

# GEOINGENIARITZA

LUCÍA ÁLVAREZ BUSCA  
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

## PROIEKTU ERRALDOIAK PLANETA HOZTEKO

**Berotegi-gasen murrizketak nahikoa ez direla eta, beste plan batzuk garatzen ari dira ikertzaileak. Horieta plan batzuk georingeniaritzaren alorrean sartzen dira, hau da, planeta-mailako eragina izango luketen eskala handiko ingeniari-tza-proiektuak dira.**

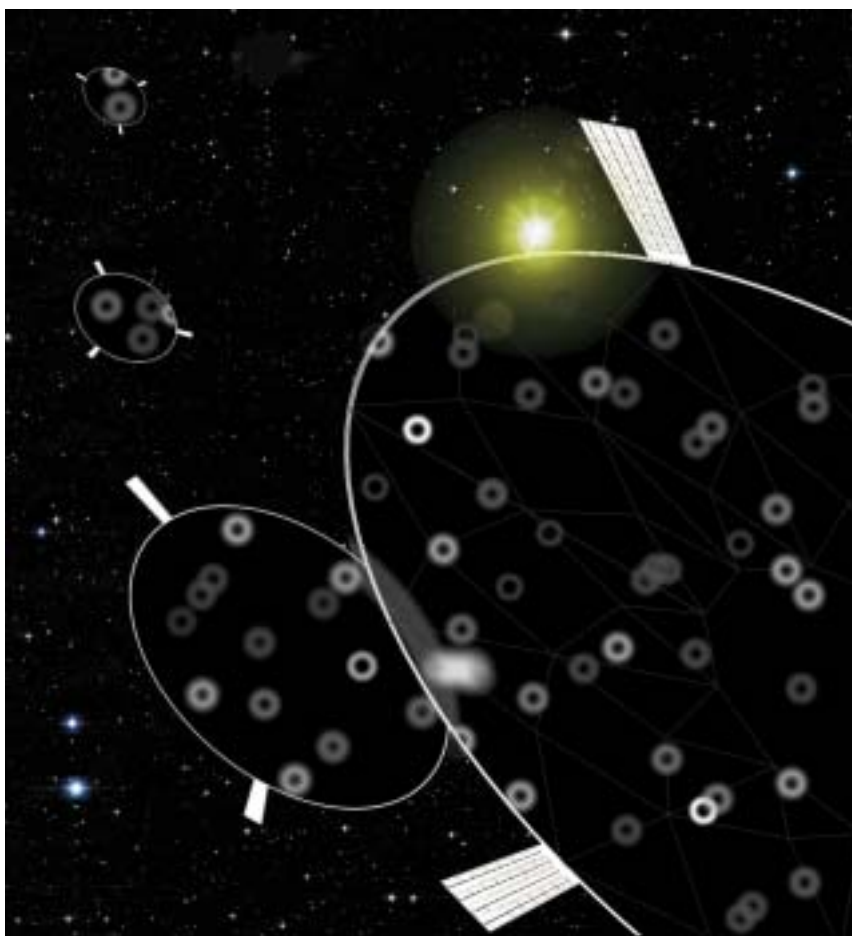
Georingeniaritzaren abiapuntua da luraren gainazaleko tenperatura jaisteko eragin handiko hainbat proiektu gauzatzea. Alor horretan, ozeanoa burdinez ongarrizetik espazioan eguzki-izpiak blokeatuko dituzten panelak jartzearainoko proiektuak proposatzen dituzte ikertzaileek.

Lurraren gainazaleko tenperatura sartzen den eguzki-erradiazioaren eta Lurra kanporatzen duenaren arteko orekaren araberakoa da, eta, gizakiaren jardueraren ondorioz, desoreka dago bi erradiazio horien artean.

Desoreka hori zuzentzen saiatzeko, bi eratako soluzioak proposatzen dituzte georingeniaritzaren alorretik: Lurra xurgatzen duen eguzki-erradiazioa gutxitzea eta Lurra emititzen duen erradiazioa handitzea. Planetak jasotzen duen eguzki-erradiazioa gutxitzeko, eguzki-izpiak atmosferan sartzea galarazteko eta atmosferaren goi-geruzetatik ez pasatzeko aukerak proposatu dira, hala nola espazioan eguzki-izpiak islatuko dituzten panelak jartzea, edo estratosferan sulfato-aerosolak isurtzea, eguzki-izpiak beherago iristea galarazteko —horixe gertatzen da era naturalean sumendien erupzioen ondorioz—.

Bestalde, atmosferan beherago egitea lortzen duen erradiazioa islatzeko gainazalen albedo handitzea da beste irtenbide bat. Albedo gainazal batek xurgatzen duen eta emititzen duen erradiazioaren arteko proportzioa da. Hainbat proiektuk basamortuen eta gizakien kokalekuen albedo handitzea proposatzen dute, edo itsasoko ura erabiliz lainoak sortzen dituzten egiturak eraikitzea, eta, hala, lainoek eguzki-izpiak islatuko lituzkete.

Lurra kanporatzen duen erradiazioa handitzeko aukeren artean, oinarritzko ideia atmosfera-



ROGER ANGEL/ARIZONAKO UNIBERTSITATEA

ko gehiegizko CO<sub>2</sub>-a desagerraraztea eta berriro ez agertzea litzateke. Horretarako, planetak bezekoak dituen karbono-biltegiak areagotzea edo biltegi artifizialak egitea proposatzen da, bai lurrian, eta bai itsasoan.

## KARBONOAREN BILTEGIRATZEA

Lurrian, CO<sub>2</sub>-a biltegitzea zuhaitzen eta baso-lurzoruen bidez egitea proposatzen dute iker-tzaileek. Biltegitze hori era naturalean egiten dute, bai zuhaitzek, bai lurrak. Horregatik, zuhaitzak landatzeak atmosferako CO<sub>2</sub>-a xurgatzen eta biltzen lagundu dezake. Gaur egun, zuhaitzak landatzea arintze-neurri gisa erabiltzea aztertzen ari da IPCC. Georingeniaritzak, berriz, natura imitatuz, prozesu hori bera egiten duten egitura artifizialak proposatzen ditu, hala nola airea xurgatu eta CO<sub>2</sub>-a lurpean biltegitzen duten zuhaitz artifizialak.

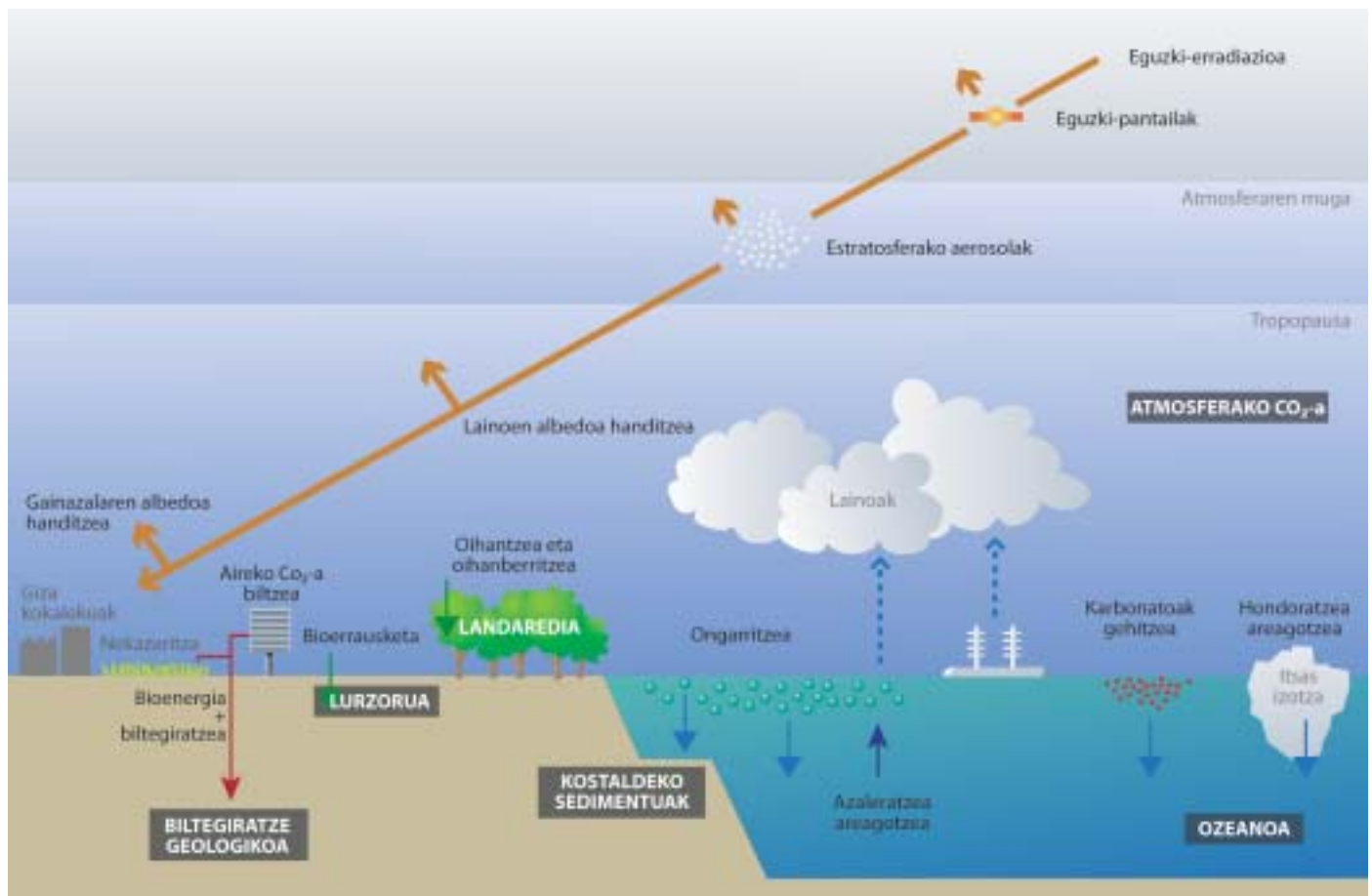
Bide beretik, pirolisi bidezko bioerresketak —errekuntzaren zati handi bat oxigenorik gabe egiten da— karbonoaren % 50 bitzita luzeko biomasa bihurtzen du, lurzoruari gehitu dakiokeen ikatza, adibidez. Eta sortzen den gainerako karbonoa bildu eta biltegitatu egin daiteke. Horrekin batera, bioenergiak sortzen dituzten

eta karbonoa isurtzen duten jardueri lotuta, karbonoa zuzenean biltegitatzeko sistemak diseinatu dira, BECS deritzenak —Bio-energy with carbon storage—. Hala, karbonoa eta beste berotze-gas batzuk lur azpian biltegitatzeko teknikak ikertzen ari dira zientzialariak.

*Bioenergiak sortzen dituzten eta karbonoa isurtzen duten jardueri lotuta, karbonoa zuzenean biltegitatzeko sistemak diseinatu dira, BECS deritzenak.*

CO<sub>2</sub>-a itsasoan biltegitzea da beste aukera bat, era naturalean nahiz artifizialki areagotuz. Era naturalean, bai urak eta bai kostaldeko sedimentuek karbonoa biltegitatzen dute. Baina bada dira dinamika naturalak aprobetxatzen dituzten georingeniaritza-proiektuak ere. Horietako bat da ozeanoak burdinez ongarritzea proposatu

Klimarekin lotutako georingeniaritza proiektuak biltzen dituen eskema. Gezi laranjek Lurra xurgatzen duen eguzki-erradiazioa gutxitzeko aukerak adierazten dituzte; behearanzko gezi berdeek (lurrazalean) eta urdinek (itsasoan) karbonoaren fluxu naturalak handitzeko aukerak; gezi gorriak karbonoaren fluxu artifizialak sortzeko proiektuak; gezi moreak uraren fluxu artifizialak sortzeko bideak; puntu-geziek lainoen nukleazioa areagotzeko iturriak; eta lauki grisek karbono-biltegitatzeko. IRUDIA: ROBERTO GUTIERREZ.





Luis Alfonso Gámez

Kazetaria, El Correo

### Krisiarekin bukatu ziren beldurrak

Gure lider politikoek, orain urte eta erdi, edozer egiten zuten Al Goreekin, apokalipsi klimatikoaren profetarekin, argazkia ateratzeko: gure ehunka mila euro gastatzen zituzten harekin argazkiak ateratzen, edo eskoletan erakusteko haren dokumental sarituaren kopiak erosten. Jatorri antropogenoko klima-aldaketa zen komunikabideetan ia ezbehar guztien erruduna, hasi sakonera handietako arrain arraro baten desagerpenetik, eta azken uholde handiraino. Eta, orduan, krisia iritsi zen...

Klima-aldaketaren aurkako bandera amu elektoral gisa dantzatu zuten buruzagi haiek berak eginahalak egiten hasi ziren, orduan, gu konbentzitzeko arazo ekonomikoak ez zirela hainbesteko izango. Eta orain, esaterako, automobilgintzaren industriari laguntzen ari dira, berriz ere abiadura handian ibil dadin. Egia da lanpostu asko daudela sektore horren mende, baina ez al litzateke logikoa, laguntza publikoen truke, esfortzu ekologiko benetakoa bat exijitzea?

Bestalde, negu luze eta normal honek komunikabideok klima-aldaketaz ia ez hitz egitea eragin du. Hori gertatzen da eguraldia klimarekin nahasten denean. Beraz, ingurumenaren aurkako mehatxua moda mediatico baten gisa gelditu da jende askorentzat. Aitzitik, froga guztiak adierazten dute klimaren berotze baterantz goazela; eta zientzialariek gogorarazi beharko lukete hori orain, inoiz baino gehiago, eta azpimarratu, gainera, mehatxu hori ez balego ere beti izango dela hobeia mundu poluitu batean bizitzea baino mundu garbi batean bizitzea.

duen proiektua. Horrek fitoplankton-kopurua handituko luke, eta fitoplanktonak CO<sub>2</sub>-a xurgatuko luke. Fitoplanktona, hiltzean, hondoratu egiten da, eta CO<sub>2</sub>-gordailu bilakatzen da. Proiektu hori aurten jarri zen martxan, baina, tamalez, ez zen ongi atera. Fitoplankton-kopurua horrenbeste handitzean, zooplankton-kopuru handia hurbildu zen ongarritutako guneetara, eta fitoplankton gehiena jan zuen. Hala, fitoplanktonak bildutako CO<sub>2</sub>-a itsas hondoon metatu beharrean, zooplanktonaren arnasketaren bitartez berriro itzuli zen atmosferara. Hala ere, fitoplanktona desagertzearen beste arrazoietako bat urarena azidotasuna izan daitekeela uste dute ikertzaileek, eta hori aztertzen ari dira orain. Baina, era batera edo bestera, ez dira esperotako emaitzak lortu CO<sub>2</sub>-aren xurgapenari dagokionean.

Hala ere, hori ez da ozeanoetako proiektu bakarra. Burdinaren ordez karbonatoak gehituta, ozeanoen alkalinitatea handituko litzateke, eta, hortaz, CO<sub>2</sub> gehiago xurgatzeko gai izango lirateke.

Bestalde, karbonoak urtean zehar dituen fluxuak ere erabil daitezke, fluxu naturalak aprobetxatuz edo mekanikoki fluxuak areagotuz. Gainazaleko ura hondoratuko balitz —gainazaleko ura hozteko izotza gehituz itsasoa, adibidez—, karbonoa ere hondoratuko litzateke, eta, hala, karbonoa biltegitratuko duten sedimentuetara iristeko prozesua bizkortuko litzateke. Gainera, gainazaleko urak karbono gehiago eta azkarrago xurgatzeko ahalmena lortuko luke. Bestalde, itsas hondoon dagoen ura gainazalera bultzatuko balitz, gauza bera lortuko litzateke.





**E**stratosferan aerosolak isurtzea eta espazioan eguzki-panelak jartzea dira 2050ean industrializazioaren aurreko egoerara itzultzeko ahalmena duten irtenbide bakarrak.

## PROPOSAMENEN ERAGINKORTASUNA

Tim Lentonek (Ingurumen Zientzien Eskola, East Angliako Unibertsitatea, Erresuma Batua) eta Naomi Vaughanek (Klima Aldaketaren Ikerketarako Tyndall Zentroa, Erresuma Batua), geoingeniaritzaren alorrean egindako proposamenen azterketa eta konparaketa egin ondoren, proiektuek lortuko luketen eragina aztertu dute. Mota horretako proiektuak ebaluatzeko erabiltzen den oinarritzko irizpidea da klima hozteko duten gaitasuna.

Azterketan ondorioztatu dute estratosferan aerosolak isurtzea eta espazioan eguzki-panelak jartzea direla 2050ean industrializazioaren aurreko egoerara itzultzeko ahalmena duten bakarrak. Bestalde, arintze-neurri gogorrek, eskala globaleko aire-xurgatzearekin eta biltegitzearekin konbinatuta, CO<sub>2</sub>-maila industrializazioa baino lehenagoko egoerara jaitsiko luke 2100. urterako.

Beste aukera bat litzateke arintze-neurri gogorren bitartez CO<sub>2</sub>-a egonkor mantentzea, eta geoingeniaritzak albedoa handitzea. Hori ez litzateke irtenbide osoa izango, baina eguzki-erradiazioaren maila jaiste lortuko litzateke.

Lentonen eta Vaughanen iritziz, ozeanoko ura hondoratzeak eta azaleratzeak oso eragin txikia izango luke denbora-epe adierazgarri batean. Ozeanoak ongarritzeak epe luzera balio zuela uste zuten, baina esperientziak erakutsi du arazoak sortzen direla. ●

## Zilegi da?

Hain eskala handiko proiektuek ondorio handiak izaten dituzte, noski. Eta hori da geoingeniaritzak bilatzen duena klima-aldaketaren kontra egiteko. Baina auzi asko plazaratzen dira gai horren inguruan.

Ingeniaritzaren, Etikaren eta Gizartearen Zentroaren (CEES-Center for Engineering, Ethics and Society) helburua da ingeniariari eta ingeniarietza-lanetan ari direnei haien lanarekin lotuta dauden arazo etiko eta gizarte-arazoak konpontzen eta ulertzen laguntzea. Zentroaren zuzendari Rachelle Hollanderren eta aholkularitza-taldeko Clark Millerren ustean, “geoingeniaritzak zalantza etiko asko planteatzen ditu. Izan ere, mundu mailako eragina izango duten giza jarduerak beti ekartzen dituzte ardurarekin, zilegitasunarekin eta kontuak ematearekin lotutako auziak”.

Zenbait jarduerak justiziaren auzia dakarte, horrelakorik onartu ez duen populazioarentzat arriskua duten neurrian eta kalteen aurka egiteko baliabiderik ez dagoen neurrian —kalterik egonez gero—. Eta, Hollanderren eta Millerren iritziz, “hemen agertzen da auzi garrantzitsu bat: kaltea. Kaltea eta horren ordaina, eta ondorengo belau-naldiei eragingo zaien kaltea”. Horien ustez, “ez da erraza ingurumenean eta planetan eragin daitzekeen kalteei buruzko galderei erantzutea. Izan ere, oso zaila da jakiten eskala horretako ekintzek zer nolako eragina izango duten planetaren funtzionamendu naturalean”. Adibidez, eguzki-izpien sarrera blokeatzen bada, planeta gutxiago bertutuko da, baina landareek jasoko al dute bizitzeko behar duten adina izpi? Eta planeta dagoen baino okerrago uzten badugu? Eta planeta salbatu nahian hondatzen bazaigu, zer?

unesco etxea  
centro unesco euskal herria  
centre unesco pays basque  
unesco centre basque country

unesco etxea

- Bake kultura eta Giza Eskubideak
- Ingurumena eta iraunkortasuna
- Hizkuntza eta kultura
- Nazio Batuen UN-Infogunea eta Dokumentazio Zentroa
- Euskadiren harremana UNESCO eta Nazio Batuekin

Informa zaituz eta parte har ezazu:

Urkixo Zumardia 60, Bilbo

tel. 94 427 64 32

[www.unescoeh.org](http://www.unescoeh.org)