



Glaziar bat galtzean Pirinioetako glaziarren bilakaeraren kronika zientifikoa

Ana Galarraga Aiestarán · Elhuyar Zientzia



Tailon mendiko glaziarra, zatituta
eta erabat mehetuta, 2022an.
ARG.: Eñaut Izagirre.

Eñaut Izagirre Estibaritz
Geografoa eta glaziologoa
Pirinioetako Ekologia Institutua
(IPE-CSIC)



Ixeia Vidaller Gayán
Geologoa eta glaziologoa
Pirinioetako Ekologia Institutua
(IPE-CSIC)



“Mezua ez da baikorra, hau baita errealitatea. Ez gara glaziarrek plastikozko izara zuriz estaltzen hasiko, Alpeetan egiten duten bezala. Begiratzen dugun edozein aldetik begiratuta ere, halako neurriek ez dute inolako zentzurik, ez bada eski-pistak ustiatzen jarraitzea beste pixka batean. Ez dago zereginik”.

“Galera itzulezina da. Ez da izotza soilik; glaziarra galtzean erregistro historikoa galtzen dugu. Elur-geruzak metatu ahala, arrasto organikoak harrapatuta geratzen dira izotzean: likenak, hostoak... Historia-liburu bat osatzen dute. Glaziarra urtzen denean, informazio hori guztia desagertu egiten da”.

Infiernoko glaziarra, urak degradatuta, 2022an. ARG.: Eñaut Izagirre.

Eñaut Izagirre Estibaritz eta Ixeia Vidaller Gayán glaziologoek hitzak dira, hurrenez hurren. Ez dute egoeraren gordina eta galeraren neurria ezkutatzeko. UNESCOk berak Glaziarren Kontserbazioaren nazioarteko urtea izendatu du 2025a; eta martxoaren 21a, berriz, glaziarren nazioarteko eguna izango da aurrerantz.

Bi izendapenek helburu berberak dituzte. UNESCOren arabera, helburu nagusia da jendea jabetzea glaziarrek, elurrak eta izotzak kliman eta ziklo hidrojologikoan betetzen duten funtsezko eginkizunaz, eta, horrekin batera, ohartzea Lurraren kriosferan gertatzen ari diren aldaketek ekonomian, gizartean eta ingurumenean dituzten ondorioez. Zientziaren



ikuspegitik, berriz, arloari dagozkion jardunbide eta ezagutza onenak partekatzea da xedea, eta glaziarren desizozte azeleratuarekin eta haren ondorioekin erlaziozko gaiak lantzea.

Hain zuzen ere, horretan dabilta bete-betean Izagarre eta Vidaller, arreta gertuen ditugun glaziarretan jarrita: Pirinioetako glaziarrak. Europan hegoaldean dagoen glaziar-multzorik handiena osatzen dute, eta Izotz Aro Txikian izan zuten beren maximoa. 1850etik, baina, azalera eta lodiera galtzen ari dira. Europako hegoaldean egonik, Pirinioetako glaziarrek oso sentiberak dira kondizio klimatikoaren aldaketekiko; hortaz, garrantzi handia dute klima-aldaketaren geoadierazle gisa. Alde horretatik, esanguratsua da galera azkartu edo azeleratu izana azkenaldian.

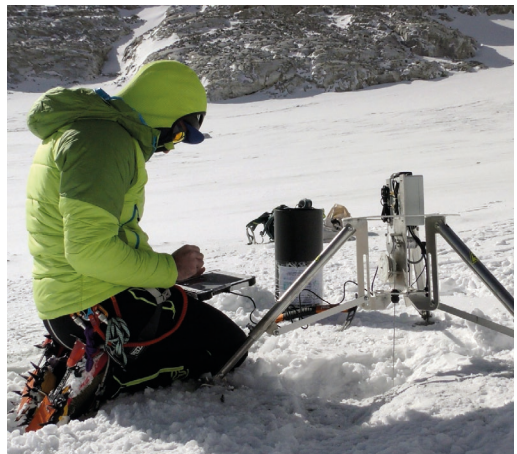
Galera azeleratua

2024aren amaieran argitaratu zuten bi ikertzaileek azelerazioa frogatzen duen ikerketa, beste kide batzuekin batera Nature taldeko [Regional Environmental Change aldizkarian](#). Zehazki, 2022an eta 2023an izandako masa-galeraren ondotik, glaziarrek zer egoeratan dauden deskribatu zuten artikuluan, eta berretsi zuten bi urte horiek inflexio-puntu bereziki gogorra adierazten dutela.

Izagarrek azaldu duenez, 2011n hasi ziren ikertzen sistematikoki Monte Perdidosen glaziarra, eta, gero, mendikate osora zabaldu dute azterketa. Horretan, funtsezkoa izan da teknologiaren laguntza: "Orain askoz ere datu xeheagoak eta bereizmen hobea lortzen ditugu, eta logistika ere askoz ere errazagoa da. Adibidez, lehen Monte Perdidosen joaten ginen lurreko laser-eskanerrarekin, eta lekuko datuak jasotzen genituen. Oso astuna zen, eta logistikoki



Dronearekin lanean Seil de la Baquen, 2020an. ARG.: Ibai Rico.



Masa-balantzea neurtzeko tresnarekin, Ossouen, 2024an. ARG.: Jon Goikoetxea.



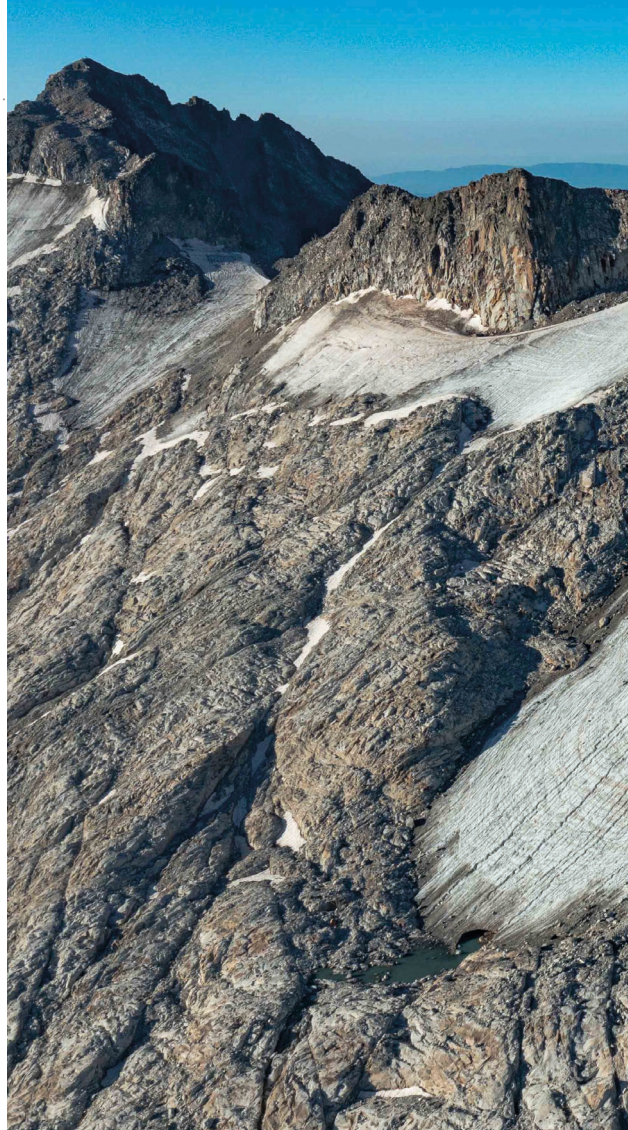
Lurreko laser-eskanerra Monte Perdidosen. 2015ean. ARG.: Eñaut Izagarre.

ere ez zen erraza. Orain, droneei esker aireko laser-eskanerrak eta bereizmen handiko ortoirudiak dauzkagu, eta mendikate osoko hiru dimentsioko irudiak lortzen ditugu”.

“Pirinioetako glaziarrak oso sentibera dira kondizio klimatikoen aldaketekiko”

“Berez, beste arlo batzuetan, lehendik erabiltzen da teknologia hori, baina guretzat oso baliagarria da. Horri esker, bereizmen oso handiko mapa topografikoak ditugu”, gehitu du Vidallerrek. “Hala, denbora-tarte batean glaziarrek zer bilakaera izan duten jakin nahi baduzu, nahikoa duzu bi garaietako irudiak alderatzea, eta epe horretan nola aldatu diren ikustea. Mapa horiez gain, beste metodo batzuk ere erabiltzen ditugu datuak biltzeko, eta denak aztertuta ikusi dugu 2011tik 2020ra glaziarrak txikitzen joan direla urtez urte, bai hedapenean, bai lodieran. Hamarkada horretan, urte bakoitzeko metro bat mehetu ziren, gutxi gorabehera. 2022an eta 2023an, berriz, mehetzea askoz ere nabarmenagoa izan da: lodieraren galera hirukoiztu egin da, eta, leku batzuetan, baita laukoiztu ere”, azaldu du Izagirrek.

Azaleran ere begi bistakoa da galera. Azterketak erakutsi duenez, glaziar handienak (10 hektarea baino gehiago hartzen dituztenak) txikitu dira gehien 2020tik 2023ra: batez beste, 8,3 hektarea galdu dituzte. Adierazgarriagoa da ehunekoei erreparatuz gero, Ossauko glaziarrak eta Maladeta ekialdekoak beren azaleraren laurdena baino gehiago galdu baitute: % 30,3 eta % 36,6, hurrenez hurren.



Klima-aldaketaren eragina

Ikertzaileek 2020tik 2023ra bitarteko kondizio klimatologikoak ere deskribatu dituzte artikuluan. “Jende askok uste duenaren kontra, glaziarrei ez die hainbeste eragiten zenbat elur egiten duen neguan, baizik eta nola irauten duen udan”, azaldu du Vidallerrek. “2022an eta 2023an, ekainaren hasierarako, jada izotza agerian geratzen hasi zen; alegia, glaziarren gainean ez zegoen nahikoa elurrik, urtzetik babesteko. Gero, udan bero-bolada gogorak egon ziren, ohi baino tenperatura altuagokoak eta iraupen luzeagokoak. Eta, udazkenean ere, tenperaturak nahiko altuak izan ziren”.



Aneto, 2023ko abuztuan. Innominato iboia ikusten da. ARG.: Eñaut Izagirre.

“Kontuan izan behar da, udaberrian elurra azkar urtzen bada, dena azeleratzen dela, albedo-efektua ere murriztu egiten baita”, gehitu du Izagirrek. Eguzki-izpiak islatzeari deitzen zaio albedo-efektua; elurra desagertuz gero, Eguzkiak glaziarraren ertzeko arroka berotzen du, eta horrek ere eragiten du izotza urtzea, aireko tenperatura albo batera utzita ere.

Eta, ereduen arabera, kondizio klimatiko horiek (udaberri aurreratuak eta bero-bolada gogor eta luzeak) gero eta gehiagotan gertatuko direla gogorarazi du Izagirrek. “Egoerak ez du atzera-bueltarik, eta lehen iragarpenek esaten bazuten ere glaziarrak mendearen erdialderako galduko zirela, orain

ikusten ari gara litekeena dela epe laburragoan gertatzea”.

Berotzeaz gain, klima-aldaketari lotutako beste faktore bat aipatu du Vidallerrek: Saharatik etorritako hauts-gandua. Klima-aldaketagatik, horrelakoak ere maizago gertatuko direla aurreikusten dute, eta ikusi dute glaziarrei kalte handia egiten diela: “Ez bakarrik albedoagatik, hautsak elurra eta izotza iluntzen baititu, baita egituraren duten eraginagatik ere”.

Faktoreen arteko elkarrekintza

Hain justu, horixe frogatu zuten klima-aldaketa ikergai duen BC3 zentroko ikertzaileek [Annals of](#)

[Glaciology aldizkarian 2023ko azaroan argitaratutako ikerketa batean](#). Monte Perdido glaziarrean egin zuten ikerketa, eta agerian jarri zuten izotzean dauden ezpurutasunek izotzaren mikroegitura birmoldatu dutela, dinamika aldatu, eta glaziarraren degradazioa bizkortu.

2017ko izotz-nukleo bateko 20 cm-ko sekzio batean jarri dute arreta, nabarmen markatuta baitze-

goen kolore marroi-gorrixkako ezpurutasun-geruza batez. Ikertzaileen arabera, zenbat eta partikula gehiago egon, orduan eta izotz-ale txikiagoak eta irregularragoak (ez hain biribilduak) agertzen dira. Izotz polarrean aurrez egindako ikerketa ugari adierazten dute egitura-aldaketa horrek glaziarraren barne-mugimendua errazten duela. Hortik ondorioztatu dute, Monte Perdidoan ere, aldaketa mikroestrutural horiek glaziarraren fluxua bizkortu

Llardana iboia eta glaziarraren aurrealdea, higakinez estalita, 2023an. ARG.: Eñaut Izagirre.



“Glaziarren galera gure bizialdian gertatzen ari da, eta ebidentzia garbia da jendeak klima-aldaketaren ondorioa dela ulertzeko”

dezaketela eremu beroago eta baxuagoetara, eta horrek izotza azkarrago urtzea eragingo lukeela.

Halaber, baieztatu zuten Monte Perdido glaziarreko izotz-nukleoan zeuden partikulak Saharako basamortutik etorritakoak zirela, eta Vidallerrek gogorarazi du 2022an ere Saharako hauts-gandua erorrera nabarmena izan zela Pirinioetan. Horrenbestez, klima-aldaketak tenperaturen igoeragatik baino gehiagotatik eragiten du. “Faktore guztien elkarrekintzarengatik da”, berretsi du.

Bestalde, faktore babesleak ere badaude. Izagirrek adibide batzuk eman ditu: “Faktore topoklimatikoak dira. Topografia bera, lekua ospela edo laiotza izatea, azalera higakinez edo sedimentuz estalita egotea, haizebean geratzea... Horrelakoetan, elurte bat edo elur-jausi bat izandakoan, gerta daiteke elur gehiago metatzea eta glaziarrek hobeto irautea. Azken urtean, adibidez, hori ikusi dugu: zirku malkartsu eta ospeletako glaziarrek dira masari ondoen eutsi diotenak, eta, aitzitik, leku zabalagoetan daudenek, Anetoko eta Ossoueko glaziarrek, esaterako, galdu dute gehien”.

Hala ere, argitu du egoerari eutsi diotenen ere ez diotela eutsi orekan daudelako. “Alegia, ez da irabazi eta galdu duten izotzaren arteko balantzea zero izan delako, baizik eta kotan igotzen ari direlako. Eta, gaur egun, iraun dezaketean goreneko kotan daude. Ezin dute gorago igo, tontorretan eguzkiak ematen dielako. Hau da: irauten dute iraun dezaketean lekuetan, eta, gainera, ezin dute gehiago igo”.

Ikertzaileen ondorioak argiak dira, eta bat datoz iragarpen teorikoekin. “Azkenean, Pirinioak etorriko denaren isla dira”, ohartarazi du Izagirrek.

Fenomeno globala

Izagirrek lehen eskutik baieztatu dezake glaziarren urtzea ez dela Pirinioetara mugatzen. Izan ere, Hego Amerikako hirugarren izotz-masa handiena ikertzen ari da, Patagonian. “Lurreko izotzaren % 90 baino gehiago Antartikan eta Groenlandian dago. Gainerakoa planetako mendikate garaienetan, Goi Artikoko eremu azpipolarretan, eta lurralde subartikoaren periferian dago, eta denetan ari gara ikusten glaziarren urtzea azeleratzen ari dela, oro har. Eta balantze negatiboak Patagonian izaten ari dira”, esan du Izagirrek.

Horren zergatia ere azaldu du: “Ez du mendikate garaienek duten adinako izotz-bolumenik, hala nola Himalaiak, Karakorumeak edo Alaskak, eta urtean metro bat baino gehiago ari da galtzen lodieran. Gainera, itsasora iristen da, eta itsasoko uraren kontaktua ez ezik, glaziarra degradatzen duten beste dinamika batzuk ere badaude: fiordoaren geometria, jausiak...”

Izan badira salbuespenak. Izagirrek aipatu duenez, Karakorumeko leku batzuetan, esaterako, masa-transferentzia oso handiak gertatzen dira bat batean, eta, horrenbestez, balantze positiboak izaten ari dira toki jakin horietan. “Baina kasu gehienetan, 10etik 9 baino gehiagotan, urtzen eta atzeratzen ari dira”.

Batzuk gure begien aurrean desagertu dira. Nazio Batuen Erakundearen arabera, azken urteotan galdu diren artean daude, besteak beste, Pizol glaziarra (Suitza, 2019), Sarenne (Frantzia, 2023), Anderson (AEB, 2015), eta Martial Sur (Argentina, 2018). Izagirrek glaziar tropikalak gehitu ditu desagertzen ari diren glaziarren zerrendara, batzuk jada

galduta, eta besteak egoera kritikoan: Tanzaniakoa (Kilimanjaro), Venezuelakoak, Kolonbiakoak...

Galtzen dena

“Glaziar bat galtzean, izotza baino gehiago galtzen da”, azpimarratu du Vidallerrek. Baina sortzen dena ere azaldu du: “Glaziarrek atzera egitean, arroka ama deitzen dioguna azaltzen da; izotzaren azpian zegoen substratu litologikoa. Glaziarrek sortzen duten morfologia ere agerian geratzen da. U-itxurako haranak dira, eta urez betetzen dira, bai izotza urtzean sortzen denez, bai euri-urez. Eta iboia sortzen dira. Horren adibidea da Innominato iboia, Aneton. Horrez gain, ikusten ari gara lurzorua ere oso azkar sortzen dela. Azken finean, glaziarrek zeraman materia hondoa metatzen joaten da, eta sedimentua sortzen du. Hala, bizpahiru urtean, litekeena da lurzoru pixka bat egotea, bere landareekin, bakterioekin...”

Sortu ez ezik, suntsitu ere egiten da, ordea, eta horri buruz ere aritu da Vidaller: “Izotza desagertzen denean, deskonpresio-efektua gertatzen da arroketan. Nolabait, arnasa hartzen dute, eta jausiak eta erorketak gertatzen dira”.

Hormako permafrostari gertatzen zaiona gehitu du Izagirrek: “Ez da Siberian edo Alaskan dagoen permafrosta, baizik eta hormetakoa edo alpinoa. Azken finean, arroka guztiek, izan granitikoak, metamorfikoak edo sedimentarioak, poroak edo hausturak dituzte, eta ura zirrikituetan izoztuta geratzen da. Tenperatura igotzean, ura urtu egiten da, eta bolumen-aldaketa horrek krioklastia edo gelifrakzioa eragiten du. Horrek arroka haustea eta jausiak egotea ekartzen du”.

Horren guztiaren ondorioz, goi-mendiko ohiko ibilbide batzuk lehen baino arriskutsuagoak bihurtu dira; Anetoren ibilbide arrunta, Monte Perdidoren iparra... Zalantzarik gabe, mendizaleentzat hori ere galera garrantzitsua da.

*“Glaziar bat galtzean,
izotza baino gehiago
galtzen da”*

Giza alderdiaz hitz egitean, hala ere, Vidallerrek bereziki kontzientziazioari eman dio garrantzia: “Batzuei ez die batere axola glaziarrek galtzeak. Bada pozten denik ere, kranpoiak ez dituelako beharko. Nire ustez, baina, klima-aldaketaz ohartarazteko baliatu beharko genuke galera hau. Izan ere, ez da erraza klima aldatzen ari dela jabetzea, prozesu luzea delako. Glaziarren galera gure bizialdian gertatzen ari da, eta ebidentzia garbia da jendeak klima-aldaketaren ondorioa dela ulertzeko”.

Lurraren tenperaturaren gorabeherak ziklikoak direla erantzuten dutenentzat ere, ebidentzia ukaezinak ditu Vidallerrek, paleoklima ere ikertzen baitu. Argi dio: “Egia da Lurreko klima ziklikoki aldatzen dela, baina, aldaketa zer eskalatan eta zer abiaduratan gertatzen den begiratu gero, ez da oraingoaren parekorik izan Lurraren historian. Adibidez, duela 11.700 urte gertatu zen azken klima-aldaketa bortitza, eta oso azkarra izan zen; ezagutzen den azkarrenetakoa. Bada, aldaketa hori 1.000-1.200 urtean gertatu zen. Oraingoa, berriz, gure denbora-escalan gertatzen ari da”.



Russell kobazuloak Ossoue
glaziarraren galeraren lekuko
adierazgarriak dira, orain haletara
sartzeko hainbat metro igo behar
baitira, 2022ko argazki honetan ikus
daitekeenez. ARG: Enaut Izagirre.