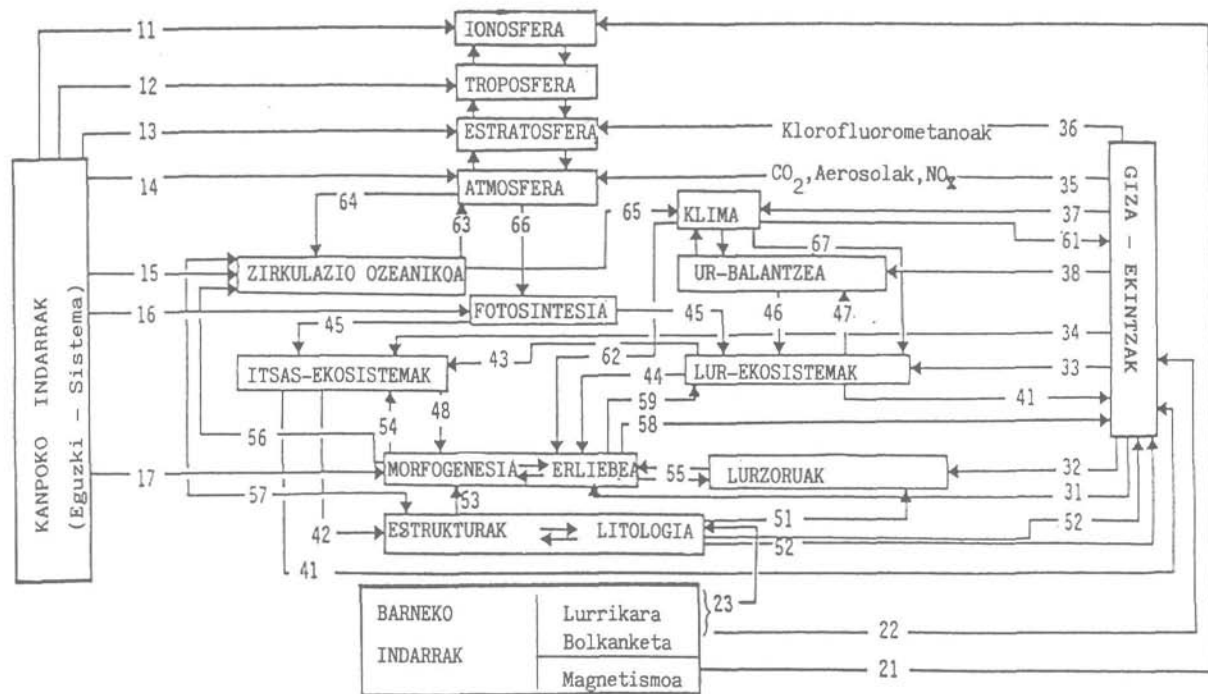
Lurraren dinamika (Lurra alde solido bezala harturik) ezin da lurreko eragileekin beraiekin bakarrik ulertu. *Itsasoen* dinamika, bestalde, ezin itsasotik bertatik bakarrik aztertu. *Eguratsa* bera ere ez da lurretik eta ozeanoetatik aparteko gauza. Dena dago lotuta eta orain ezaguna den elkar-lotze hori, errotiko aldaketa ekartzen ari da zientzi-gile eta zientzi lanen filosofiara: inguratzen gaituen zera fisiko hori ulertzeko ikusmira berriak, talde-lanaren ezinbesteko premia, gizakia faktore aktibo bezala hartu beharra...

Hau honela, **Sistema** kontzeptu fisiko zaharra ezarri berri da, indarrez, inguru naturalaren ikerketa zientifikorako metodologiaren funtsezko oinarri gisa. *Sistema, elkarrekiko lotura dinamikoak agertzen dituzten prozesuen multzo konplexua da.*

Ondorioz, **Ingurugiroa** esaten dugun hori, sistema bezala hartzera beharturik gaude, hauxe bait da gauzak beren osotasun eta konplexutasunean aztertzeko bide bakarra. Era berean, sistemen ikuspuntu honetatik, jadanik ez dago Geologiaz edo eta Klimatologiaz zentzu abstraktuan mintzatzerik, orainsu arteko alor guztiak **Lurraren Zientzia** (*Science de la Terre, Earth Science*) esaten dugun zera zabal horretara bildu berriak dira eta.

Honaino helduak garela, zeintzu dira hasieran aipaturiko zientzi alor horiek azterkizun dituzten arazo handienak?. Alor guztiok bat egitera behartu dituzten giza-ekintzetan datza erantzuna. Izan ere, iraganeko urteetan alor bakoitzak bere helburu espezifikoak bazituen ere, giza-ekintzen ondorioek, alor guztiak elkarloturik daudela utzi dute agerian: Amazoniako desoihanaketak planeta-mailako aldaketa klimatikoak ekar ditzake, eta honek, bere aldetik, itsas-korronteen desbideraketa, kostaldeko lurraldeetan eragin berriak sortuz; prozesu industrialak direla kausa, atmosferara jaurtikitzen ari diren elementu berriek berotegi-e-efektua lagundu omen dute, efektu honen ondorioz Lurra berotu, glaziareak urteza erraztu, itsas-maila goratu eta lurralde zabalak urpean gera daitezkeela; ozono-geruzaren mehatzea ere hortxe dago, zer puntutaraino den efektu antropikoa, edo zer puntutaraino den berezko gertaera naturala argitu beharra dago-klarik; Afrikako lurralde zabalak basamortutzaren kausak eta efektuak aztertzean, eragile naturalak eta antropikoak nahasiak azaltzen zaizkigu...

Datozen hamarkadetako urteotan, eraso teknologikoei Ingurugiroan sor ditzaketen eraldaketa handiak kontuan harturik, Zientzi Elkarte Nazioarteko Kontseiluak (*International Council of Scientific Unions, ICSU*), ikerketa-plangintza zabal eta



1. irudia: INGURU FISIKOAREN SISTEMA INTEGRALA

serioa jarri berri du martxan. Plan hau, zenbaitetan, *Global Change* (Osotasunezko Aldaketa) izenaz ezagutua izan bada ere, gaurkoan Geosfera/Biosfera-Programa izenaz ezagutzen da, oro har. Plan antsiatsu honen helburua zera da: "*gaurko prozesu teknologikoak Ingurugiroa nolatan ukitu eta eragiten duen zehaztea eta efektuok ekidin eta gutxitzeko neurri aproposak gomendatzea*". Era honetan, zientzigileak eta politikoak parekatu egiten dira.

Gaurko zientziak (Lurraren zientziak), beraz, honako honi erantzun beharra dio:

- zertan datza **Ingurugiroaren** (sistema bakarra) dinamika konplexua?. Zeintzuk dira sistema horren barruko prozesuen elkarrekiko loturak?.

- **Ingurugiroaren** dinamika horretan, zeintzuk dira eragile naturalak (Lurraren berezko eboluzioari dagozkionak) eta zeintzuk eragile antropikoak (giza-ekintzetatik eratorriak)?.

Galdera bi hauei aterabidea ematen saiatuko gara ondoko leuroetan, hiru ardatz nagusiren inguruan abiatuz:

a) Ingurugiroak, sistema kontzeptutik aztertuta, dituen barne-lo-karriak (gizakia barne) ageri eraztea; azken batez, zientziaren betebeharrak garrantzitsua da lokarrioren azterketa zehatza.

b) Ikerketaren beharrezko metodo bezala, modeloen garrantzia eta kritika azaltzea.

c) Gaur, eta gorago aipatu lokarriengatik, planeta ukitzen ari diren zenbait arazo larri agertzea, bai kausatan eta baita ondorioetan ere, eragileen jatorriak kontuan izanik.

INGURUGIROA: ikuspuntu sistemikoa

Ingurugiroan, sistema-ikuspuntu batetik, hiru sarrera (edo input) desberdin bereiz daitezke (ikus 1. irudia): **kanpoko inda-**

rrak, barneko indarrak eta giza-ekintzak. Lehenengo biak Lurraren jatorri momen-tutik bertatik ari dira jokoan: *kanpoko indarrek* eguzki-sistemaren dina-mikan dute sorgunea, eta *barneko indarrek* berriz, planetaren barruko di-namikan; zer esanik ez, bi dinamika horiek elkarri loturik daudela.

Gizateriaren jarrera, pasiboa da aurreko bi indar horien aurrean: gizakiek ezinezkoa dute Lurraren orbita aldatzea, poloen ardatza okertzea, plaken tektonikan eraginik sortzea, edo eta jaurtiketa bolkaniko-koa ekiditea...jokoan diren indar-magnitudeak guztiz kontrolezinak dira eta. Pasibotasun honen barruan gizakien helburua zera litzateke: indarron dinamika ondo ezaguturik, beronetaz baliatu haien arriskuak gutxitu eta haien ondorio onetaz probetxatzeko; ikuspuntu sozialetik, jakina.

Baina azken hamarkadako urteetan, batez ere, bestelakoa izan da gizakien ekintza: lurraren baliagaiak han-hemenka irrazionalki ustiatzea, prozesu industrial kaltegarriak nonnahi ezartzea, gai toxikoak eta kutsatzaileak gero eta kopuru handiagotan lurrera, uretara zein airera botatzea...eta honela *giza-ekintza* indar berri bihurtu da Ingurugiroan, guztiz sistema konplexu eta aberatsa den Ingurugiro honetako hainbat lokarri (bizitzarentzat beharrezkoak) apurtzeko moduko indar bihurtu, hain zuzen ere.

Azter ditzagun zehazkiro aipatu hiru indar horien elkarrekiko loturak, berauek adierazten bait dizkigute sistemaren osotasun eta dinamikotasuna. Loturok 1. irudian ageri dira (Tricart, 1987).

A) Kanpoko indarrak

Hauen prozesu eragileak "1" zenbakiaz hasten dira (lehenengo di-gittoa, beraz) 1. irudiko geziatan. *Eguzki-erradiazioa* dugu eragilerik fun-tsezkoena. Honek hainbat gertaera sorterazen du: *ionizazioa* (11), protoi eta isotopoen sorkuntza atmosferako geruzarik altuenetan; *bero-transferentzia* (12, 13, 14) atmosferako geruza desberdinetara, bakoitzean diren erradiazio termikoaren

gutxitze-prozesuak kontuan harturik, prozesuok zirkulazio atmosferikoa eragiten dutelarik; aurreko honi guztiz loturik, eguzkitiko erradiazioak itsas-korronteak ere eragiten ditu (15); azkenik, erradiazio honek, uhin-luzera ikuskorren eremuan, hain zuzen, fotosintesarako beharrezkoa den energia (16) hornitzen du, era honetan algak eta, batez ere, fitoplanktona (elkadur katearen oinarria) gara daitezkeelarik. Eguzki-erradiazioaz gainera, badira izan ere, bestelako indar batzuk, kanpokoak direnak: *grabitazioa*, mareen sortzailea, eta *meteoritoen inpaktua*; biok laguntzen dute (17) Lurraren erliebea molda-tzen.

B) Barneko indarrak

Indar hauek Lurraren barruko materiaren energiak sortzen ditu, eta 1. irudian "2" zenbakiaz hasten diren geziei dagozkien indarron eraginak. Batetik, Lurraren barrutik sortzen den *magnetismoak* atmosferan diren Van Allen izeneko gerrikoak sortezten ditu (21), berauek eguzki-hai-zearen aurrean (energia handiko gorpuzkiz sortutako haizea da hau) Lurra babesten dutelarik. Bestetik, *lurrikara* edota *bolkaneta* bezalako gertaera tektonikoek gizakien ekintzetan eragina (22) izateaz gainera, Lurraren egiturak (erliebea bera, kasu) birmoldatzen ere (23) laguntzen dute.

C) Giza-ekintzak

Ekintzok "3" zenbakiaz hasten dira 1. irudiko gezieetan. Gizakiak, beste edozein animaliak bezala, baditu premia biologikoak, baina, besteek ez bezala, gizakiak bere baliabide teknikoetaz baliaturik oso eragin bereziak sortu ditu Ingurugiroan.

Alde batetik, Ingurugiroak giza-ekintzetarako derrigorrezkoak diren elikagaiak, lehengaiak eta energia ere eskaintzen ditu. Beste alde batetik, giza-ekintzak hainbat eraldaketa sortzen dizkio Ingurugiroari. Nekazaritzak prozesu morfogenikoen ugalketa

(31) ekarri du eta lurzoruen higadura azeleratu; ondorioz, lurzorua aldaeraziak (32) izan dira, eduki organikoetan ere, eta honek, *lur-ekosistemak* (33) eragin ditu, are gehiago fertilizante eta pestizidak bezalako gai kutsatzaileak erabiliz. Era berean, *itsas-ekosistemak* (34) ere ukituak eta kutsatuak izan dira, hondakin toxikoen husketarengatik.

Beste giza-ekintza batzuk atmosfera jotzen dute, bertara hainbat gai jaurtikiz: CO₂, nitrogeno-oxido desberdinak (NO_x), sulfuro-oxidoak, hautsak eta ur-tantatxoak aerosolak emanez (35). Honen ondorioz, smog (industriguneetako laino-hodeia) eta euri azidoa datoz; atmosferako behekaldea, troposfera, ukituta gertatu da eta klima (37) bera ere bai, beronek troposferan du eta funtsezko sorlekua. Estratosferan den ozono-geruza, bizitza izpi ultramore arriskutsuetatik babesten duen geruza, desagertzeko mehatxupean (36) dago klorofluorometanoen eraginez. Azkenik, gizakiak eraldatu egiten du uraren balantzea (38) nekazal lanen bitartez.

Ingurugiro naturala, hiru elementu nagusiren interfasea da: *Litosfera* (Lurraren alde solidoa), *Atmosfera* (gasa) eta *Hidrosfera* (likidoa, ozeanoak). **Bizia** etengabeko interfase horren ondorio espezifiko dugu, eta berari dagozkion prozesuak "4" zenbakiaz hasten dira 1. irudiko geizetan. Biziaren oinarritzko prozesua, fotosintesia (45) da, landareek baino ezin burutu dezaketena, prozesu hau, elikagai-katea-ren lehenbiziko urratsa izanik. Prozesu honek, elikagaiak eta lehengaiak ematen ditu lur-ekosistema zein itsas-ekosistemako bizidunentzat (41).

Itsas-ekosistemak, bere aldetik, materialen sedimentazioa (42) eta erliebe berrien eraikuntza (48) errazten ditu: arrezifeak eta atoloiak, kasu. Ibaietako urek materiala (karga) garraiatzen dute (43) lur-eko-sistematik itsas-ekosistemara. Lur-ekosistemek ere laguntzen dute (44) erliebearen moldaketan. Etengabeko lokarriak ageri dira lur-ekosistema eta ur-balantzearen artean eta zentzu bietan ageri ere: ura bizitzarako beharrezkoa izanik, bere erabilpena, ur-balantzearen faktore bat da (47), baina bere disponibilitatea ere faktorea da landareen metabolismoan (46).

Lurraren azalean (Litosfera) gertatzen diren prozesuak "5" zenbakiaz hasten dira 1. irudiko geizietan. Arroken egiturak eta litologiak gizakientzat premiazkoak diren hainbat gauza baldintzatzen dute (52): lurpeko urak, etxegintzarako materialak, metalak, hidrokarburoak, etab. Egiturak eta litologiak erliebearen moldaketan (53) ere hartzen dute parte, itsas-ekosistema ukitua delarik (54): esaterako, ur uherrek galerazi egiten dute koralen bizitza. Azaleko harrien izaerak mugatu egiten du lurzoruen eraketa (51).

Lotura handia dago (55) erliebearen morfogenesiaren eta lurzoruen eraketaren artean: morfogenesia indartsua denean, lurzoruen eraketa- prozesuek ez dute ekiteko astirik eta oso lurzoru pobre eta mugatua, aza-lekoa, izango da; sendo eratutako lurzoruarak, berriz, oztopatu egin dezake hainbat prozesu morfogenetiko. Lur-egitura handiek, kontinenteek eta irlek, (57), eta ozeano-hondoko erliebeak berak (56) ere, ozeano-korronteak hestu-hestuki kontrolatzen badituzte ere, korronteek, beren aldetik, kontrolatu egiten dituzte materialen barreiaketa eta sedimentazioa; hara zergatik geziek zentzu biak agertzen dituzten. Bestetik berriz, erliebearen formek eragin egiten dituzte giza-ekintzak (58), hala nola, nekazaritza, garraiobideak, eraikuntzak, etab. Prozesu morfogenetikoek, dinamikoek, kaltetzen dituzte giza-ekintzak eta lur-ekosistema bera (59) ere: uholdeek edo lurretenek, kasu.

Interfasearen azkeneko osagaia *Atmosfera* dugu. "6" zenbakiaz hasten dira atmosferako prozesuei dagozkien geziak, 1. irudian. Klima dugu atmosferako prozesuen ondoriorik garrantzitsuenetarikoa, gizakien ikusmiratik behinik behin. Esaterako, permafrostak (lurralde hotzetan etengabe izozturik dagoen zorua) teknika bereziak eskatzen ditu (61) etxegintzan, hirigintzan edo eta bidegintzan ere. Bestalde, klimak eragin handia du erliebearen moldaketan (62) ere. Atmosferako aire-korrante eta ozeanoetako ur-korranteen artean (63, 64) zentzu bietako lokarri hestu-hestuak dira. Uraren bero-ahalmen espezifiko handia dela kausa, ozeanoetako urek eragin egiten dituzte gain-gainean di-

ren aire-masak (65): itsas-klimak eta lur-klimak arras desberdinak dira. Esaterako, Hego Amerikako kostaldeko Pazifikoko klima lehor lainotsu hori Antartikatik, kostaren paretik, igoten den azaleko ur hotzezko korrontearen ondorio zuzena da. Bestalde berriz, haize nagusiek zuzenki eragiten dituzte itsas-korronteak. Eguzki-erradiazioa atmosferako geruzetan zehar pasatzean gutxitua izaten da, gutxitze honek fotosintesia mugatzen duelarik (66). Era honetan, klimak lur-ekosistema ere (67) ukitu egiten du.

Honaino, ba da, sarritan eta errazegi aipatzen dugun **Ingurugiro** zera horren barruko lokarri eta korapilo hestu, elkarrekin eta konplexuak, *sistema* kontzeptu argitzailetik azterturik. Lurraren zientzia, lokarri eta korapilook argitzen saiatzen ari da, eta modu arinean gainera, giza-ekintzek, ustegabeen seguruen, han-hemenka zenbait lokarri ukitu eta eragin bait dituzte, azken hauek zernolako bide berriak hartuko di-tuzten inork ezin zehatz dezakeen arren.

Gizakiak sekula ez du Ingurugiroa beraren osotasunean kontrolatu, eta berau berez kontrolaturik egon da, harmoniaz; baina gaur egun, giza-ekintzak direla kausa, bestelakoa da egoera, Ingurugiroa bera ere des-kontrolaturik edo deskontrolatzeko bidean dagoelako susmoak ugari dira eta. Horrexegatik bada, zientziaren oraingo premia eta horrexegatik zientzi alor bakoitzaren helburu espezifikoen mementuko nolabaiteko baztertzea ere. Are gehiago, kontu hau gizakien arazo larrienen ikuspegitik begiraturaz gero.

MODELOAK: zientziaren lanabes egokia

Azken bolada honetan, modeloak edonondik ugalduz joan dira, edozertarako giltza bailiren. Errazegi erabiliak izan dira, errazegi, askotan, modelo batek berarekin daraman guztia, osotasuna, kontuan hartu gabe. Luza gaitezen pixka batez mo-

delen eremu interesgarri honetan, lur-zientziaren ohizko lanabesa izanik, hartaz esan daitekeena honi ere badagokio eta.

Zer da modelo? *Errealitatearen eskematizazioa* dela esango genuke, are gehiago, *eskematizazio hori zenbatua izateko gauza* izan behar dela gehituko genuke. Beraz, modelo (matematikoa izan edo fisikoa izan berdin da oraingoan) errealitatea ulertzeko tresna da; errealitate hori eragin dezaketen aldagai guztiak hartu eta elkarrekiko kontsideratuz aurretik ezagunak diren ondorioak (errealitatearenak, jakina) lortu behar ditu modeloak, ona bada, behinik behin.

Hots, normalean, naturaren prozesuen *ondorioak* ezagunak diren bitartean (behaketa serioak ahalbidetzen du hau), bestelakoa gertatzen da *kausekin*: ezagunak izaten dira eragile izan litezkeen aldagai asko, baina ustezko eragile horien artean, zeintzuk dira benetan eragiten dutenak eta zeintzuk besteak? zein neurritan hartzen du parte horietariko kausatzaile bakoitzak gero ondorioetan? Hots, derrigorrezkoa da *kausala* dena *kasuala* denetik ondo bereiztea. Are gehiago, okerrak zuzendu nahi izanez gero, eta esan bezala, Lurraren zientziaren helburu soziala horixe li-tzateke.

Horretan lagun dezake modelo on batek; ustezko eragileak, ondo kontrolatuak, modu egokian elkarrekiko kontsideratuz *kausalitatea* eta *kasualitatea* bereiztera hel daiteke modelo ona. Baina, zer esanik ez dago, ustezko eragileok ondo ezagutu behar dira, kontrolatuak izan behar dute, ondorioak ere kontrolatuak izan behar duten bezala. Kontrolak zenbatzea dakar, prozesuak zenbakitan jartzea, alegia. Azken batez, ez da ahaztu behar, "*zientzia*", gauzak zenbatzen hasten den une hartantxe dela jaioa, ez lehenago.

Modeloen kontu honetan Paul Valery zenak behin bota zuena gogora ekarri behar: ximplea den oro faltsua da, baina konplexua dena *erabilezina*. Lur-zientziaren eremuan gaudela, kontuan hartu beharra dugu naturaren dinamika berez oso konplexua dela (aurreko atal batean zehazkiro adierazi bezala),

eta ustezko eragile guzti-guztiak kontsideratzea ezinaren parekoa izan arren (zientzigileen ezagupiderik ezaz), larregi ximpletzea ere hutsaren parekoa izan litekeela. Beraz, zer egin?. Argi egon behar duena hauxe da, hiru ardatzetara bildua:

- Batetik, zientzigileek saiatu egin behar dute naturaren prozesuen bilakaera ahalik eta egokien kontrolatzen, datuak, argibideak, izan ditzaten; azken finean, ez da daturik gabeko modelorik.

- Bestetik, prozesuok ezagutzen dituzten zientzigileek baino ezin dute modeloa sortu, egokitu, zorrotzu eta landu.

- Hirugarrenez, prozesuok dinamikoak izanik, euren kontrola eta ezagumendua ere dinamikoa izan behar du eta, ondorio zuzenez, modeloa bera ere berdin, dinamikoa.

Hiru ardatz hauetan oinarritzen ez dena ez da modeloa, beste zerbait da, errealtatearen dinamika ez bait du horrek eske matzen. Eta ugari dira gaur egunean sasimodeloak, oso datu gutxi eta deslotuez eraikiak, zientzigileengandik apartekoek sortuak, edo eta behin-betiko estatikokerian jausiak.

Hala ere, erraza ez bada ere, modelo onak lanabes egokia direla azpimarratu beharra dago, behin eta berriro. Errealtatea ulertzen laguntzen gaituzte eta hori baino (oraingo egoeran, behintzat) garrantzitsuagoa dena, gaurkoa ulertuta biharkoa (honetarako giza-ekintzak eragile bezala sartuak, jakina) zelan izan litekeen konprenitzen lagun gaitzakete: *aurrikuspena*. Horra hor, kasu, berotegi-efektuak ekar ditzakeen ondorioak. Eragile ezagun asko, naturalak zein antropikoak, batera harturik heldu dira ondorio horiek nolabait somatzera; ustezko ondorioak ala errealak? auskalo, baina hartu beharreko bideak, behintzat, seinalatzen dizkigute... eta bitartean modeloa dinamikoa da, egunez egun zientziak lortzen dituen argibide berriak berari etengabe atxekiz.

Geologian betidanik izan da funtsezko oinarri gisako zerbait, "gaurkotasunaren oinarria" izenaz ezagutu duguna: *gaurkoa atzokoa ulertzeko giltza da*. Hau da, honen arabera gaurko prozesuen kausak eta ondorioak ikertuz, batetik, eta arroka zaharrek gordetzen dituzten informazioak aztertuz, bestetik, informazio horiek argibide bihurtu eta aurreko garaietan (ehundaka milioi urtetan) zernolako prozesuak gertatu behar izan ziren esatera, eta segurtatzera ere, heldu dira geologoak; erreferentzia: *gaurkoa*.

Baina, zilegi ote da "oinarri" hori etorkizunerantz luzatzea?, hau da, gaurkoa, edo atzokoa, biharkoa ulertzeko giltza dela esatea?. Honi erantzuteko giza-ekintzen eragina hartu behar da kontuan, iraganaldia-rekin konparaturik guztiz indar berri, kaltegarri eta, momentuz, kontrolgabea da eta. Inolako erreferentziarik ez dauka horrek iraganaldi horretan. Zer lokarri berri ekar dezakete ekintzok?... hona hemen gure betiko gakoa: ez dagiku; eta zientziari dagokio, premia, erantzun egokiak bilatzea... eta aurkitzea.

BEROTEGI-EFEKTUA: Lur-zientziarentzako desafio globala

Dudarik gabe, gaur egunean Ingurugiroak dituen arazo larrien artean berotegi-efektua dugu aipatuenerarikoa. Planeta osoa ukitzeaz gainera efektu honek izan ditzakeen ondorioak, ustez, Ingurugiroaren lokarri gehienetara, guztietara ez esan arren, zabaltzen dira, orain arteko bilakaera naturala arrisku bizian jar dezaketelarik. Hona hemen, beraz, orain efektu honen aipamena egitearen zergatia: ez beste adibide konkretu bat bezala, baizik eta lehentxoago idatzitako guztiaren aplikazio zuzena efektu honetan agertzen delako egokien.

Zertan datza efektu hau?

Hona hemen azalpen laburra, geroko ondorioak ulertzeko beharrezkoa dena (1. irudiaren kontestuan).

Atmosferak iragazi egiten ditu kanpotik datozen izpiak, iragazpen hau izpion uhin-luzeraren arabera izanik. Uhin ikuskorrek, esaterako, ondo zeharkatzen dute atmosfera, era honetan biziaren garapena ahalbidetuz (fotosintesia ondorioztatuz). Izpi infragorrien artean, ostera, uhin-luzera tarte konkretukoak besterik ez dira pasatzen; besteak ur-lu-rrinak eta CO₂ horrek xurgatzen dituzte. Lege fisiko batek ondo azaltzen duenez, gorputz batek uhinak xurgatu eta gero, igorri egiten ditu horiek uhin-luzera handiago batez. Modu berean halaber, Lurrak hartzen dituen izpi infragorriak, uhin-luzera handiagoz igortzen ditu, igorritako hauek uhin termikoak direlarik.

Iraultza industrial (giza-ekintza berau) hasi zenetik, atmosferako

troposferan diren CO₂ eta ur-lurrina, aerosolak ere berdintsu, handikiro gehitu dira, bertoko balantze termikoaren eraginez. Izan ere, batetik, elementu horiek eguzki-erradiazioaren parte bat xurgatu eta, ondorioz, berotu egiten dira, eta bestetik, behelaldeko troposfera berotzen dute lurra igorritako uhinen atarabidea oztopatu egiten dute eta. Bi prozesu hauen emaitzaz Lurra inguratzen duen atmosfera-geruza, eta klima bera ere, berotuz doaz. Uste denez, beste gas batzuk ere hartzen dute parte berotegi-efektuan, baina CO₂ eta ur-lurrina izango lirateke eragilerik nagusienak, ustez denez behintzat.

Zelan somatzen da efektua?

Iraultza industrialaren aurretiko datuak, tenperatur eta CO₂-eduki-kiari dagozkionak, oso urriak dira, eta ezina gertatzen zaigu atmosferako CO₂ horren gehikuntz kurbaren hasiera ondo zehaztea. Datuon arabera, azkeneko ehun urtetan, CO₂-edukiak

heren bateko gehikuntza izan du, dirudienez, espazio eta denborako aldaketa konkretuak ezin zehaztu izan arren. Era berean, azkeneko ehun urtetan, planetako tenperatura, luraren aldean, 0.4 gradutan igon da. Halaz ere, adituen ustetan, tenperaturaren gehitze hori, ez legokioke bakar-bakarrik berotegi-efektuari, tenperatu-rak izaten ohi dituen berezko gorabeherak, naturalak, ere kontuan hartu beharko lirateke eta.

XIV. mendean, ipar-hemisferioko latitude ertain eta altuko lurraldeetan hotzaldi bat izan zen, Groenlandian ziren kolono bikingoak aldegin erazi zituena. Hotzaldi honen amaiera, XVIII-XIX. mendeen pasagunean gertatu omen zen, edo eta apurtxo bat beranduago..... iraultza industrialaren hasieran edo. Ba al dago loturarik?. Ezbaia hortxe dago; eta garrantzi handikoa litzateke zientziarentzat hori argitzea, nonbait, biharkoa ulertzeko argibidea izan liteke eta.

Berotegi-efektua somatzea zaila da. Izan ere, jakin badakigu efektu hori egon behar dela, lege fisikoen arrazoiak horretara eramaten gaituelako; gainera, tenperaturaren igoera ez da ustezkoa, erreala baizik, Baina tenperaturaren datuak, historikoak batak bat, oso urriak dira; ezin horiekin modeloa eraiki kausa-efektu erlazioa segurtatzeko. Beraz, lite-keena da, zientifikoki, *berotegi efektua, datu kuantitatiboa baino gehiago, froga kualitatiboa* dela esatea zentzuzkoagoa izatea.

Zeintzuk izan litezke efektuaren ondorioak?

Ondorioak, batzuk zuzenak eta beste batzuk ez-zuzenak direla esan daiteke. Hona hemen, laburki, zeintzuk diren horiek, zientziak premiazko aztergai eta azterkizun dituelarik.

ONDORIO ZUZENAK

a) Ozeanoetako gainaldeko geruzaren dilatazioa. Uraren tenperatur gehikuntzak dilatazioa (zabalkuntza) dakar. Ustez, goialde-

ko ur-geruza baino ez litzateke berotuko, uhinak ez bait dira sakonean sartzen. Ondo-rioz, geruza horri legokioke soilik, dilatazioa (zabalkuntza). Baina itsas-korrante eta konbekzio-prozesuei esker, nolabaiteko ur-nahasketa gerta daiteke, goiko eta beheko ur-masen artean, tenperatur gehikuntz horrek azalean ezezik sakonean ere ustezko eragina sortuz. Gerta daitekeen hau ez du zientziak ondo ezagutzen, eta berotegi-efektuaren modelizazioan ur-nahasketarena kontuan ez izateak akats handia ekar lezake. Zientzilari batzuren eritzian, goialdeko berotzeak oztopatu egiten ditu bertikaleko aldaketak (beroaren sakabanaketa beraz), era honetan goialdea gero eta gehiago berotuz eta aparteko ondorioak ekarriz.

b) Elur- eta izotz-azalaren murrizketa.. Tenperatura gehitzean, elurteak gutxitzeaz batera, euriteak ugaldtu egiten dira. Honek hainbat ondorio dakar: Batetik, elur-azalera gutxitzean lurraren albedoa ("*gorputz batentzat, erradiazio intzidentearen eta islatatuaren arteko erlazioa*"; elur berriak, esaterako, oso albedo handia du) gutxitu egiten da, lurra berotuz. Bestetik berriz, glaziareek atzera egiten dute lurraren albedoa ahultzen dutelarik. Baina kasu honetan, glaziareen kasuan, atzera egite hori oso astiro gertatzen da tenperaturaren gehikuntzarekin desfase handia izanik; gainera, desfasea desberdina izango da han-hemenka (Arktikoan eta Antarktikokan, esaterako) efektuak denboran zehar aldakorrek gertatuko direlarik. Honen modelizazioa ez da ahuntzaren gauerdiko eztula gero!!. Halaz ere, ikertu beharrekoa du zientziak.

c) Dinamika atmosferikoaren aldaketa.. Zikloi tropikal, tifo eta tornadoek ere, masa beroetan dute sorgunea. Ozeanoetako goialdea be-rotuz gero, gertaera klimatiko horien maiztasuna gehitu egingo da, eta honetaz gainera, masa beroen zabalera handiagoa izanik ere, zikloiek in-dartsuago azaldu eta bide luzeagoan izango dute eragina.

c) Fotosintesi eta landare-metabolismoaren eraldaketa . CO₂-ren gehikuntzak fotosintesiarena dakar. Tenperatur gehikuntzak, or-

dea, lan-dare-metabolismoa errazten du, landareok ur nahikoa izanez gero. Izan ere, tenperatura gehitzean transpirazioa ere gehitzen da, airea ur-lurri-nez aserik ez badago, behintzat. Dena dela, ezin ekologiaz aritu inguruko faktore guztien eragin konplexua ahaztuz.

ONDORIO EZ-ZUZENAK

a) Zirkulazio ozeanikoa. Ozeanoetako gainaldearen berotzea aldakorra izango da batetik bestera. Izan ere, poloaldeetan berotzea biz-pahiru aldiz handiago izango da, planetaren batezbestekoa baino. Honekin batera, glaziareen urtzea kontuan izanik, argi dago zirkulazio ozeanikoa eraldatu egingo dela. Latitude baxuetako berotzeak Gulf Stream bezalako korronteak indartuko dituen neurrian, Labrador bezalako korronte hotzak indargetuz joango dira. Halaz ere, zientzilarien ustetan, zail da hau guztiau zehaztea.... prozesuok ez bait dira oraindino behar bezain ongi e-zagutzen. Datu paleoklimatikoak derrigorrezkoak lirateke, Pliozenoko az-kenaldikoak eta Koaternario hasierakoak batetik bat, garai hartako izotzen hedapena murriztagoa bait zen oraingoa baino.

b) Zirkulazio atmosferikoa. Ozeanoez esan berri dugunak, eragin zuzenak izango ditu atmosferako zirkulazioan ere. Gaur egun, guztiok o-nartuta dago ozeanoetako ur-masek klimatologian duten eragin eta garrantzia, klimaren benetako motorea izanik. Baina, behin eta herriz e-saten dute jakintsuek, hori kuantifikatzerik ez dagoela, egun behintzat, oinarriko datuak falta direla eta. Klima ulertzeko, ez da nahikoa zirku-lazio atmosferikoa ezagutzea, ez horixe, aire-masen beraien ezaugarriak ere kontuan hartu behar bait dira. Izan ere, berotegi-efektuak dakarren tenperatur igoerak, erraztu egiten du aire-masen mugikortasuna: haize gogoragoak, konbekzio eta fronteen aldaketa, prezipitazioen batetik besterako handitze-gutxitzeak..... Zelan modelatu hau guztiau?.

c) Ziklo geokimikoetako aldaketak. Ziklo geokimikoak ere uki-tuak izango dira lokarrien alderaketa konplexu honetan. Esa-

terako, temperatur igoerak kararren disoluzioa oztopatuko du, ondorioz, bikarbonatoen flu-xua bera ere oztopatua izango da, urak errazago helduko bait dira aseta-sun-mailara. Honen efektuaz, madreparen hazkuntza eta arrezifeen eraikuntza lagunduak suertatuko dira. Baina halaber, aireko CO₂-ren eduki handiagoak kontrako zentzuan joko du aurreko gertaera horien gainean. Aldeko eta aurkakoen artean, zein izango da azkeneko balantzea?. Aus-kalo!. Hori ere azterkizun.

Gaurko egoera

Berotegi-efektu horrek ekar dezakeenez, badugu gaur egun nola-baiteko ideia argia, baina ideia hori gutxi gorabeherakoa da, guztiz kua-litatiboa eta ez kuantitatiboa. Hainbat gertaera ezagunak ditugu eta beste hainbat ezezagun. Gertaera guztion elkarrekiko emaitza konplexuaren aterabideak zeintzuk izango diren ez dakigu, edo ez gaude seguru, behinik behin.

Lur-Zientziari dagokio honen argikuntza, hauxe du gaur eta hemen aztergai eta azterkizun, oraingoa ez bait da "beste ikerketa zientifiko" bat, oraingoa hil ala biziko ikerketa da, are gehiago, "gizadiaren arazo larrienetatik begiratuta", hasiera-hasieran esaten genuen moduan. Horra hor premia, horra hor gaur eta biharko beharra. Zientziak aurrean duen desafioa argitzen ez duen bitartean, bazterrean geratuko bide dira, zien-tzi alor baikoitzak dituen helburu zientifiko espezifikoak, normalean gizadiaren eguneroko arazoetatik urrunegi direnak.

I. A. A.

LA TIERRA, LOS MARES, EL CLIMA

LA TERRE, LES MERS, LE CLIMAT

Se critica la compartimentación que las ciencias de la tierra, del mar y del aire tienen, hoy en día, en diferentes ramas del saber (geología, ecología, oceanografía, climatología...), normalmente, con escasa relación entre ellas, lo cual limita grandemente su utilización en la resolución de los graves problemas ambientales actuales.

Consecuentemente, se apuesta por una ciencia única (Ciencia de la Tierra) que engloba todas las ramas que tienen como objetivos científicos específicos aspectos relacionados con la dinámica del Planeta, por ser esta última, también, única. Así, el Medio Ambiente es considerado aquí desde un punto de vista de sistema integral.

La Ciencia de la Tierra es, además de una necesidad actual, una imposición provocada, inconscientemente, por las actividades humanas. En efecto, la acción humana, con su insaciable aumento del consumo, está provocando tales cambios en la compleja dinámica del medio natural global que, además de escapárseles al ser humano, tienen repercusiones diversas, alejadas en el espacio y en el tiempo del lugar y del momento en el que tales cambios fueron provocados. La propia vida en el Planeta se encuentra afectada seriamente por esos cambios que ella misma está, en buena medida, provocando.

La labor científica encuentra, aquí y ahora, una nueva dimensión. El conocimiento detallado de la alteración que la actividad humana provoca en el sistema natural, y la previsión de las implicaciones futuras, es un desafío de primer orden para la Ciencia, que encuentra así la verdadera y profunda finalidad de su investigación, considerada, al menos, desde los problemas más acuciantes que afectan a la humanidad, actual y futura. El llamado efecto invernadero sirve de ejemplo en este artículo para tratar más concretamente aspectos relacionados con la filosofía planteada.

La compartimentation des sciences de la terre, de la mer et de l'air dans les différentes branches du savoir de la science (géologie, écologie, océanographie, climatologie) est actuellement très critiquée car elles ont très peu de rapports entre elles ce qui limite beaucoup leur utilisation pour résoudre les graves problèmes actuels d'environnement.

Par conséquent, on mise sur une science unique (la science de la Terre) qui englobe toutes les branches qui ont pour objectifs scientifiques spécifiques, des aspects en rapport avec la dynamique de la Planète, celle-ci étant la dernière et

aussi le seule. Ainsi, l'environnement est considéré ici, à partir d'un point de vue du système intégral.

La science de la Terre est, non seulement un besoin actuel, mais aussi une obligation provoquée inconsciemment par les activités de l'homme. L'action humaine, avec son insatiable hausse de la consommation, est, en effet, en train de provoquer de tels changements dans la dynamique complexe de l'ensemble du milieu naturel qu'ils échappent à l'être humain et qu'ils ont aussi, des répercussions diverses éloignées dans l'espace et dans le temps du lieu et du moment où de tels changements ont été provoqués. La vie même de la Planète se trouve sérieusement affectée par ces changements qu'elle provoque elle-même en grande partie.

Le travail scientifique acquiert maintenant une nouvelle dimension. Le fait de connaître de façon détaillée l'altération provoquée par l'activité humaine dans le système naturel et la prévision des futures implications est un défi de premier ordre pour la science qui trouve ainsi la vraie et profonde finalité de ses recherches, au moins dans les problèmes les plus aigus qui affectent l'humanité actuelle et future. Ce qui est appelé effet de serre, sert d'exemple dans cet article pour traiter de façon concrète les aspects relatifs à cette philosophie.