

Pirinioetako glaziarrak galzorian

Aurtengo neguan Filomena izan dugu hizpide, hain zuzen, erregistroen arabera duela hamarkada asko ikusi gabeko elur-denboralea. Elur-uzta oparoa utzi zuen Euskal Herrian eta ederki zuritu zituen Iberiar penintsulako beste hainbat eremu ere, tartean, penintsula bera Eurasiar kontinentetik banatzen duten Pirinioak.

Elurra eta glaziarrak

Elurra da mendiko glaziarrek behar duten osagai nagusia, urtetik urtera pilatu, izotza eratu, grabitateari jarraiki deformatzen hasi eta mugitzen has daitezten. Gainera, latitude ertain eta tropikaletako glaziarretan izotzaren tenperatura urtze-puntutik gertu egon ohi denez, ur-isuriak izotz-masa lubrifikatu eta irristatzea areagotzen du. Horra glaziarrak.

Hala ere, mendikate edo ingurune polar bakoitzaren kokapenaren eta ezaugarri klimatikoen arabera, glaziar-mota ezberdinak bereiz daitezke; denek, ordea, bi ezaugarri nagusi betetzen dituzte: goi-eremuan elurra pilatzen da eta glaziarrak masa irabazten du, eta behe-eremuan, berriz, izotza urtu egiten da eta goialdean irabazi denari galerak



Eñaut Izagirre Estibaritz
Geografoa eta glaziologoa
Ikertzaile doktoregaia EHU

Ibai Rico Lozano
Geografoa eta glaziologoa
EHUko Geografia irakaslea
eta ikertzailea

eragiten zaizkio. Oinarrizko ekuazio horri masa-balantzea edo glaziarraren balantzea deitzen diogu, eta glaziar bakoitzak duen "osasunaren" adierazle nagusia da (1. irudia).

Baldintza klimatikoak aproposak badira, glaziar bategu irabazten duen elur guztiaren zati bat ez da urtzen uda-sasoian, eta, hala, glaziarra loditu eta hedatu egiten da. Aldiz, baldintza klimatikoak aldatzen badira, hots, klima berotzen baldin bada, glaziarraren gainaldeko urtzea azalera osora hedatzen da eta glaziarra egoera berrira doitzen ahalegintzen da. Kasu horretan, litekeena da glaziarrak bizirauteko arazoak izatea.

Pirinioetako zentinelak

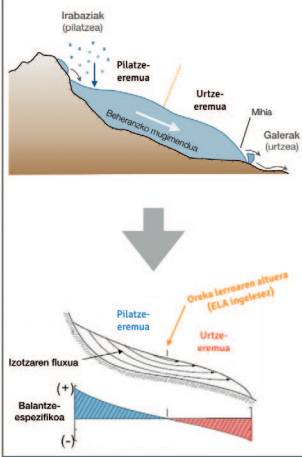
Gaur egun, Europan hegoaldeen dagoen glaziar-multzo handiena Pirinioetan dago, eta muga klimatiko batean daudenez, are azkarrago ari dira suntsi-

tzen. Mendikatearen termometro aldakorrek balira bezala, ingurumenean gertatzen diren gorabeherik oso sentikorrek dira goi-mendiko elementu geografiko nabarmen horiek. Horrez gain, eskala geologikoan atzera eginda, azken milaka urteetan Pirinioak zizelkatzeaz gainera, egun ikus dezakegun paisaia landuaren erantzule ere badira (beste prozesu askorekin batera, jakina). Beraz, Pirinioetako goi-mendiaren ikur dira, aipatutako balio naturalak emateaz gain, goi-eremuko ekosistemetan ere eragiten dutelako, eta mendikatearen ondarean eta historian balio kultural bat ere sortzen dutelako. Esango genuke mendizaleontzat goi-mendiaren sinbolo sentimentala ere badirela.

Gaur egungo 21 glaziarrak Pirinioetako mendikatearen mazizorik garaienetako zirkuetan daude zokor-tuta (2. irudia). Mendebalderen dagoena Las Neuseko glaziartxo da, gero eta gehiago txikitzen ari da,



Mendiko glaziarren masa-balantzea



Masa-balantzea neurtzeko ohiko metodo eta tresnak



1. irudia. Mendiko glaziarren masa-balantzea irudikatzeko eredu sinplifikatua, eta neurketetan erabili ohi ditugun metodo eta tresnak. ARG.: Eñaut Izagirre.

eta Balaitouseko mazizoan dago; ekialderen dagoe-na, berriz, Mont Valier mendiaren (Ariege, Frantzia) ipar-ekialdeko hegalean dirauen d'Arcouzan glaziar-txo txikia da. Glaziarrik handiena, bestalde, Anetoko glaziarra da oraindik ere, 50 hektareakoa, baina ez du zerikusirik joan den mendeko mendizaleek mendikatearen gailur nagusira iristeko jarraitzen zuten glaziar-azalerarekin eta orduan zeukan lodierarekin.

Ageriko atzera-egitea

Pirinioetako glaziarren atzera-egitea eta dinamika-galera bat dator gaur egun glaziarrik ez duten beste mendikate batzuetan aztertu den eraldaketa progresiboarekin (Europako tontorretan eta Apeninoetan, adibidez). XVI. eta XIX. mendeen artean gertatutako mundu mailako periodo klimatiko erlatiboki hotzagoa izan zen Izotz Aro Txikia, zeinetan glaziarrek lodiera eta azalera irabazi zuten, eta altueran ere beherantz hedatu ziren. 1850etik, orduko azalera horren % 90 galdu da Pirinioetan (3. irudia), eta, gutxienez, 33 glaziar desagertu edo murriztu dira, izotz-hormagune bihurtzeraino.

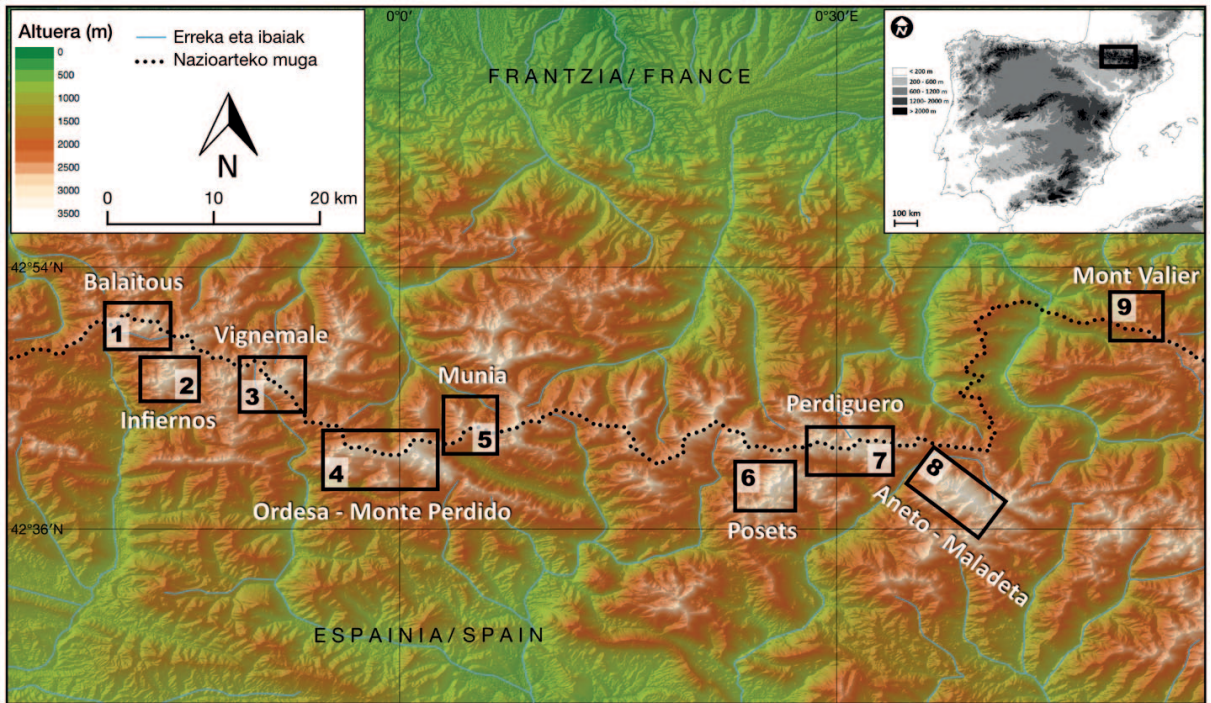
Azken hamarkadetan, gainera, Pirinioetako glaziarren atzera-egitea nabarmena izan da, batez ere 80ko hamarkadaz geroztik; izan ere, 39 glaziar egotetik, gaur egun 21 besterik ez dira gelditzen. Jakina denez, industria-aurreko garaitik 1 °C igo da Lurreko batez besteko tenperatura; gizakiaren era-

ginez areagotu den beroketa klimatiko hori, gainera, anplifikatuagoa da goi-mendiko zonalde gehienetan, eta Pirinioak, beraz, horren adibide ere badira.

Hala, eta IPE-CSICeko lankide eta ikertzaileekin elkarlanean, 2020ko uda amaieran (urte hidrologikoaren hasieran) egindako landa-lanetan, droneak eta laser-argia erabiltzen duen sistema (lurreko laser-eskanerra) erabili genituen gaur egun gelditzen diren azken glaziarren erliebe-ereduak osatzeko. Hogeita bat glaziarretatik hamasei drone bidez aztertu genituen, eta Monte Perdido glaziarra, berriz, eskanerraren laguntzarekin (IPE-CSICeko lagunek halaxe egiten dute 2011tik). Teknika berri-tzaile horiek erabilia, mendikate mailako ikuspegi zabala izatea lortu dugu lehen aldiz, eta, horrela, 2011tik 2020rako aldiari dagokionez, zerbaki zehatzak jarri dizkiegu Pirinioetako azken glaziarren azalera- eta lodiera-aldaketei.

Landa-lana eta mendizaletasuna

Maiz gertatzen zaigu landa-lanean gabiltzala esandakoan zientzialari zorotzat hartzea jendeak. Eguraldia kontra izanik helikopteroz hegan egitea ezinezkoa baldin bada, Pinetako balkoira 30 kg-ko eskanerra bizkar gainean igo beharrean izan gara behin baino gehiagotan, edota Anetoko glaziarren izotz-lodiera aztertzen ari garelarik, galtza motzetan eta zapatilatan datorrenak ez ulertzea zerga-



2. irudia. Gaur egungo Pirinioetako glaziarrek bederlatzi mazizotan daude (Rico et al., 2017). Horietako batzuk topografiaren babesean zokoratuta daude (Infiernos, La Paul eta Seil de la Baque, esaterako), eta beste batzuk, berriz, baldintza klimatikoaren mende (Ossoue eta Aneto, adibidez). Monte Perdidoeko glaziarrek, bestalde, erdibideko erantzuna du. ARG.: Eñaut Izagirre.

tik garraiatu behar ote dugun dragoi-itxura duen georadar pisutsu bat... Hala ere, denborarekin ohartu gara goi-mendian landa-lana egiteko moduak ere baduela aurretiazko mendi-esperientziaren oinarri handi bat. Hots, gaur egun "estilo alpi-

noa" edo arina den hori ere aplikatzen dugu gure irteeretan, eta, aldi berean, sentimenduz beteriko bidaia batean ere barneratzen gara. Lagun gutxiko sokada gara, soilik behar-beharrezko duguna hartzen dugu bizkarrean, eta glaziar batetik bestera

ahalik eta modu eraginkorrean mugitzen gara, betiere gure eta taldearen segurtasuna bermatuta.

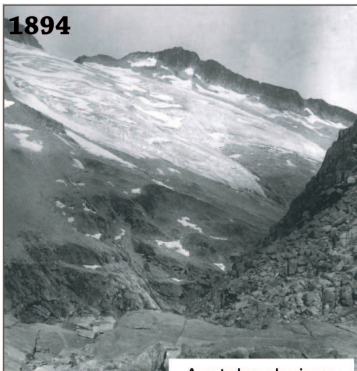
Hala, eskaner pisutsuak erabiltzeaz gain, eta teknologia berritzaileek ahalbidetzen diguten heinean, gero eta GPS eta gailu arinagoak (droneak) erabiltzen hasi gara. Lehen, mazizo edo glaziar bakoitza egun batzuetako irteera izaten zen; gaur egun, glaziar bat baino gehiago azter ditzakegu egun berean, eta mazizo batetik bestera bizi-bizi mugitu.

EHUko sokadaren helburua izan zen glaziarrik txiki eta zokoratuenak ere drone txikiarekin aztertzea, eta haren hegaldiak ahalbidetzeko, 3.000 metroko mendi eta gailurreria bat baino gehiago igo behar izan genituen: hala, jardunaldi luze eta neketsuak izan genituen Gabietous-Taillonon, Seil de la Baque-

Portillonon, Posetsen... Mazizo batetik bestera trantsizio azkarrak egin genituen, eta, tartean, izarrez beteriko bibak-gau eder askoak disfrutatzeko aukera ere izan genuen. Gainera, IPE-CSICeko lankideei glaziar handienetara ere lagundu genien; hegal finkoko dronearen hegaldiei irati-seinalea emateko, beste hainbat gailurreriatan ere ibili behar izan ginen gora eta behera: Aneto-Maladetan, Posetsen eta Infiernosen, esaterako. Irailaren erditik aurrera erori ziren lehen elurrak glaziarretan, eta, orduan, Monte Perdido eta Ossoueko (Vignemale) glaziarretako elur berria neurtzea izan zen gakoetako bat, egin-dako analisiak ahalik eta fidagarrienak izan zitezten.

Izotz-azalera eta -lodiera galtzen

Azken neurketek erakusten digutenez, Pirinioetako glaziarren azalera 297 hektareakoa (ha) zen 2011n;



1894

Anetoko glaziarra



1857 A. Civiale

Maladetakoko glaziarra



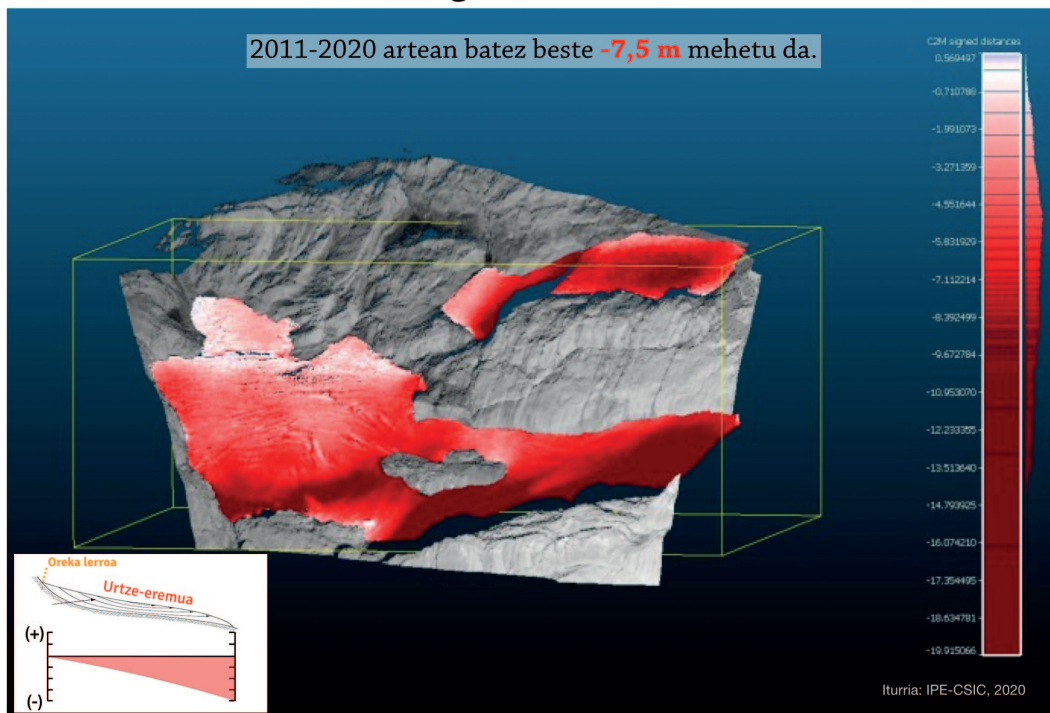
2010 P. René



2007 P. René

3. irudia. Izotz Aro Txikiaren ostetik Pirinioetako glaziar handienetan izan den azalera-aldaketa; ezkerrean, Anetoko glaziarra, eta eskuinean, berriz, Maladetakoa. ARG.: Pierre René.

Monte Perdidoako glaziarraren masa-balantzea



4. irudia. 2011tik 2020ra Monte Perdidoako glaziarrean egin diren lurreko laser-eskanerraren neurketetatik kalkulaturako lodiera-aldaketa (masa-balantzea). 1. irudiko eredua aplikatuta, pilatze-eremuik gabeko glaziar-azalera dugu kasu honetan. Irudia: Eñaut Izagirre.

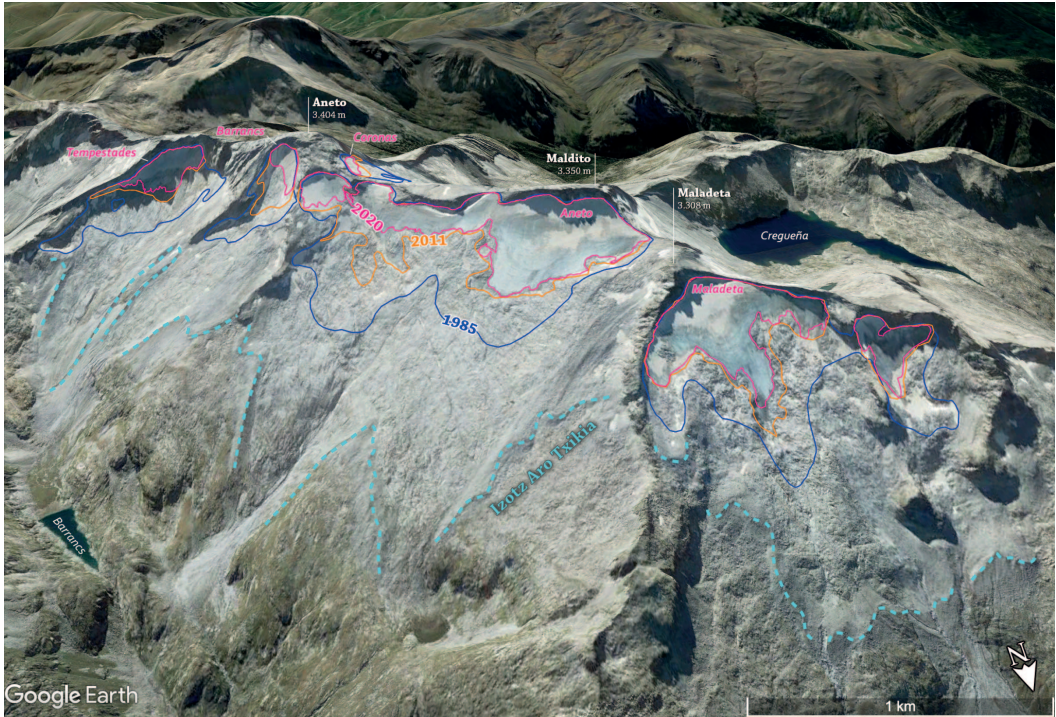
2020an, aldiz, 232 ha besterik ez da gelditzen, hau da, 65 ha galdu dira bederatzi urtean. Atzera-egite agerikoena glaziarrik handienetan gertatu da, Ossouen (Vignemale), Aneton eta Maladetan, eta horrek adierazten du horiek baldintza klimatikoekiko sentikorragoak direla. Aldiz, topografiak nabarmen baldintzatzen dituen glaziar txiki eta zokoratuenak egonkorrago mantendu dira, baina horiek ere galerak izan dituzte. Azken horien artean larrien daudenak Barrancseko, La Pauleko eta Portilloneko glaziartxoak dira, non zatitzearen eta dinamika-gabeziaren zantzuak gero eta nabariagoak baitira.

Izotz-lodierari dagokionez, 2011tik 2020ra, Pirinioetako glaziarrek batez beste 7,3 metro mehetu dira. Eta glaziarrek erantzun ezberdinak izan dituzte (4. irudia). Aldaketa handienak batezbestekoa baino dezente handiagoak dira (10-12 metro artean); Seil de la Baqueko eta Anetoko glaziarretakoak, esaterako. Badakigu Anetoko glaziarra, Pirinioetako

glaziar handiena, bitan zatitzez dela eta zatiketarik kalteak areagotu besterik ez dituela egingo etorkizuneko urtze-prozesuan. Txikiak direnak eta zokoratuen daudenak, berriz, gutxiago mehetu dira (3-5 metro artean). Orotara, azken bederatzi urteetan Pirinioetako glaziarrek galdu duten izotz-kantitatea ur-balioetan jarriko bagenu, esan genezake 20 miloi tona ur galdu direla azken hamarkadan.

Pirinioetako glaziarrek desorekan

Munduko mendiko glaziar gehienak ari dira klimataldaketa onorioak jasaten, eta Pirinioak ez dira salbuespena. Egindako ikerketetan oinarrituta egiaztatu dugu Pirinioetako glaziarren pilatze-eremuak gero eta txikiagoak direla, eta, kasu gehienetan, gainera, esan genezake pilatzerik ere ez dagoela. Hots, uda-sasoian, negu-sasoian irabazten duten elur guztia urtu ez ezik, lehendik zegoen izotza ere galdu egiten dute, eta, ondorioz, glaziarrek mehetu eta azalera galtzen dute (4. irudia).



5. irudia. Aneto-Maladeta mazizoko glaziarren azalera-aldaketa Izotz Aro Txikitik gaur egunera arte. ARG.: Eñaut Izagirre.

Pirinioetako glaziarrek egungo baldintza klimati-koetan iraun ezingo duten sintoma esanguratsua da hori. Beraz, egungo atzera-egite eta mehetze-abiadurek horrela jarraitzen badute (eta hala dirudi), datozen 20 urteetan mendikateko glaziarrek erabat galtzeko zorian daude.

Ondorioz, Pirinioetako elementu geografiko eta geo- logiko paregabe bat desagertzeaz da datozen ha- markadetan, eta dagoeneko gure begiekin ikus eta uler dezakegu. Lurraren goi-mendietako ezaugarri diren izotz-masa iraunkor eta mugikorren agurra oraintxe ari da gertatzen, baina glaziar horiek desa- gertzea ez da ingurumen-katastrofe bat izango, jada ur gutxi gordetzen baitute beren baitan. Hala ere, gure ondorengoek ezingo dute etxetik hain gertu dugun paisaia paregabe hori ezagutu. Munduko bes- te hainbat tokitan gertatzen ari denaren pregoilari ere badira Pirinioetako glaziarrek; klima-aldaketaren aurrean mendiko glaziarrek duten zaugarritasuna agerian dago, eta egun Pirinioetan gertatzen ari den bezala, beste mendikate batzuetako glaziarrek ere egon daitezke galbidean etorkizunean. ●

Bibliografia

- [1] GRUNEWALD, K.; SCHEITHAUER, J. (2010): "Europe's southernmost glaciers response and adaptation to climate change". *Journal of Glaciology*, 56, 129-142.
- [2] LÓPEZ-MORENO, J.I.; REVUELTO, J.; RICO, I.; CHUECA-CÍA, J.; JULIÁN, A.; SERRETA, A.; SERRANO, E.; VICENTE-SERRANO, S.M.; AZORÍN-MOLINA, C.; ALONSO-GONZÁLEZ, E.; GARCÍA-RUIZ, J.M. (2016): "Thinning of the Monte Perdido Glacier in the Spanish Pyrenees since 1981". *The Cryosphere*, 10, 681-694.
- [3] RENÉ, P. (2013): *Glaciers des Pyrénées: Le réchauffement climatique en images*. Cairn Editions, Morlaas (Frantzia), orr. 192.
- [4] RICO, I.; IZAGIRRE, E.; SERRANO, E.; LÓPEZ-MORENO, J.I. (2017): "Current glacier area in the Pyrenees: an updated assessment 2016". *Pirineos*, 229, e029.
- [5] RICO, I. (2019): *Los glaciares de los Pirineos. Estudio glaciológico y dinámica actual en el contexto del Cambio Global* [publikatu gabeko doktorego-tesia]. Euskal Herriko Unibertsitatea.