





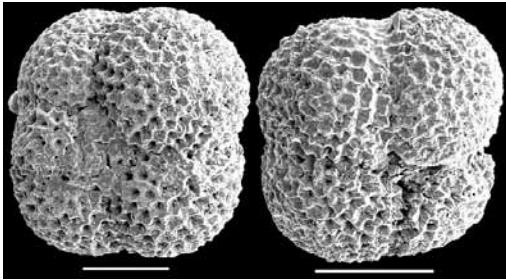
# Artikoan

## klimaren bilakaeraren uberan

Ana Galarraga Aiestaran · Elhuyar Zientzia  
Argazkiak: Naima El Bani Altuna

Gaur egun gertatzen ari den klima-aldaketa ulertzeko, ezinbestekoa da iragane-ko klimaren datuak izatea. Naima El Bani Altuna ikertzaileak gogorarazi duenez, baina, neurketa instrumentalak azken ehun urte ingurukoak dira, eta hori, eskala geologikoan, instant bat baino ez da. Hortaz, paleozeanografiaren tresnez eta metodoez baliatzen dira ikertzaileak, epe luzeko informazioa eskuratzeko. Horretan ibili da El Bani, Artikoan.

Aurreko hilabeteetan, Iparraldeko itsaso zuri izoztuak izan ditu El Banik laborategi eta bizileku. Iraganeko klima aztertzekeo laginak biltzea izan da haren eginkizun nagusia; gero etorriko dira laginen analisi eta ondorioak ateratzea. Informazio baliotsua ateratzea espero du, izan ere, espedizioan hartutako jalkin-zutabeetako batek duela 80.000-100.000 urteko laginak izan ditzake. El Banik garbi dio: "Hori opari bat da. Askotan, Barents itsasoko jalkinak izaten dira 20.000 urtekoak. Gureak hain aspaldikoak zirela jakin nuenean, haluzinatuta egiten nuen".



*Neogloboquadrina pachyderma*. Foraminifero planktonikoa da. Gaur egun, Poloetako itsasoetan baino ez da bizi, baina, garai hotzetan, Bizkaiko golkoraino migratzen zuen. ARG.: Bruce Hayward/CC BY-NC-SA.

Artikoan lan egitea zaila bada ere, hura da lekurik egokiena horrelako ikerketatarako. El Banik azaldu du zergatia: "Batetik, Artikoan feedback-mekanismo asko gertatzen dira, eta horiek eragin zuzena dute klima-aldaketan. Adibidez, itsas izotzak ozeanoa berotzea eragozten du, eguzki-izpiak islatzen baititu. Orduan, izotza urtzen bada, eguzki-izpiak uretara iristen dira, eta berotu egiten da. Hori da bat, eta, eskala horretan, Artikoan eta Antartikan bakarrik gertatzen da. Horrez gain, mekanismo

batzuen eta besteen eraginak elkartu egiten direnez, ondorioak areagotu egiten dira. Hala, planeta batez beste 1 °C berotzen bada, Artikoan berotzea 2 °C-koa izan daiteke. Anplifikazio-prozesu horiek oso leku sentikorra egiten dute Artikoa".

*“Ingurunea nolakoan den, isotopo astun edo arin gehiago hartzen dituzte foraminiferoek”*

Bestetik, itsas korranteek ere zeresan handia dutela nabarmendu du El Banik. Svalbard inguruan ibili da ikertzen (Norvegia), eta han gertatzen da Atlantikoko ur gazi eta beroen eta Artikoko ur hotzen eta gezen arteko trukea. "Ezagutzen dugu nolakoak diren gaur egun itsas korrante hauek, baina beti ez dira horrelakoak izan. Iraganean, beste klima bat zegoenean, bestelakoak ziren korranteak. Orain, oso garrantzitsuak dira, ozeanoaren zirkulazio termohalinoa sostengatzen baitute".

Hain zuzen, Atlantikoko ur gazi eta beroak nahasten direnean Artikoko ur geza eta hotzekin, dentsitate oso handiko urak sortzen dira, eta hondoratu egiten dira. El Banik sokatira baten modura irudikatzen du azaleko eta hondoko uren arteko elkarreragina: "Gainazalean duzu korrantea, eta, hondoan, beste ur-masa bat. zenbat eta ur gehiago eduki behean, indar handiagoz tiratzen dio beherantz goiko korronteari, eta gero eta bero gehiago garraiatzen da Artikora". Bero-garraioa geratuko balitz, klima erroto aldatuko litzatekeela ohartarazi du El Banik.

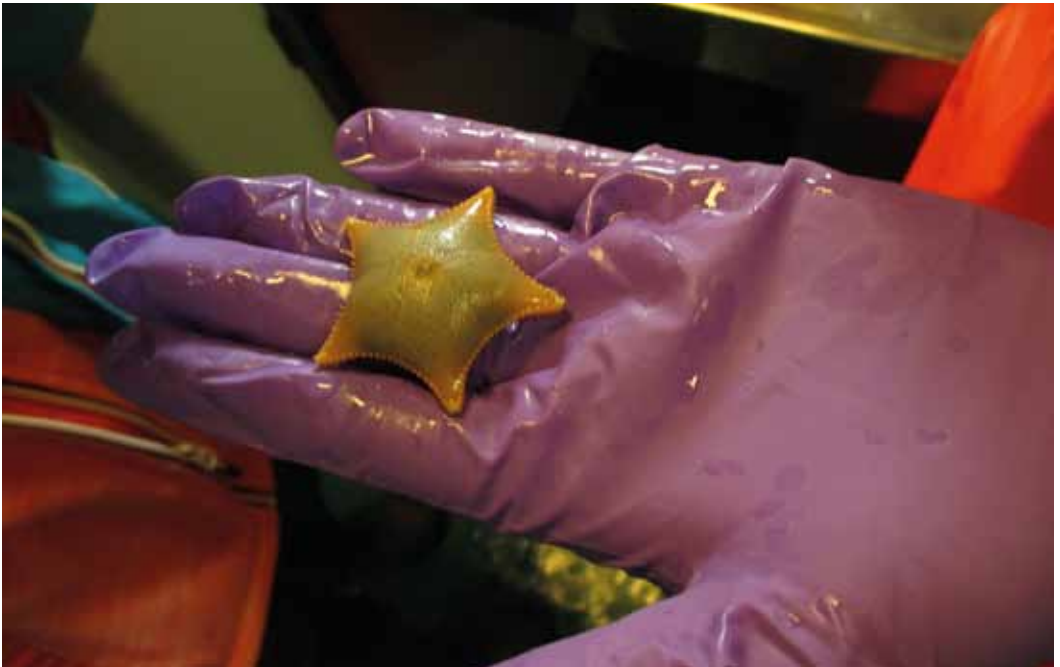


### Foraminiferoak informazio-iturri

Hala, itsas korronteen eta klimaren arteko erlazioak ikertzen dituzte, elkarrekintza hori baita klima-aldaketa ulertzeko gakoa. Horretarako, jalkinak biltzen dituzte, zundaketen bitartez. Jalkin horietan dauden foraminiferoak ikertzen ditu, zehazki, El Banik: "Foraminiferoak itsasoan bizi diren protisto batzuk dira, eta batzuek oskolak izaten dituzte. Oskol horiek jalkinetan azaltzen dira, eta espezieak identifikatzeko aukera ematen digute. Espezie horiek gaur egun bizirik daudenez, jakin dezakegu zein diren iraganeko kondizioak, espezie bakoitza kondizio jakin batzuetara egokituta baitago".

Horrez gain, oskolen konposizio kimikoa ere ikertzen du. Izan ere, foraminiferoek, oskola sortzean, ingurunean dituzten elementuak hartzen dituzte. Hortik, informazio baliotsua ateratzen dute iker-tzaileek: "Ingurunea nolakoan den, isotopo astun edo arin gehiago hartzen dituzte foraminiferoek. Eta astunen eta arinen arteko proportzioak erlazioa du uraren parametro fisikoekin: gazitasuna, temperatura..."

Isotopoak ez ezik, elementu jakinak ere analizatzen dituzte. Ikusi dute, adibidez, magnesioak erlazio ia lineala duela tenperaturarekin: temperatura igo



Itsas hondoko jalkinak bizidun makroskopiko zein mikroskopikoen bizileku dira. Argazkian, itsas izar bat.

*“Ikertzaileek zuhur jokatzten dute,  
bai baitakite geologian erroreak  
handiak izaten direla”*

ahala, magnesio gehiago du oskolak. Hortaz, magnesio/kaltzio ratioa zenbat eta handiagoa izan, tenperatura altuagoa.

Edonola ere, ondorioak ateratzean, ikertzaileek zuhur jokatzten dute, bai baitakite geologian erroreak handiak izaten direla. Hain zuzen, El Banik ohartarazi du metodo guztiak aktualismoan oinarritzen direla, hau da, gaur egungo fenomenoak azaltzen dituzten mekanismoak iraganean ere berdin gertatuko zirela onartzen da, baina badaukite horrek errorea duela. Horregatik, metodo des-

berdinak elkarren artean alderatzea izango da El Baniren ikerketaren zati bat, denak integratzeko eta kalibrazio-lanak egiteko.

**Bat-bateko aldaketak**

Bestalde, El Banik gogorarazi du iraganean Artikoan izan direla epe luzeko klima-aldaketak, glaziazioak eta interglaziazioak, milaka eta milaka urte iraun dutenak, baina, horiez gain, izan dira beste batzuk oso azkarrak, ondo ulertzen ez direnak. Heinrich gertaerak eta Dansgaard-Oeschger gertaerak deitzen zaie.



Kuittøya (Irla Zuria, norbegieraz) 705 km<sup>2</sup>-ko izotz-geruza batez dago estalita ia guztiz. Gizakiak bizi diren leku hurbilenena ehunka kilometrora badago ere, ez da arraroa zaborra topatzea.



Itsas hondoko jalkinak. Horiek aztertuta jakin daiteke zer aldaketa ozeanografiko gertatu diren iraganean.

“Heinrich gertaerak bat-bateko hozteak dira. Ez dakigu zergatik gertatzen diren, baina, agian, zirkulazio termohalinoa gelditu egiten da. Urte gutxi irauten dute, eta hoztea orokorra da. Dansgaard-Oeschger gertaerak, berriz, bat-bateko beroaldiak dira. Badi-rudi maiztasun jakin batekin gertatzen direla, baina ez dago garbi; horiek ere ez ditugu ondo ulertzen”, onartu du El Banik.

Hain justu, gertakari horien ebidentziak topatzen eta aztertzen saiatuko da El Bani datozen hilabeteetan. Izan ere, oso interesgarriak iruditzen zaizkio; gaur egungo klima-aldaketarekin lotura izan dezaketela uste baitu: “Batez ere, oso azkar gertatu zirelako, hau da, ehunka-milaka urtetako tartean. Eta oso nabarmenak izan ziren. Adibidez, artikulu batzuek diote Dansgaard-Oeschger hauetan uraren gainazalean tenperatura 4-8 °C igo zela”.

Foraminiferoak bat-bateko tenperatura-aldaketa horien lekuko aproposak direla baieztatu du El Banik: “Ez dira oso kosmopolitak, oso kondizio zehatzetan bizi dira. Hortaz, espezieak identifikatuta jakin dezakegu zer tenperaturatan zegoen itsasoa, foraminifero hura bizi zen garaian”. Adibidez, *Neo-*

*globoquadrina pachyderma* espeziea adierazle gisa erabiltzen da Atlantiko erdialdean, Heinrich gertaerak markatzen dituelako”.

### “Foraminiferoak bat-bateko tenperatura-aldaketa horien lekuko aproposak dira”

Dioenez, hozte horietan, Artikora ohi baino ur gehiago sartzen zen Atlantikotik, eta latitude ertaineko espezieak aurkitu izan dira Artikoa, baita Mediterraneokoren bat ere. “Ikertzaile batzuek ez dute hori sinesten, ezinezkoa iruditzen zaie, baina han agertu dira”. Hori frogatzen duen ikerketa 1990eko hamarkadan argitaratu zen arren, batzuei onartzea kostatu egiten zaiela dio El Banik. Hark ez du zalantzarik: “Ez dira espezie nagusia, % 7 inguru izango dira eta pixka bat hegoalderago % 40ra hel daitezke. Baina normalean Mediterranean bizi dira, eta han daude; gutxi, baina badaude”.

Metodo estatistikoen bitartez, espezieen presentzia erlatiboak tenperaturekin lotzen dira. Gero,



analisi kimikoek emandako emaitzekin osatzen da informazioa, eta, hortik, ondorioak ateratzen dituzte.

### **Iragana ezagutu, oraina azaltzeko**

Tine L. Rasmussen eta Mohamed Ezat ikertzaileen zuzendaritzapean ari da ikertzen, eta Rasmussenek argitaratutako hipotesiari jarraitzen dio. Haren arabera, bat-bateko berotze horiek izaten ziren garaietan, itsas hondoko ur hotza sortzen zen, gaur egun bezala, eta itsas hondoa hotza egoten zen. Hortaz, zirkulazio termohalinoa egongo zen, egungoaren modukoa. Klima hozten zenean, ordea, izoztuta-

*“Hori da azken helburua: iraganeko klima ezagutzea, orain gertatzen dena hobeto ulertzeko”*

ko eremua asko handitzen zen. Horrek ekartzen zuen ur fresko gehiago sartzea sisteman. Horren ondorioz, uraren dentsitatea jaitsi egiten zen, eta, horrenbestez, ez zen hondoratzen. Beraz, ez zen sortzen itsas hondoko ur hotza. Hala, zirkulazio termohalinoa ahuldu egingo zen.



“Paradoxa bat dirudi”, dio El Banik. “Bat-bateko hozte-garai horietan, itsasoa beste garai batzuetan baino hotzagoa eta izoztuagoa egongo zen, baina hondoko urak, beroagoak. Eta bat-bateko beroal-dietan, alderantziz: itsas azala bero egongo zen, baina hondoan ur hotz gehiago sortuko zen”.

Gaur egun gertatzen denarekin alderatzen du: “Atlantikoko ur gaziak nahasten dira Artikoko ur geza

eta hotzekin, eta horrek sortzen ditu dentsitate handiko urak. Ur horiek hondoratu, eta zirkulazio termohalinoa elikatzen dute”.

Hori da, beraz, azken helburua: iraganeko klima ezagutzea, orain gertatzen dena hobeto ulertzeko. Eta, hori, paleozeanografiaren bidez. ●



[Elkarrizketa Naima  
El Baniri webgunean](#)



[Ikusi erreportajea  
Teknopolisen](#)