

PLANETA URDINA, BEROTEGI ERRALDOIA?

M. J. BARANDIARAN eta I. TRAZABALBEITIA

"... Eguratsaren berotze jarraia-
ren ondorioz, Poloetako izotzak urtzen
hasi ziren. Antartikoko lautadetako
itsaso izoztuak arrakalatzten hasi zi-
ren eta disolbatuz amaitu zuten. Zir-
kulu Polar Artikoan, Groenlandiatiko,
ipar Europan, Errusiarainoko eta Ipar-
ameriketako iparraldeko hamarmilaka
glaziarek ozeanoetan isuri zituzten
haien urak. Urok, lurpe polarraren mi-
lioka akre eraman zituzten beraiekin,
ur azpian murgildutako hamaika ibai
erraldoi osatuz.

Itsas-uren maila osoaren igoera
ez zatekeen metro gutxi batzuk bai-
no izango, baina ibai handioso sub-
marinoek bilioika tonelada lokatz

garraiatu zituzten. Delta berriak era-
tu ziren kostaldeko konfigurazio kon-
tinentala handituz eta zabalduz, eta
itsaso eta ozeano osoak itxiz.

Beraien aurrean lohia bultzaturik,
itsaso berriek kontinenteen itxura
eta kontornoa eraldatu zituzten. Medi-
terraneoak uzurtu egin zen barne-laku-
tako sistema bat osatuz. Britainiar Ir-
lek bat egin zuten berriro Frantziako
iparraldearekin, Estatu Batuetako Men-
debalde Ertainak, Misséssippik urperq-
tuta, zeinek Mendi Arrokatuak erama-
ten bait zituen, Hudson-en Badiari ire
kitako itsas-golko zabalean bihurtu
zen. Karibe Itsasoa, bitartean, lautada
lohitsu gaziz osatutako basamortu bi-

lakatu zen. Europa osoa, aintzira erraldoieko sistema batean, zeintzuk hiri nagusietan zentratuta bait zeuden. Hiriok, ibai eta ubideek hegoalderantz eramaten zuten limo eta lohiak estali ta zeuden...." [1].

Era beldurgarri honetan ikusten du J.G. Baillard-ek, zientzia-fikzioko idazleak, planeta urdina ren itxura berria, noizbait etorki zunean, luraren batezbesteko tenperatura globala kontrolik gabe igotzen hasiko balitz. Zenbait zientzilariren artean, eguratsean dagoen CO₂-aren kontzentrazioa igotzen jarraitzen badu antzeko zerbaite gerta litekeenaren ustea dago.

Jakina da, lurrazalak jasotzen duen eguzkitiko energiaren parte bat besterik ez duela absorbatzen; beste parte bat isladatu egiten du. Isladatu duen parte, albeoio izena hartzen duena, aldakorra da eta latitudeaz eta lurrazalaren konfigurazioaz dependatzen du (2). Eguratsean dagoen CO₂-ak erradiazio infragorria absorbatzeko gaitasuna du, orduan lurrazalak isladatzen duen energiatik infragorritzkoa hartzen du eta honen parte bat lurrazalari itzultzen dio energia termiko bezala. CO₂-ak eguratsean, berotegi bateko paretek duten funtzio berdina

du. Honexegatik berotegi-gasa esaten zaio eta sortzen duen eraginari berotegi-efektua.

Eguratsean dagoen CO₂-a dela kausa, lurrazala zenbait gradu berroago dago CO₂-rik izango ez balitz baino.

Azken mende t^{er}dian erregai fosilen erreketak handia dela eta eguratsean CO₂-aren kontzentrazioa jarraiki igotzen ari da eta urte gutxi barru, Industri Iraultzaren aurreko kontzentrazioa bikoiztu egingo da. Zientzi status-aren artean egite honek luraren batez besteko tenperatura zenbait gradu zentigrado igokiduela, zinek ondorio katastrofikoak ekar bait lezake, uste da. Baina, azken urtetan, zenbait zientzilariren ustez tenperatura igotzea ez da horrenbestekoa izango eta beraz CO₂-aren gehikuntzak atmosferan ez du ondorio gaitzorerik erakarriko. Eztabaida bizia sortu da bi tendentzian artean, artikuluxka honetan azaltzen saiatuko garena.

arazoaren planteamentua.

Eguratsak duen karbono (IV) oxidoaren eragipena luraren tenperaturaren kuantifikatzea ez da auzi

berria meteorologilari eta ingu-
rugioko zientzilarien artean,
CO₂-a hats-gasa da luraren egu-
ratsean: bolumenean %0,03a bete-
tzen du gutxi gora behera. Kon-
tzentrazio hau, halaz ere, ez da
konstante mantentzen eta Indus-
tri Iraultzaren ondoren, erregai
fosilen erabilpena dela kausa,
jarraiki igotzen ari da. Honela,
1880ean 293 ppm(mz) zen kontzen-
trazioa; 1980ean ordea, 335 mz;
1970-80ko hamarkadan 12 mz igo
da eta hurrengo menderako (2025
urtearen inguru) Industri Irault-
ze aurretiko kontzentrazioa bi-
koiztea espero da.

CO₂-a eguzkitiko erradiazio-
ekiko nahiko gardena da baina
zenbait erradiazio termikorekiko
nahiko opakoa. Honela eguzkiaren
izpiak lurrazalera irits daite-
zen uzten du CO₂-ak, baina lurra
zalak espaziorantz igortzen di-
tuen erradiazio termikoak absor-
bitu egiten ditu eta hein handi
batean lurrazalera itzultzen di-
tu lurra birberotuz.

Zientzilaria ados daude CO₂-
-rik ez balego eguratsean, lurra-
ren batezbesteko tenperatura glo-
bala txikiagoa izango litzateke
ela baina ez dira ados jartzen
zenbat txikiago izango litzate-

keen esaten. Auzi berdina sortzen
da CO₂-aren kontzentrazioaren
igoerak duen eraginez galdetzean.

Mende honen hasieran S. Arrhe-
nius eta T.C. Chamberlin, Sueziar
fisikariek, eguratseko CO₂-aren
kontzentrazioa bikoiztuko balitz
lurrazala 8°C inguru beroago izan-
go litzatekeela adierazi zuten.
Urteetan zehar, zenbaki hau txiki-
tua izan da eta azkenik, zientzi-
status-ak onartuta duen balioa
2-3°C tartekoa da. Baina bestal-
de, azken urteotan zenbait zien-
tzilarik egindako ikerketen ara-
bera, balio hori gehiago ere txi-
kitzen dute eta beren ustez gra-
du hamarren batzu besterik ez
litzateke izango tenperaturaren
aldaketa.

ohizko eredu edo katastrofista.

CO₂-aren kontzentrazioaren
handitzeak ekar lezazkeen eragi-
nak aurrikusteko zirkulazio ere-
duak aurkeztu dira usuki. Dames
Hansen-ek eman berri du "Science"
aldizkarian (3) hauetako eredu
bat; dimentsio bateko sei eredu
erradiaktibo-konbektiko eman
ditu. Ereduok teorikoak dira eta
konputagailu batean datu ego-
kiak sartuz lortzen dira. Teori-
zitate hau, eta landa-lana eza

era berean, izaten da eredu hauei egiten zaien kritika gogorren eta riko bat. Ereduok, gizasemeen aktibitateak sortzen duen CO₂-aren %50a eguratsean mantentzen dela eta ohizko bideetatik xahutzen ez dela suposatzen dute. Suposapen hau, nahiko eztabaidagarria eta zalantzan ipintzekoa da ez bait dago, gaur egun, kuantifikatzerik eskuartean dauden datuen arabera. Karbonoaren zikloaren ezagupen zehatzago eta konkretuagoa behar da goian planteatutako galderari erantzun egokia emateko. Bestalde, ikusi beharko litzateke ere bai, CO₂-aren kontzentrazioaren handitzeak zein eragin duen (4) CO₂-a kontrolatzen duten bi sistema nagusiengan, hau da, landare berde eta ozeanoengan alegia. Hau dela eta, gizasemeak ekoiztutako CO₂-aren %50a eguratsetik ez dela erauzia izango suposatzea arriskugarria izan daiteke.

Hansen-ek planteatutako ereduaren arabera lurrazalaren batezbesteko temperatura globala 2,8°C igoko litzateke CO₂-zko kontzentrazioaren bikoiztapenarekin. Honela, datorren mendearen bukaeran batezbesteko tenperatura 2,5°C altuagoa izango litzateke erregai fosilen erabilpenaren haziera txikiagoarekin, eta

3-4,5°C altuagoa, erregai fosilen erabilpenaren haziera handiarekin. Erregai fosilen erabilpenean hazierarik ez balitz tenperatura 1°C inguru igoko litzateke.

Hansen-en ereduaren alde, esan beharra dago eremua egokia gertatzen dela azken mendean eman den batezbesteko temperatura globalaren igoera, 0,4°C adierazteko.

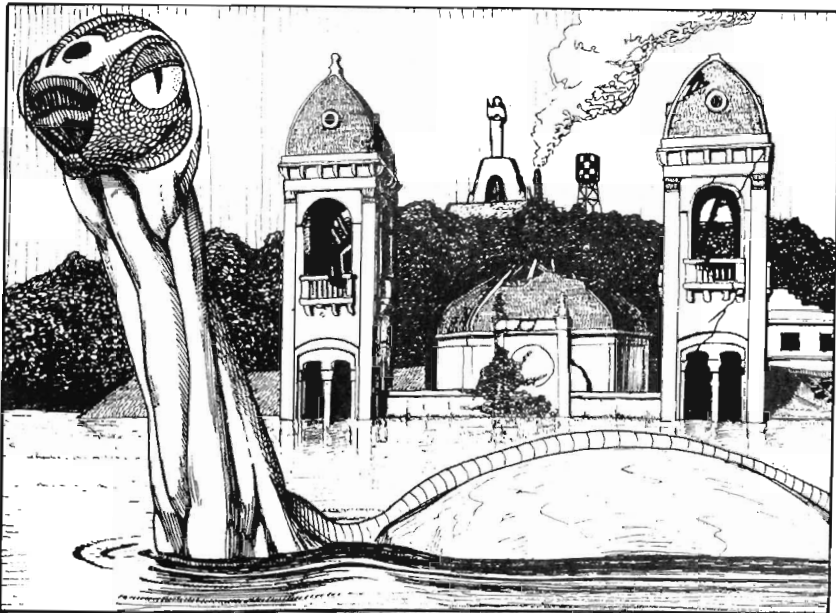
2,7°Cko beroketak, lurrak Mesozoikoan, hots, saurio erraldoien garaian, izan zuen beroa izatera eramango gintuzke. Hau dela eta ez da batere erraza lurrean osotasunean eta lurralde bakoitzean gertatuko litzatekeena zehatz-mehatz aurreesatea. Bestalde, lurralde desberdinek erantzun desberdinak emango liozkete CO₂-zko kontzentrazioaren handitzeari. Posible litzateke zenbait lurraldetan berokuntzarik ez izatea. Halaz ere, paleoklimak emandako zenbait hatzetan oinarriturik, posible da berokuntzaren zenbait ondorio aurreesatea.

Lehendabizi, berokuntza ez litzateke uniformea izango; latitudetuek altuetan elurraren albedo altuak "feedback" altua sortzen duenez berokuntza globala baino 2,5 aldiz handiagoa izango litzateke eta, era berean, energi eta

urlurrinezko trukaketa lurrazaleko lurralde desberdinen artean. Haize-zirkulazioa eta euri-banaketazko sistemak aldatuko liraten ke ere bai, lurralde antzuak eman kor bihurtuz eta alderantziz. Guzti hau, katastrofiko izango litzateke animalia eta landare-espezieentzat, ondoen dagokien tokian hazten bait dira.

Beste ondorio beldurgarri eta posiblea artikulua hastapenean adierazten zena litzateke 2,8°C-tako temperatura igoerak Mendebaldeko Antartikako izotz-geruzaren fusioa ekar lezake. Gaur egun, geruza horren udako batezbesteko

temperatura -5°C eta, gorago adierazi den bezala latitude altuetako temperatura globala baino 2-5 aldiz handiago izango litzateke, hots 0,4-8,5°C tartean. Temperatura honek izotz-geruzaren urtze azkarra eragingo luke eta itsas-uren maila 5-7 metrotan igoko litzateke. Holandako zati handi bat lurperatuko litzateke holandar trebeen mendetako lana alperrik izanik, eta Donostiak bigarren irla izango luke, Urgull mendia hain zuzen, esate baterako. Izotz urtze-prozesua hamarkada gutxitan zehar gertatuko litzateke.



Epe luzeagora Antartidako izotz-geruza osoa ur liteke eta urak 60 bat metro igoko lirateke.

Beste hirugarren ondorio izugarria itsasoak elikagai-gordailu legez duen funtzioa sakonki hondatzea litzateke. Lurrazalean tenperatur gradientea txikiagotzean haizeen abiadura txikituko litzateke eta era berean haizeak gidatutako zirkulazio ozeanikoa. Haizeen abiaduraren %20ko beherapenak %40ko beherapena suposatuko luke zirkulazio ozeanikoan. Are gehiago izotz-geruzaren fusioak latitude altuetako itsas-gaingeruzaren salinitatea txikituko luke. Bi fenomenok batera kontutan harturik, ur ozeanikoen zirkulazioa mantsuagotuko litzateke eta honen ondorioz goranzkako jariora, zein uretako bizidunek elikagaiak jasotzeko duten bide nagusia bait da, makalduko litzateke ere bai. Azkenik, arrain-ekoizpena beheratuko litzateke nabariki.

Idso-ren eredia edo ez-katastrofista.

Sherwood B. Idso zientzilari iparramerikarrak proposatutako ereduak tenperatura globalaren $0,26^{\circ}\text{C}$ -ko igoera aurrezaten du

CO_2 -aren kontzentrazioaren bikoiztapenerako. Teoria hau lehenengo aldiz, "Science" aldizkarian argitaratu zen eta eztabaia da bizia sortu zuen(5).

Idso-ren eredia guztiz empirikoa da eta zenbait fenomeno naturalen azterketan oinarritzen da. Idso eta kolaboratzaileek, fenomeno hauek gertatzen direnean ematen diren tenperatur aldaketa eta bero erradioaktiboaren fluxua neurtu dute. Honela, posible izan zaie naturak perturbazioari eman dion erantzuna kuantifikatzea. Naturaren erantzunari "gainazal-airearen tenperaturaren erantzun-funtzioa" esaten diote. Neurtutako bero-fluxuaren aldaketa bati behe-eguratsean dagoen tenperatur aldaketa behatzen dute. Jasotako datu horrekin CO_2 -zko kontzentrazioaren bikoizpenari dagokion eragina extrapolatzen dute.

Idso-ren ekipoak aztertutako hiru fenomeno naturalak hauek dira:

- Phoenix-en, Arizonan, uda eta negu artean ematen den hautsaren berezko birbanaketa.
- Uda-monzonaren iristearekin

ematen den hezetan-aldaketak temperaturaren duen eragina.

- Lurraren azalak, urtean zehar, duen eguzkitiko erradiazioaren aldaketak sortzen duen tenperatur aldaketa.

Idso-ren ikusmirak jaso dituen kritiken artean eredu osagabe-koa eta sinplifikatuegia dela dioena aipa daiteke lehendabizi(6). Beste kritika batzuk zera diote: CO₂-ak eragindako berokuntzak sor lezakeen eguratsaren hezetan-handipenak dakarren "feedback" delakoa ez duela kontutan hartzen. Halaz ere, Idso-ren arabera, hezetan-aldaketak sor lezakeen tenperatur aldaketa osoa 0,01°C litzateke(7). Idso-ren lanari egin zaion beste kritika bat ozeanoen inertzia termala ez duela kontutan hartu izan da.

Idso-k bere teoriaren alde zera azpimarratzen du(8) "There is one more point we can learn from past climates. Recent studies of air trapped in ice cores show that the amount of CO₂ in the atmosphere 18000 years ago was about half what it is now (Nature, 284, p 155). And other work has shown that incoming solar radiation at that time was not much different from now (Meteorological Monographs, N^o 34, Ameri-

can Meteorological Society). The GCM's predict a drop in temperature for that time of more than 2°C (Nature 290, p 9), but data obtained from three cores in the subtropical gyre - a current of the Atlantic at 20°N - show essentially no temperature difference at all between then and now (Geological Society of America Memoranda, no 145, p 43). This again indicates that the results of the models are at odds with reality" (*).

Idso-rentzat CO₂-aren kontzentrazioaren igoera kaltegarri izan baino onuragarri izan daiteke, zeren eta landareen fotosintesia CO₂-zko bikoiztapenarekin %20 igoko bait litzateke eta landareak azkarago hazi eta eman korrago izango bait lirateke.

ondorio gisa.

Azaldutako ereduaren artean zein hurbiltzen zaio gehiago errealtateari? AUSKALO! Garbi dagoen puntu bakarra zera da klimatologia eta klima baldintzatzen duten elementuei buruzko azterketa sakonago eta zabalagoak behar direla inolako neurririk hartu baino lehen. Kontutan hartu behar da ere bai, CO₂-a ez dela negutegi-gas bakarra, metanoa, gas fluoratu batzuk eta oxido nitrosoak

eragin berbera dutela eta hauen kontzentrazioa ere gorantz doala.

CO₂-aren eraginaren arazoa ez da ekologikoa soilik politiko-sociologikoa ere bada kontutan hartzen badugu, eguratsean dagoen

CO₂-aren iturri nagusia erregai fosilen erreketak dela; Eredu katastrofista baino argumentu hobea gorik ba al dute energia "garbi eta merkean" zaleek, nuklearzaleek hain zuzen, energia nuklearra bultzatzeko eta erregai fosilak baztertzeke?

BIBLIOGRAFIA

- (1) Ballard, J.G., "Ciencia-Ficción Inglesa: Tomo II, El mundo sumergido". Aguilar Ed., Madrid 1968, 262 orr.
- (2)
- (3) Idazlan orijinala ezinezkoa gertatu zaigu lortzea. Hileman, Bette, "Environ. Sci. Technol". 16, (2), 81A, 1982
- (4) "Enciclopedia Salvat de Ciencia y Tecnología" Tomo 6 Salvat Ed. Barcelona 1964 513 orr.
- (5) Idso, S.B.; "Science" 207, 1462-1463, 1980
- (6) Schneider, S.H.; Kellogg, W.W. Ramanathan, V.; "Science" 210. 6. 1980
- (7) Idso, S.B.; "Contribution presented at a Labolla Institute workshop on "Responsible Interpretation of Atmospheric Models and Related Data" 9-11 March 1981. 17 orr.
- (8) Idso, S.B.; "New Scientist" 12 November 1981. 446 orr.
- (* Aintzineko klimatetik bada zer ikasia. Izotz-gunetan harrapatua gelditu zen aireaz egin berri diren ikasketek, duela 18000 mila urte CO₂-aren kantitatea oraingoaren erdia zela erakusten dute (Nature, 284, 155, orr.) Eta beste lan batek, jasotako eguzkitiko irradiazioa ez zela gaurrengunaren oso desberdina adierazten du (Meteorological Monographs, 34, zenb, American Meteorological Society) GCM ereduak (zirkulazio eredu teorikoek) garai hartarako 2°C-ko tenperatur erorketa aurreratzen dute (Nature, 290, 9, orr) baina subtropikoko gyre-ko (Atlantikoan 20°N-tan dagoen korronte

Elhuyar, 8, 3, 1982

bat-) hiru gunetan lortutako datuen arabera gaur eta garai haren artean ez dago temperatur diferentziarik. (Geological Society of America Memoranda, 145. zenb, 43 orr.) Hauek, berriro ere, GMS ereduaren emaitzak ez daudela ados errealitatearekin adierazten du".