

Iraganeko klima izoztuta

Eneko Imaz Amiano

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa



FORAGE-LUCIA / UGGE

Glaziarretako izotza sortzean, gasak, molekulak edo hauts-partikulak geratzen dira harrapatuta. Gaur egun, izotzetan harrapatutako gasak aztertuta, izotza sortu zen garaiko hainbat informazio eskuratu eta ingurumen-kondizioak zein ziren jakin daiteke.

GEOLOGOEK LUR-MUINAK ATERATZEN DITUZTE hankapeko luraren ezaugarrien berri jakiteko: lur edo harkaitzen ezaugarriak, geruzak, sakonera eta abar. Azpiegitura-lanak egiteko, hobiak aurkitzeko edo paleontologia-ikerketetarako erabiltzen dira, adibidez, muin horiek. Baina izotzean ere eskura daitezke muinak, eta iraganeko klimaren edo ingurugiro-kondizioen berri izateko erabiltzen dira, paleoklimatologian, alegia.

Zenbat eta sakonago zulatu, orduan eta zaharragoa da izotza, eta orduan

eta atzerago egin daiteke historian. Groenlandian 3.053 metro sakoneko zundaketak egin dituzte izotz-muinak ateratzeko. Eta izotzaren azpiko harkaitzean 1,55 metro ere zulatu dute.

Antartikan ere 3.500 metro baino gehiago zulatu dute Concordia estazioan, eta, hala, duela 900.000 urteko laginak eskuratu dituzte. Vostok lakua- ren gainean antzeko sakonerarainoko muinak eskuratu dituzte. Hango izotza, ordea, ez da hain zaharra, eta duela 400.000 urteko laginak eskuratu dituzte.

Muinak etenik gabeak izatea komeni da, informazio zehatza eskuratu nahi bada.



DEP. GEOPHYSICS, NIELS BOHR INST., UNIV. COPENHAGEN



Izotz-muinen interpretazioa

Ikertzaileek aztertzen duten gauzetako bat muinen geruzen lodiera da, hala, urte-garai bakoitzeko prezipitazioen zenbatekoa jakin baitezakete. Hori oinarritzko informazioa da, nolabait esateko, garai bakoitzeko eguraldiaren informazioa.

Baina atmosferaren informazioa ere eskura daiteke. Elurra egitean harrapatu eta, ondoren, izotzetan preso geratutako aire-burbuilek garai hartako atmosferaren konposizioaren berri ematen dute (CO₂, CH₄...). Eta, gainera, elurretako oxigenoaren konposizio isotopikoa aztertuta, urtaroen aldaketak interpreta daitezke; hala, geruza bakoitza zer tenperaturatan sortu zen jakin daiteke.

Horrez gain, harrapatutako partikulak zein diren eta zer tamaina duten errepertuta, atmosferako zirkulazioen berri ondorioztatu daiteke. Eta izotzaren bestelako parametro fisiko-kimikoak aztertuta, hala nola, konduktibitate elektrikoa, informazio gehiago ere eskuratzen da.

“izotz-muinak iraganeko klimaren edo ingurumen-kondizioen berri izateko erabiltzen dira”

Bakterio termofiloak Vostok lakuan

Vostok lakua ia 4.000 metroko sakoneran dago izozpean; 14.000 km² ditu. Zundaketak 1999an geratu zituzten 3.623 m zulatu ondoren; lakura iritsi baino 130 m lehenago geratu zituzten, batere poluitu gabe zundatzeko teknologia lortu artean. Izan ere, ez dute lakuko ura kutsatu nahi. Errusiarrek, ordea, joan den azaroaz geroztik sakontzen jarraitzea erabaki dute eta 2007an uretara iristekoak dira, ura ez poluitzeko teknika garatu dutela eta.

Dirudenez, ura ia erabat esterilizatuta dago presio handian dagoen oxigenoaren eraginez. Hala ere, zundaketen azken metroetako izotzean DNA-zatiak aurkitu dituzte, eta, itxuraz, bakterio termofiloen moduko DNA-zatiak dira. Halako bakterioak, ordea, oso ingurune beroetan bizitzeko daude moldatuta, itsaspeko tximinia bolkanikoetan, adibidez, eta ez ingurune hotzetan.

Antartikako izozpean, gutxienez 145 laku aurkitu dituzte.

Azkenean, informazio partzial horiek guztiak elkartuta, garai bateko klimaren berri izaten dute ikertzaileek.

Baina, zuzenean klimarekin lotutakoek gain, bestelako informaziorik ere eskura daiteke izotz-muinetatik. Adibidez, sumendien erupzio nagusien arrastoa aurkitzen da. Baita duela 2.000 urte erromatarren jardura industrialak sortutako berunaren arrastoak, 1950eko hamarkadan eginiko proba nuklearren aztarnak edo azken 200 urteotako berotegi-gasen emendioa ere. ➔

Oxigeno-isotopoak eta klima

Oxigenoa da iraganeko klima aztertzeko elementu garrantzitsuenetako bat. Oxigenoaren bi isotopo, zehatzago esateko.

Oxigeno-atomo guztiek 8 protoi dituzte, baina neutroiak 8, 9 edo 10 izan daitezke; horren arabera, oxigeno-aldaera edo -isotopo desberdinak sortzen dira. Naturan 8 protoi eta 8 neutroi dituen oxigeno ‘arina’ (¹⁶O edo oxigeno-16) da isotopo ohikoena. Jarraian, 8 protoi eta 10 neutroi dituen oxigeno ‘astuna’ ageri da (¹⁸O edo oxigeno-18).

Bi isotopoen arteko atmosferako proportzioa klimaren arabera aldatzen da. Ondorioz, prezipitatu ondoren

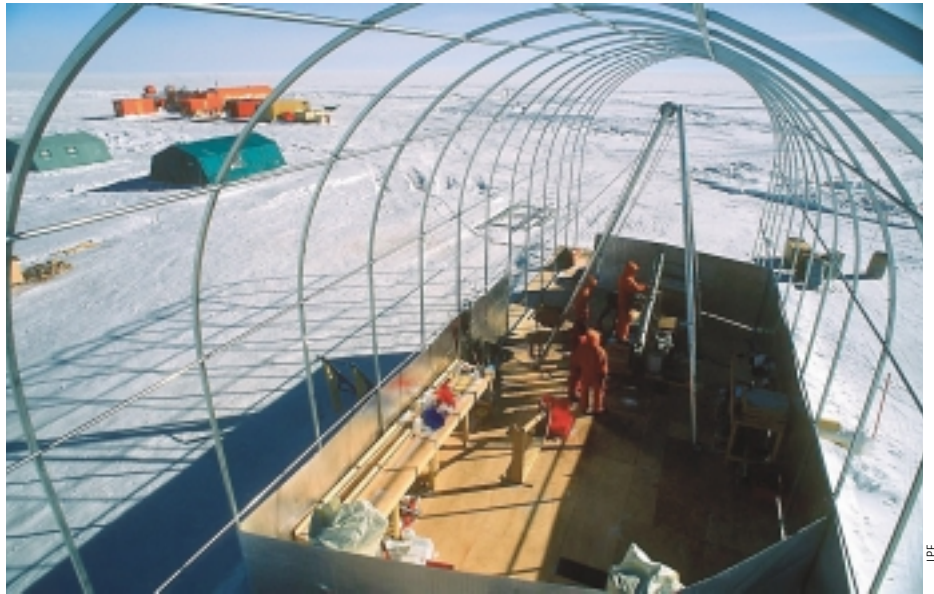
itsasoko uretan, sedimentuetan, fosiletan edo izotz-muinetan ageri den proportzioa ere desberdina da. Aldakortasun hori aztertuta eta finkatuta dago, eta horretaz baliatzen dira ikertzaileak iraganeko klima ondorioztatzeko.



DEP. GEOPHYSICS, NIELS BOHR INST., UNIV. COPENHAGEN

Oro har, oxigeno astuna (¹⁸O) errazago kondentsatzen eta prezipitatzen da. Klimaren zirkulazio orokorra behe-latitudeetatik goranzkoa denez, behe-latitudeetako urak, proportzioan, ¹⁸O isotopo gehiago du poloe-takoekin alderatuta. Glaziarretako izotzetan bien proportzioa aztertuta, klima hotzagoa edo beroagoa zen jakin daiteke.

Izotz-muinak atera eta tokian bertan egiten da lehen azterketa. Ondoren, laborategi espezializatuera bidaltzen dira. Irudian, Groenlandiako NordGRIP estazioan muinen behin-behineko azterketarako gunea ageri da, erdi eraikia.



IPF

Nazioarteko ikerketak

Asko dira Ipar- zein Hego-poloetan egiten diren ikerketa. Hala ere, ikerketa-programa gehienek klimarekin dute lotura, nolabait ere. Eta oso ohikoa da ikerketak hainbat talderen edo estaturen artean burutzea, batez ere Hego-poloan, gastuak murrizte aldera. Adibidez, 1995az geroztik Antartikan, Izotza Zundatzeko Proiektu Europarra dago abian, Europako Batzordeak eta Europako Zientzia Fundazioak sustatzen dutena eta Europako hamar bat herrialderen partaidetza duena.

Proiektua hasi zenetik, bi tokitan egin dituzte zundaketak: Concordia estazioan –Dome ere esaten zaiona– eta

“oso ohikoa da ikerketak hainbat talderen edo estaturen artean egitea gastuak murrizte aldera”

Kohnen estazioan. Zortzi urteren buruan, 3.500 metro baino sakonagoko muinak eskuratu zituzten, eta azken 900.000 urte inguruko erregistroak eskuratu dituzte. *Nature* aldizkarian argitaratu zituzten emaitzak

2004an, eta hiru emaitza nabarmen-tzen dituzte egileek artikuluan.

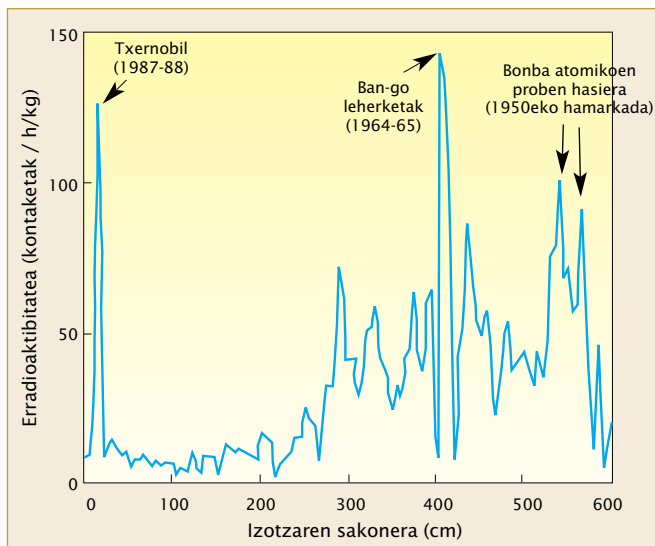
Hala, azken 740.000 urteetan, Lurrak 8 klima-ziklo izan dituela ikusi dute, glaziazioak eta glaziazioarteko garaiak txandakatuz, eta duela 420.000 urte bat-bateko aldaketa gertatu zela ziklo haietan. Hala, azken 420.000 urteetako garai epelenetan oraingoaren antzeko tenperatura izan zen; lehenagoko garai epelak, ordea, pixka bat hotzagoak izan ziren.

Gainera, jakin dute duela 420.000 urteko aldaketa-garaian izan zela glaziazioarte luzeena: 28.000 urte inguru iraun zuen. Egun dugun glaziazioartearen parekotzat jotzen dute, kondizio astronomikoak eta Lurraren orbita eta ardatza egungoaren bera baitziren. Ondorioz, hurrengo glaziazioa ez litzateke iritsiko milaka batzuk urte pasatu arte.

Eta izotzetan harrapatutako aire-burbuilak aztertuta nabarmendu duten hirugarren emaitzaren arabera, gaur egungoa da azken 440.000 urteotan izan dugun berotegi-gasen kontzentrazio handiena.

Hain zuzen ere, berotegi-efektuarekin lotutako ikerketak ere ugari dira poloetan, klimaren ezaugarriak aztertzen dituzten ikerketez gain.

Poloetako izotzean hainbat gertaera historikoren berri gordetzen da: gertaera nuklearrak, esaterako.



Poloetan bestelako ikerketak ere egiten dira. Irudian, esaterako, mikrometeoritoak aztertzen ari da.



DFP. GEOPHYSICS. NIELS BOHR INST., UNIV. COPENHAGEN

Berotegi-efektua eta klima

Izotz-muinak aztertuta jakin dute azken 420.000 urteetan atmosferako CO₂ eta CH₄ kontzentrazioa etengabe aldatu dela. Glaziazioetan, bi gasen kontzentrazioak behera egin izan du tenperaturarekin batera, eta glaziazioarteetan gora. Baina, zerk eragiten du zer? Temperatura-aldaketek gas-kontzentrazioa aldarazten dute, edo alderantziz?

Dirudienez, izotz-muinetan irakurritako klima-aldaketak gertaera astronomikoek abiarazi zituzten, hala nola, Eguzkiarekiko distantziaren edo Lurraren ardatzaren inklinazioaren aldaketak. Baina, abiarazi ondoren, atmosferako gasak gehitzeak edo gutxitzeak sortutako ondorioek gasak gehitzea edo gutxitzea areagotu izan dute.

Adibidez, metanoa lurralde periglaziar zingiratsuetako bakterioek egindako hartziduran sortzen da. Gertaera astronomikoek permafrosta urtzean, bakterioek metano-kantitate handia sortzen dute, eta metano gehitze horrek berotegi-efektua areagotzen du.

“azken 420.000 urteetan, atmosferako CO₂ eta CH₄ kontzentrazioa etengabe aldatu da”

Izotz-muinen datazioa

- Eratzunen kontaketa bidezkoa: izotzaren hainbat ezaugarri aldatu egiten dira tenperaturaren eta eguzki-erradiazioaren arabera. Aldaketa horiek urterokoak izaten direnez (batez ere hainbat isotoporen proportzioa), kontaktu eta urte-kopurua jakin daiteke. Denbora asko behar da horretarako, eta, gainera, zehaztasuna galtzen da denbora pasatu ahala.
- Adin jakineko markak edo markatzaileak erabil daitezke. Esaterako, aurrez datatutako izotz-muinak, ozeanoetako muinak, erupzio bolkanikoak, pHa, eta konparazio paleoklimatikoak.
- Gas-inklusioen datazio erradiaktiboa, ¹⁴C-ren eta ³⁶Cl-ren bidez.
- Izotzak sakonera iristeko behar duen denbora kalkulatu. Zehaztasun gutxieneko metodoa da, prezipitazio-datuak eta behar direlako urtean zenbat izotz sortzen den jakiteko.

Ondorioz, temperatura gehiago igo eta permafrost gehiago urtzen da. Alderantziz, glaziazioa hastean, lehen hotez bakterioak sormintzen dituzte, eta metano-ekoizpena eta atmosferako metano-kontzentrazioa asko murrizten dira; era berean, berotegi-efektua gutxitu eta tenperaturen jaitsiera areagotzen da.

Gauza bertsua gertatuko zatekeen itsasoko CO₂-arekin eta fitoplanktonarekin.

Poloetan gehienbat klimarekin lotutako ikerketak egiten direla esan dugu, baina ez dira bakarrik. Glaziologia, zirkulazio termohalinoa, atmosferaren azterketa, biologia, ikerketa astrofisikoak, meteoritoak jaso eta aztertu, neutrinoen detekzioa, espazioko teknologien probak, estazioetan isolatuta lan egiten duten zientzialarien ikerketa psikobiologiko eta psikosozialogikoak..., horiek guztiak egiten dira poloetan. Beraz, ulertzekoa da zientzialariek poloak, eta bereziki Antartika, ikerketarako soilik erabili dadin nahi izatea, bestelako ustiakeetatik at.



Izotz-muinak biltegian, ikerketa-zentro espezializatu batean.

USGS