

# Izotza erliebearen moldatzailea

Inma Mugerza Perelló\*

Z. Arteaga

***Gure inguruko paisajeari gainbegirada azkar bat ematen badiogu, forma eta itxura askotako erliebeak erakusten dituela ikus dezakegu. Izan ere, erliebea egoera dinamikoan dago eta etengabe moldatuz doa kanpo-elementuen (euriaren, haizearen...) eraginez haranak, mendiak, hondartzak, lenar-maldak, zirkoak etab. eratuz.***

**P**aisajearen dinamika hori, ordea, ez dute kanpo-elementuek soilik mugatzen. Bere morfologia litosferaren (arroka), hidrosferaren (ura), atmosferaren (klima) eta aktibitate biologikoaren eraginez modu batean edo bestean aldatuko baita. Honela, faktore horien konbinazioaren arabera, erliebeak ezaugarri zehatz batzuk jasoko ditu paisaje bereziak garatuz. Honekin batera, ezin utz daiteke aipatu gabe *gizakiaren eragina*, zeinek, neurri handi batean, luraren morfologiaren eraldaketa eragin duen eta gauzatzen ari den.

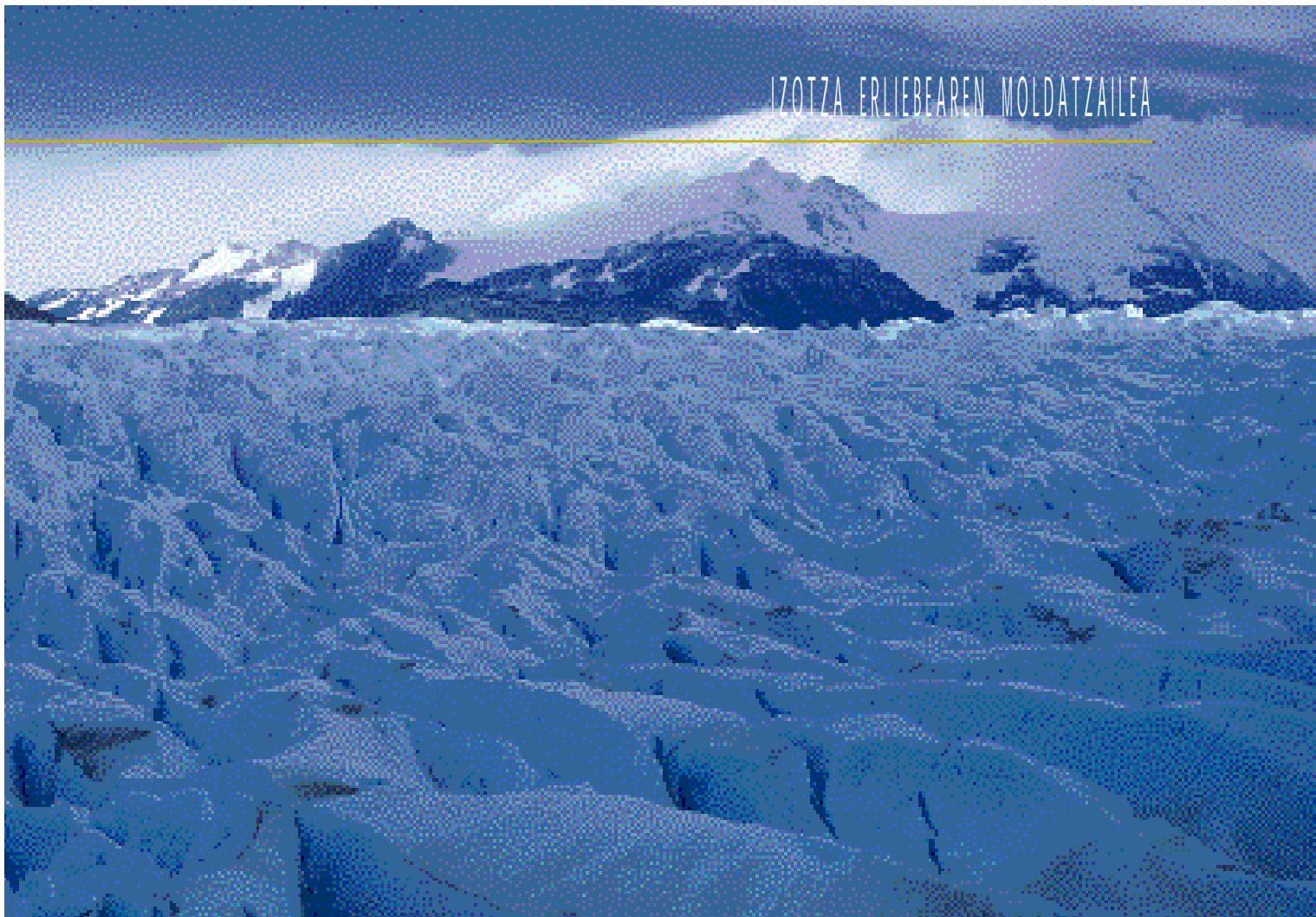
Nork pentsa lezake gure Euskal Herri zaharrean garai batean glaziarrek egon zirenik? Erokeria dirudi, ezta? Ba inguruko arroketan "inprimatuta" geratu ziren zenbait arrastoari jarraituz, hori ondorioztatu zuten Schmidt-Thomé eta Gomez de Llarenak 1940.eko hamarkadan. Bigarren

Mundu Gerraren ondorioz, bi zientzialari horiek jasotako informazioa galdu egin zen eta Karl-Otto Kopp zientzialari alemanak 1960.eko hamarkadan beraien lana jasotzen saiatu zen.

Europar izandako azken glaziazioak duela 25.000 urte ingurura arte iraun zuen, eta garai hartan Euskal Herriko mendikate garaiek izotzak hartuta zeuden. Artikulu honetan izotzak erliebean izan duen, eta oraindik ere duen, eragina azaldu nahi da.

## **Glaziazioak**

Glaziarrek lehorreko izotz-masa mugikorrek dira. Garai batean lurralde zabalak izotzak estalita eta moldatuta egon ziren, eta orain ere horrela gertatzen da naiz eta estalitako azalera askoz ere txikiagoa izan. Gaur egun glaziar iraunkorrek 15 milioi km<sup>2</sup>-ko azalera estalia dute (Europako azalera 1,5 aldiz), zatirik handiena Antartida (13 milioi km<sup>2</sup>) eta



Groenlandia (1,65 milioi km<sup>2</sup>) artean banatuta egonik. Gainontze-koa (% 3) oso banatuta dago Alaska, Kanada, Zeelanda Berria eta elur iraunkorren (Alpeak, Andeak, Kaukaso, Himalaia, Pirinioak...) artean.

Klima hain hotza ez den lekuetan, elur iraunkorren azpitik hilabete epeletan, izotza desagertu egiten da hilabete hotzenetan berriro agertuz. Kasu hauetan, nahiz eta erliebe-aldatzailea izotza bera izan, paisajeak *ezaugarri periglaziar*ak ditu.

Lurra sortu zenetik gaur egun arte, glaziazio ugari gertatu dira ba-

ta bestearen atzetik. Kronologikoki aipatuz gero hauek izango lirateke:

- Gondwanako glaziazioa: duela 2.300 milioi urte inguru. Kanadako arrastoak dira ezagunak.
- Glaziazio Infrakanbriarra II: duela 950 milioi urte inguru.
- Glaziazio Infrakanbriarra I: duela 825 eta 740 milioi urte bitartean. Australian daude arrastoak.
- Glaziazio Eokanbriarra: duela 675 eta 600 milioi urte bitartean. Eskandinavian, Australian, Txinan, Brasilen eta Afrikan daude arrastoak.

Grey glaziarraren mihi zartatua Torres del Paine parkean baneratzen da.

- Glaziazio Siluriar-Ordoviziarra: duela 470 eta 410 milioi urte bitartean.
- Glaziazio Permokarboniferoa: duela 340 eta 255 milioi urte bitartean.
- Glaziazio Zenozioko: duela 40 milioi urte inguru. Pleistozeno-koa ere deitua.

Europar	Denbora (urte)	Ameriketean	Denbora (urte)
GUNZ Gunz-Mindel	75.000	NEBRASKA Afton	200.000
MINDEL Mindel-Riss	300.000	KANSAS Yarmouth	300.000
RISS Riss-Würm	75.000	ILLINOIS Sargamar	120.000
WÜRM PostWurm	25.000	WISCONSIN PostWisconsin	30.000
			25.000

1. taula.

Euskal Herrian eta Pirinioetan dauden arrastoak, hala ere, Kooternarioko Glaziazioei dagozkie. Europar eta Ameriketean lau glaziazio nagusitu ziren garai hartan, baina hainbat izen ezagutzen dira eta iraunpena ere, aldakorra da (ikus 1. taula).

### Glaziazioei buruzko hipotesiak

Hirurogei hipotesi baino gehiago proposatu dira "krisi" klimatiko

# GEOLOGIA

hauek azaltzeko. Hala ere, denak aipatzea luzeegia izango litzatekeenez, horietako batzuk beste-rik ez dira azalduko hemen:

- *Eguzki-hipotesi glaziogenikoak:*

a) **Difusio gaseosoaren gelditasunaren teoria:** Öpiken iritziz, eguzki-gunean azaletik datorren hidrogenoaren difusioa gertatzen da periodikoki, milioi urte batzuetan zehar energi kantitate handiak xurgatuz eta Eguzkiak igorritako erradiazioa murriztuz.

b) **Teoria galaktikoak:** Steiner eta Grillmairen ustez (1973), Esnebidean masa banatzea Eguzkiak "indar galaktikoetako" zonak zeharkatzea eragiten du. Honek, hidrogenoaren difusioa zaildu lezake eguzki-gunean, eta erradiazioari eragin.

- *Lur-hipotesi glaziogenikoak:*

a) **Aldaketa orbitalen teoria:** Eguzkitzapen-denboraren aldaketak tenperatura-

-aldaketekin bat datoz, eguzkitzapen minimoak minimo termikoen aurretik doazelarik. Teoria honek interglazial-glazial txandaketa ulertzeko balioko luke, eta ez glaziazio-tarte bat ulertzeko.

b) **Igorritako beroa gehitzea:** Lurreko atmosferak nahikoa CO<sub>2</sub> galdu zuen, eta Lurra glaziazioak gertatzeko adina hoztu zen.

d) **Albedoa gehitzea:** Lurrak eguzki-izpiak islatzeko duen ahalmena aldakorra da, ondoko arrazoiek baldintzatua: hauts bolkanikoa gehitzea atmosferan; inguru magnetikoaren intentsitatea gehitzea; polo geografikoekiko banaketa kontinental; kontinenteen batezbesteko altuera. Arrazoi hauek eguzki-izpiak Lurraren atmosfera zeharkatzea oztapa lezakete bertako tenperatura jaitsiz.

## Glaziar-motak

Arestian aipatutako hipotesi glaziogenikoekin erlazioan, glaziarren hedapena baldintza biren menpe dago; **elikadura** (glaziarrek jasotzen duen elur-kopurua) eta **ablazioa** (jasotako elurraren urtze eta lurruntzea). Bien arteko

erlazioari "balantze glaziarra" deritzen, eta lehena bigarrena baino handiagoa denean soilik egingo du aurrera glaziarrek.

Gaur egun mundu osoan banatutako izotz-masak ikusiz, tamaina eta itxura askotako glaziarrek ikus daitezke, beraien artean sailkapen zehatz bat egin daitekeelarik:

**Inlandisak**, klima oso hotza eta ablazioa oso txikia den eskualdeetan garatu diren izotz-masa zabalak dira. Elikadura ere txikia da, prezipitazioak ez baitira ugari. Izotz-estaldura 2.000 metroko lodiera izatera hel daiteke eta batzuetan oinarri topografikoaren kota garaiekin izotzetik kanpo ikus daitezke arrozkako mamuak bailiren. Antartida litzateke adibiderik egokiena.

**Izotz-tapakiek** azalera txikiagoa dute eta mihi-glaziarrek ateratzen zaizkie norabide guttietan. Ugari dira latitude altuetan, Alaskan adibidez.

**Mendi-glaziarrek** mendilerro garaienetan elur iraunkorren gaintetik dauden izotz-masak dira. Pirinioetan elur iraunkorren muga 3.200 metrotan dago, hortik gora elurra zirkoetan pilatzen da elurraren presioaz behealdeko elurra izotz bihurtuz. Udan, 2.500 metrotik gora eguzki-izpiak heltzen ez diren leku itzaltsuetan glaziarren propietateak har ditzaketen elur-masa iraunkorrak beha daitezke, hauek **elurtegiak** dira. Adibide hurbilenak Pirinioetan eta Alpeetan dauzkagu (ikus 1. argazkia).

**Haraneko glaziarrek** sare dendritiko modura ageri dira. Goiko zirkoetatik datozen mihiak behean elkartu eta mihi handi bakar bat osatzen dute. Pirinioetan mota honetako glaziarrek desagertu diren arren, beraiek moldatutako haran gla-

1. argazkia. Seil dera Baquoko ertza eta bere mendi-glaziarra.

I. Mugerza





ziar ugari ikus daitezke (ikus 2. argazkia).

### Morfologia glaziar nagusiak

Argi dago glaziarrek sortuko dituen hasierako elurrak ezin direla edonon pilatu, izan ere, horma biluzietan elurra grabitatez erori egingo bailitzateke. Horrela, maiz, morfologia glaziar horien inguruan agertu ohi diren tontor gorri horiei **nunatak** (Nu) deritze. Elurrak eskualde ez oso maldatsuak behar ditu bertan metatu eta trinkotu ahal izateko eta izotza sortzeko. Denbora pasatu ahala, gainera, izotzak berak leku hauek moldatu egingo ditu higaduraren eraginez upel itxurako formak emanez.

**Zirkoak** (Zi) dira glaziarren elikatze-alde nagusiak. Hortik beharantz izotz-mihiak gehienetan U itxurako **haran-glaziar** (Hg) zabala eratuko du inguru osoan bere erosio-gaitasunaren arrastorak utziz. Badaude, ordea, V itxu-

I. Mugerza



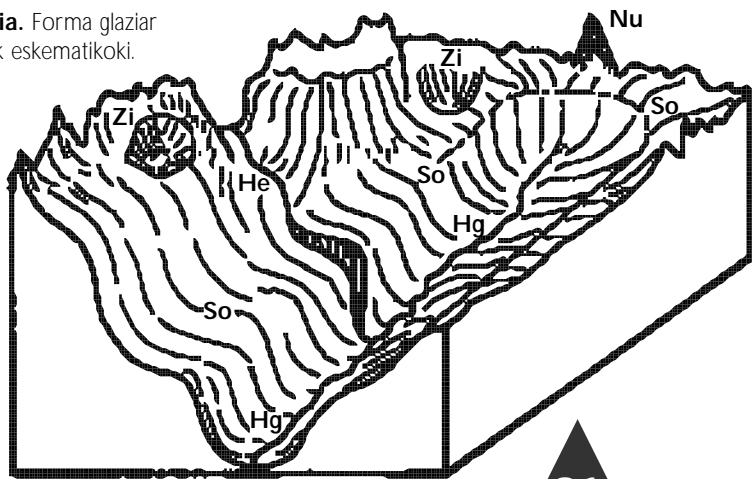
rako haran-glaziarrek ere, eta horiek uholde subglaziarren eraginez sortuak izan daitezke, hau da, izotz-mihiaren azpitik doazen urte-erreken uholdeen ondorioz. Mendikate altuetan askotan ikus daitezke glaziazioen eraginez sor-

tutako formak. Ondorioz, **sorbaldak** (So) glaziazio zaharrago batek eragindako haran baten eta haran nagusiaren arteko inflexio-azalera litzateke. Modu berean, **haran eskegiak** (He) ere, izotzaro zaharragoan sortuak izan litezke. Hala ere, baliteke haran eskegi hauek zirko garai bati lotuta egon eta bertatik izotz-mihi eskegiek haran nagusia elikatzea.

### Glaziarrek eragindako egitura bereziak

Ikaragarria da izotzak inguruko arroka apurto eta zatiak garraiatzeko duen ahalmena, are gehiago ehundaka metroko sakonera eta kilometro batzuetako luzera duen izotz-mihia bada. Arroka-bloke

1. irudia. Forma glaziar nagusiak eskematikoki.



# GEOLOGIA

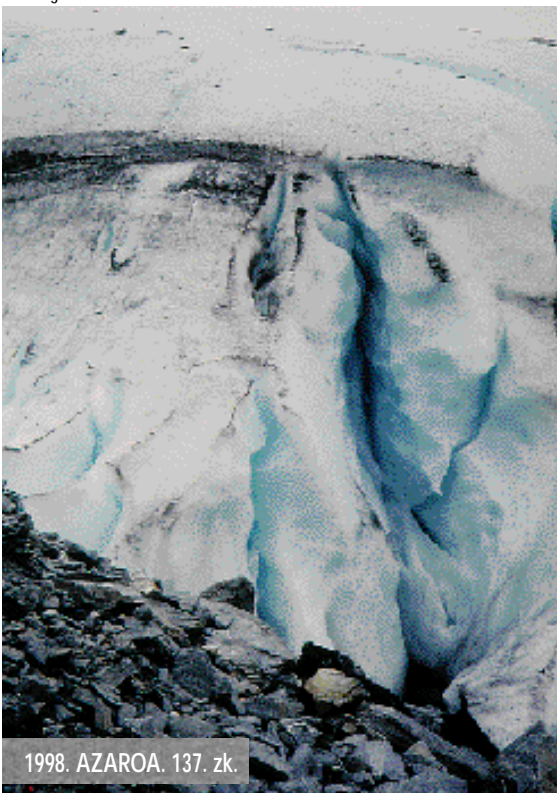
hauek guztiz heterometrikoak dira eta izotz-mihiaren edozein posizioan kokatuta egon daitezke: azalean, hondoa, ertzetan edota izotz-masaren erdian. Batzuetan, arroka hauek glaziarraren azala guztiz estalia dute eta ezin da izotza ikusi. Arroka hauek **morrenak** dira (ikus 4. argazkia) eta, izotzaren antzera, beraiek ere ezauzgarri bereziak ematen dizkiote ukitzen duten substratuari, higiduraz **ildaskak** sortuz.

Beste batzuetan, izotzak berak beheko substratuko heterogeneotasunak molda ditzake **ardi-itxurako arrokek** emanez (5. eta 6. argazkiak). Izotz-masak jarraitzen duen bideak gorabehera asko izaten dituen glaziar horiek gaintzeko energia galtzen du, ondorioz bere baitan daramatzan arroka-bloke batzuk hondoa metatzen dira eta atzetik datorren izotzak moldatu egiten ditu **drumlin** izeneko egiturak sortuz.

Aldaketa klimatikoaren eraginez, Lurraren temperaturak gora eta

**4. argazkia.** Alaskako glaziar honen aurrean ikusten diren harriak saihetseko morrenak dira. Horien azpian ere izotza dago.

I. Mugerza



I. Mugerza



**5. argazkia.** Granitozko ardi-itxurako arroka (Scallerseko haranean, Pirinioak, Lerida). Ikus arroka aurkezten duen gainazal leuna.

**6. argazkia.** Kararizko ardi-itxurako arroka (Gavarnieko Zirkotik gertu, Frantzia).

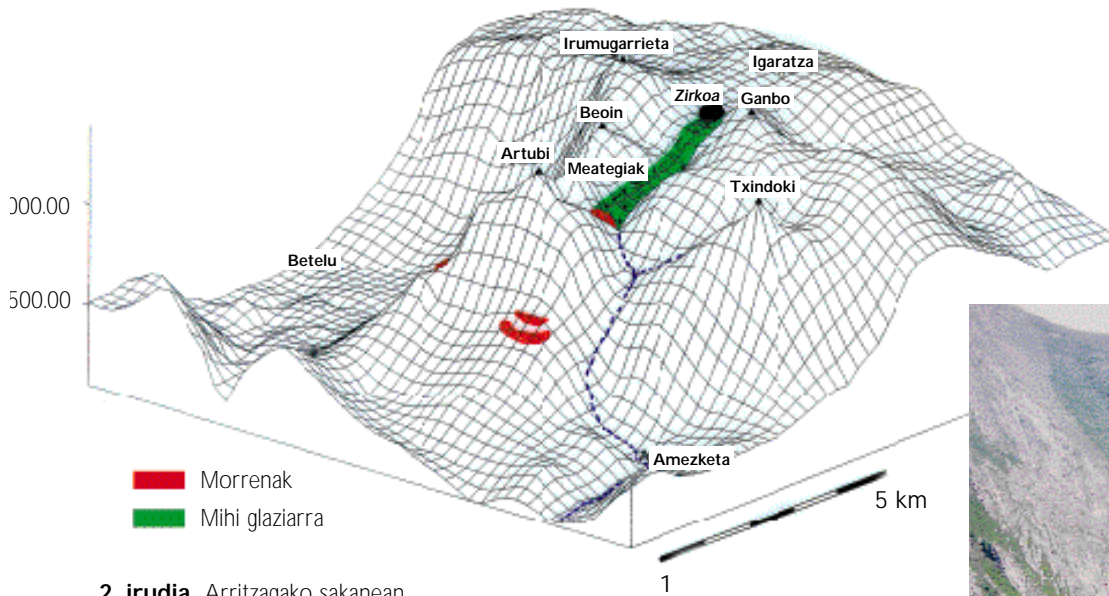
I. Mugerza



I. Mugerza



**7. argazkia.** Lakuaren inguruan ikusi daitezkeen metakin grisak glaziarrak garraiatutako morrenak dira.



**9. argazkia.** Goiko zuhaitzen alboan kobrezko minaren eraikin bat dago. Hortik behera, beheko zuhaitzen azpian, glaziarrak utzitako muturreko morrenak daude. Kararrizko espolioak ez zion glaziarrari beherantz pasatzen utzi eta metakinak bertan behera utzi behar izan zituen. Hortik behera urak "V" itxurako sakana garatu zuen.

**2. irudia.** Arritzagako sakanean egon zeneko glaziarraren kokapena.

glaziar askok atzera egin dute, morrenak bertan behera utziz (ikus 7. argazkia) eta sortutako ildaskak agerian geratuz. Glaziarra desagertzean, mihiak aurrealdean garraiatu dituen morrenak edo "aurreko morrenak" non metatuta dauden ikusita, izotz-mihia noraino hedatu zen jakin daiteke. Era berean, ildaskak, ardi-itxurako arroak eta drumlinak behatuz glaziarraren mugimenduaren norabidea eta norantza ondoriozta daitezke.

### Koaternarioko glaziarismoaren aztarnak Aralarren

Mendearen erdialdera izotzak eragindako egitura bereziak aurkitu ziren Aralarren. Zenbait haran itxura zabala, egitura bereziak eta Arritzagako sakanean aurkitutako morrenak zirela eta, inguruko mendiak Koaternarioko izotzaroren batek eraginak izan zirela pentsatzera eraman zuen. Arritzagako sakanak NW-SE norabidea du, Amezketatik Igaratzako aterpera igotzeko biderik motzena da eta Txindoki mendiaren ipar-ekialdean kokatuta dago. Gomez de Larena, Schmidt eta Kopp jaunek inguru hauetan egindako ikerkuntzen bidez zera ondorioztatu zuten:

**8. argazkia.** Aralarren kobre-meategitik behera kokatutako muturreko morrenako harkozkorrak.

Würmean (2. irudia), elur iraunkorren muga 1.050 metrotan



I. Mugerza

zegoen eta 4-5 km luzeko glaziar bat Arritzagako sakanean kokatuta zegoen muturreko morrenak 800 metroko kotan topatu zirelarik. Glaziarrak 100 metro inguruko lodiera zeukan eta zabalean 200 metro izatera iritsi zitekeen. Zirkoa, bestalde, Ganbo, eta Irumugarrieta mendi artean kokatuta legoke. Kobre-meategitik 100 bat metro beherago, muturreko morrena (ikus 8. argazkia) kokatuta dagoen lekutik behera, hasieran nahikoa zabala den haranak "U" itxura galdu eta "V" itxura hartzen du. Glaziarraren muturra morrenak dauden lekuraino garatu zen eta bertako kararrizko muturraren ondorioz ezin izan zuen aurrera egin.

I. Mugerza



# GLAZIAZIOA

I. Mugerza



**10. argazkia.** Harana goiko aldean nahikoa zabala da eta "U" itxura du. Ikus daitekeenez beherago estutu egiten da "V" itxura hartuz, izotz-masaren azpitik pasatzen ari zen urtze-urak eragindako higaduraren ondorioz.

Hor, izotza urtu eta denboraz, urak "V" itxurako sakana gartu zuen (ikus 10. argazkia).

Baliteke izotzak beste arrasto batzuk utzi izana, baina horrela izan bada, ondoren gertatutako karsifikazioak denak ezabatu egin ditu. Ipar-mendebalderago, Azkaratetik hurbil, 1.700 metro luze-ko glaziar batek beste morrena bat utzi zuen.

## Periglaziarismoa

Sistema periglaziarretan izotzak eragin garrantzitsua du urtearen zati handi batean baina ez modu jarraian. Gainera, ez dago ingurune bakar bati soilik lotuta eta, landaretzak baldintzatuta, intentsitate asko ditu. Periglaziarismoa gaur, azaleratutako luraren azalera osoaren % 16,5ean soilik gertatzen da.

## Zenbait kontzeptu

Glaziarismoarekin gertatzen den moduan, sistema periglazialean ere, prozesu zehatzak ematen dira eta horien ondorioz forma bereziak. Ondoren, horietako batzuk ikusiko dira.

**Pipkrake:** Lurzoruaren gainean dauden pikorren azpiko hezetasu-

na, izotzeko makilatxo fin bihurtzen da tenperaturak behera egin ahala, pikorrek zentimetro gutxi batzuk altxatuz. Temperatura igo eta izotza urtzean pikorra erori egiten da zentimetro batzuk mugituz (ikus 3. irudia).

**Izotz-dilistak:** Lurzoruko ura izotzu egin daiteke azalerarekiko paralelo diren geruzak edo dilistak sortuz. Zirkulu Polarraren inguruan urte osoan zehar diraute.

**Izotz-ziriak:** Haustura txikietako hezetasuna izotz bihurtzean bolu-ena handitu egiten da haustura ere handituz eta arroka apurtuz (*gelibazioa*).

**Solifluxioa:** Izotza iraunkorra den lekuetan, izotz-masaren gainazale-tik hurbil dagoen izotza urtu egin

ohi da udan eta ur hori ezin iragaz daiteke beheko horma izoztuan zehar, ondorioz, urez asetutako masa lohitsu eratu eta mantso-mantso mugitzen hasten da.

**Krioturbazioa:** Izotzak eragindako geruzen jatorriko egoeraren edozein aldaketa da.

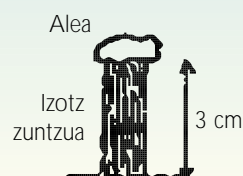
**Grèzes liteés:** Geruzatutako amilketak modura ere, izendatu dira. Pipkrakearen, grabitatearen eta azpialdean kokatutako buztin-geruzak batek eragindako arroka-blokeen garraioa besterik ez da.

## Prozesu hotzak eta periglazialak Euskal Herrian

Euskal Herrian "grèzes liteés" dirrelakoak, solifluxioaren arrastoak, gelibazio-aztarnak eta krioturba-zio-formak aurkitu diren arren, ez dira oso ugariak. Horregatik, ustekabeak kontsideratu izan dira beti eta ez dira inoiz behar bezala aztertu. Interesgarria da, hala ere, adibide hauetako batzuk kobazuloetan topatu izana. Honek arazoak edo kontraesanak ekar litzake gainazaleko prozesu hotzen arrastoak azaltzeko moduarekin.

Behatutako arrasto guztiek Koa-ternariokoak dirudite. Arrasto zaharrenak Arrasateko Lezetxiki kobazuloan topatutako *bloke krioklastikoak* dira, hau da, izozte gogorren bidez eragindako arroka-apurketek sortutako arroka angelutsuen metaketa. Ikerketen ondorioz, metakin horiek fase bitan metatu zirela ondorioztatu da; lehenengoa Würm glaziazioari dagokio eta bigarrena berrukipen postwürmiarrari.

## 3. irudia. Pipkrake.

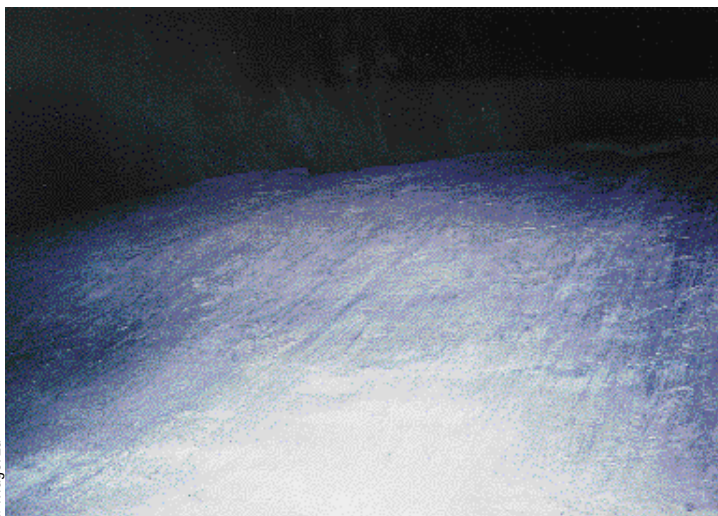




I. Mugerza

**11. argazkia.** Casteret Haitzuloan (Gavarnie, Pirinioak) izotz-kandelak jaiotzen dira sabaitik lurreraino neguan. Udan, ostera, tenperaturak gora egin ahala urtuz doaz eta sabaitik zintzilik geratzen dira mamu txurien antzera.

**12. argazkia.** Aurreko haitzulo berean, izotzak atzera egiten duenean arrokan utzitako hildaskak beha daitezke.



I. Mugerza

Prozesu periglaziarrak glaziar-masen inguruan gertatu ziren, beraien goi-muga elur iraunkorren behe-mugaren azpitik kokatuta zegoelarik. Ikertzaileen ustez Koaternarioko izotzek oso kota baxuetara heldu ziren Würmiarreko elur iraunkorren muga 650 metrotan zegoelarik. Beraz, garai hartako egitura periglaziarrak aurkitu nahi baldin badira, muga horren azpitik bilatu beharko da. Xalbador (Zumaia) eta Igitegi (Oñati) kobazuloetan konduktu karstikoetan pilatutako metakin alubialei eragin dieten krioturbazioak topatu dira eta aurkikuntza honek Koaternarioko garai horretan oso hotz handia izango zela adierazten du.

**Zergatik ez dira gainazalean azaldu, kobazuloetan agertu diren arrasto periglaziarrak?**


Krioturbazio-egitura horiek ez agertzeak, hala ere, ez du esan nahi sortu ez zirenik. Baliteke

material detritikoen garraioaren eta higaduraren ondorioz suntsitu izana. Oñati eta Arantzazuko santutegiaren artean dauden "grèzes liteés" motako sedimentuen pilaketek, metakin krioklastiko hauek duten kontrol litologikoa erakutsi dute. Arrasto hotz-netakoak dira eta eratzeko izozte-urtze ziklo-kopuru handien beharra dute.

*Gelifrakzioaren* arrastoak adibidez Aloñamendiko (Oñati) labarretan ageri dira. Izotzak berak askatutako material kolubialak han-hemenka ikus daitezke.

Tektonikak eragindako zonek, amildutako blokeen belaunaldiak dauzkate gordeta beraien jatorria diaklasa eta hausturetan dagoelarik. Atxarten zelai itxurako eta kontsolidatu gabeko amildegi aktualak eta subaktualak daude. Argi dago, gainera, kolubioi berrien jatorria tektonikari dagokiola, neurri handi batean behintzat, eta ez izotzari.

Gure lurraldean, *solifluxio*-mota biren arrastoak topatu dira: hotza eta epela. Solifluxio-mota bi hauek genetikoki bereiztea nahikoa zaila izaten da, batez ere prozesu sedimentologikoen bidez bereizi ezin direnean. Euskal Herrian jatorri hotzeko koladek zentimetro gutxiko lodiera dute. Igitegi kobazuloan (Oñatin) itxura solifluidaleko materialak ageri dira, baina beraien lodiera handiak jatorri periglaziarra zalantzan jartzen du.

Badirudi Euskal Herrian eragina izan zuten hotzak ez zirela bortitzegiak izan, oso puntualki eragin zutela eta denbora-tarte txikietan soilik. Egitura-barietate txikia agertu delako ondorioztatu da. Gainera, solifluxio-koladek ez dute balio domeinu periglaziar baten existentzia frogatzeko. 

\* Geologian lizentziatua