

**M**adalenaldiko gizakiak bisonte, zaldi eta bestelako animalia ugari marraztu zituen, eta hauen artean, Grotte de Tràs-Frenes haitzuloan (Ariegeko Pirinioetan), bisonte-hezur batean, ezagutzen dugun lehen intsektu kabernikola agertu zen marraztuta. Gainera, marrazkiaren zehaztasunari esker, L. Chopard entomologoak, ezbairik gabe *Troglophilus* generokoa zela adierazi ahal izan zuen. Gaur egun badakigu, haitzuloetan, bereziki ornogabez osaturiko fauna oso dibertsoa bizi dela. Fauna hau kanpokoaren oso

bertan eman baino beste zenbait inguruetan ere bizi direnak troglodiloak dira, eta haitzuloetan denbora-epe laburrean edo halabarrez sartzen direnak, troglodiloxenoak dira.

### **Ekosistema hipogea eta bertako faktoreen eragina kabernikolengan**

Lurrazpiko inguruneak eta bertako izakiek unitate ekologiko oso berezia osatzen dute. Ekosistema hipogeoan faktore abiatikoeak eta trofikoak denek batera parte hartzen dute, nahiz eta banaka harturik ez diren ekosistema horretarako ezaugarri eksklusiboak.

Bestalde, lurgaineko eta haitzuloetako inguruneen arteko banaketa graduala da. Tartean dauden guneek eta bertako bizidunek ere tarteko ezaugarriak dituzte. Gainera, gune horiek garrantzi berezia dute lurrazpiko inguruneen kolonizazioa ulertu ahal izateko eta ekosistema hipogeoaren baldintza trofikoak mantentzeko. Haitzuloen tamainari dagokionez, hauek hirutan bana daitezke: ma-

## Haitzuloetako fauna

### **Eneko Imaz Amiano\***

Historian zehar, gizaki “kultuak”, haitzuloetan, fotosintesarik ezean, bizidunik ez zegoela uste izan du, epe laburrerako eta halabarrez ez bazen behintzat.

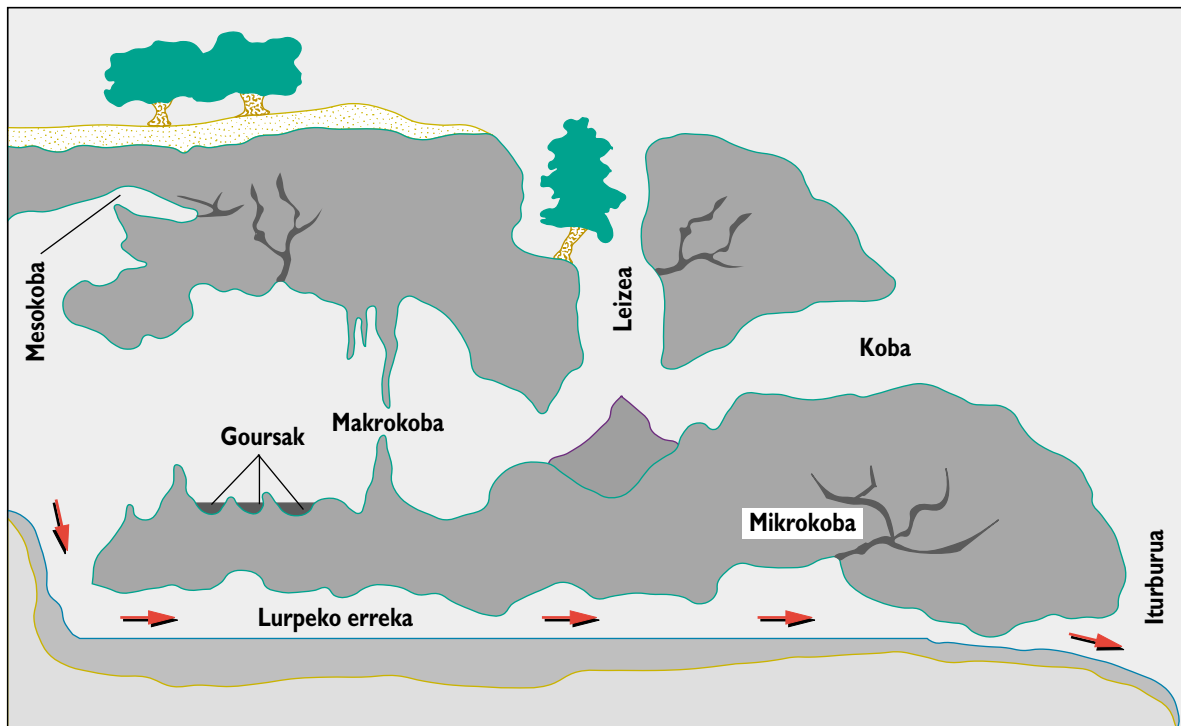
Baina historiaurrean gauzak ez ziren honela.

Neanderthal eta Cro-Magnon kulturako gizakiak, haitzuloak bizileku edota babesleku modura erabili izan ditu Paleolitoan zehar.

desberdina den ekosistema baten baitan antolatuta dago. Espezializatuenak, haitzuloetan soilik bizi direnak, troglodiloak dira, baina ingurune hipogeoarekiko moldapen-maila desberdinak dituztenak ere ageri dira. Bizi-zikloaren zatirik nagusia

Haitzulo-sarreretan argi-gradienteak egon ohi da, landaredia ere gradualki gutxiagotuz.





Ingurune karstiko bateko haitzuloa. Azpian geruza iragazkorra topatzean, urak ezin du beherago jo eta pilatu egiten da errekek sortuz.

krokobak (20 cm baino handiagoak), mesokobak (0,1-20 cm bitartekoak) eta mikrokobak (0,1 cm baino txikiagoak). Lehenengoan ornodun handiak sar daitezke, bigarrena artropodo kabernikolentzat da egokia eta hirugarrena berriz, horientzat ere txikiiegia da. Kabernikola gehienak makro eta mesokobetan bizi dira, denbora gehiena mesokoban emanaz. Ugal-forma eta larbek mikrokobak eta sedimentua erabiltzen dituzte.

Ingurune hipogea lur- eta ur-eremuz osatuta dago. Lur arloan, galeriak (mesokobak barne), zirriku-sarea eta galerien barruko sedimentuak bereiz daitezke. Ur arloan, berriz, goursak, lakuak eta lurrazpiko errekek (ikus goiko irudia).

Karst-etan hutsuneez segida osatzen dutenez, zaila da gune desberdinak banatzea.

Haitzuloen sarrera inguruan izan ezik, barruan ez da fotosintesiarik burutzen, beraz fitofago heretikiek ezin dute bertan bizi eta

gainera animalia plurizelularrek, behar dituzten bitamina, hazkuntza-faktore eta oligoelementuak beste norbaitengandik lortu behar dituzte.

Haitzuloetan beste ezaugarrietako bat hezetasun erlatibo altua da eta askotan % 95 eta % 100 arteko balioa izaten du. Gure behaketetan ez ditugu balio horiek lortu, horretarako sakonera eta garapen handiagoko kobak behar baitira. Baina kabernikolei benetan eragiten diena deshidratazioa da. Hezetasuna neurri txikian gutxiagotuz gero hil egiten dira, kabernikola gehienak higrofilo edo estenohigrobioak baitira eta beraz, hezetasun atmosferiko altua behar dute. Kabernikolek ez dute geruza pigmentatu babeslerik, edo oso endekatua dago, eta ondorioz beren tegumentuak urarekiko oso iragazkorak dira. Horri lotuta, kabernikola asko anfibiostat jo daitezke. Artropodo lurtar ugari, eta zenbait isopodo, diplopodo eta akain uretara sartu eta bertan denbora

batez bizi daitezke. Honela kabernikola lurtar asko noizbehinkako uholdeak jasateko gai da. Alderantziz, kabernikola urtar asko lurtean bizitzeko gai da eta honela gours batetik bestera desplazatu daitezke atmosferako hezetasun altua dela eta.

Hezetasun-behar altua dela medio, orokorrean, aire-korronte handiak dauden galerietan ez da kabernikolarik topatuko.

Bestalde, ingurune hipogea oso egonkorra da. Egonkortasun hau, erabateko iluntasunean, hezetasun altuan eta tenperaturan nabari ohi da.

Haitzuloetan airearen tenperaturak aldaketa gutxi izaten du urte osoan zehar (0,5-2 °C artean), eta kokatua dagoen udalerraren batezbestekoaren antzekoa da (Baltzolakoko koba: 13,1 °C; Auzagatzeluko koba: 12,6 °C). Haitzuloetako urak berriz, aireak baino gradu bat edo bi gutxiago izaten du. Koba altuetan, elurra eraginez, ura eta airea hotzagoak izan daitezke. Dena den, orokorrean, aireko tenperatura oso egonkorra izan ohi da.

Baldintzen egonkortasunak bizidunen erritmo nagusienak ezabatu egiten ditu. Adibidez, fotope-



Haitzulo barruetan erabateko iluntasuna dago eta ondorioz, ez dago landarediarik.

ridoan aktibitate-eza sortzen du. Urtaoen ezak berriz, urtean zeharreko ugaltza-eta letargi-garaiak (hibernazioa zein estibazioa) ezabatu egiten ditu. Dena den, hain nabarmenak ez diren zenbait ziklo ageri da. Udaberri- an, elur-fusioa gertatzean eta beraz lurpeko erreken emaria gehitzean, kobetan baldintzak hezeagoak dira, eta araneido, *Niphargus* edo *Proteus* kabernikolen ugalketa martxan jarriko da. Anfipodo eta kopepodoetan berriz, letargi aldiak behatu izan dira udan gerta daitezkeen gours eta putzuen lehortzeari aurre egin ahal izateko.

Aipatu beharra dago, haitzuloetan uretan bizi diren animalia gehienak, urlasterreko errekek alde batera utziz, putzu, gours edo urgelditan bizi direla.

Perturbazio posibleak, nabariagoak dira haitzuloen sarreretan, iturburuetan eta galeria aereo handietan. Toki hauetan, halabeharrez edo erregulariki fauna troglomeno ager daiteke, baina kabernikola hertsiek barrurago joko dute, egoera egonkorragoaren bila.

#### Faktore-trofikoak ekosistema hipogeoan

Sarrera-inguruetan izan ezik, haitzuloetan, iluntasuna erabatekoa da eta beraz fotosintetizatzaileak falta dira. Ondorioz, haitzulo barruan elikagai-sarrera bakarra

kanpoko urek dakartena edo barruan sartzen diren animaliak eta beren gorotz eta hilotzak dira.

Zenbait karst tropikal eutrofikoak (elikagaietan aberatsak) badira ere, orokorrean haitzuloak oligotrofikoak (elikagai gutxikoak) dira. Bertara moldatu diren kabernikolek polifagi ahalmena eta tasa metaboliko baxua garatu behar izan dute elikagai-eza konpentsatzeko. Une jakin batean elikagai gehiago agertzeak, kabernikolen erritmoetan eragina du, baina elikagai exogenoen agerpenak edo gabeziak, batez ere, kabernikolen banaketa eta kopurua du eragin zuzena.

Argirik ezean, ekoizpen primario bakterio autotrofoen kimiosintesiara mugatuta dago. Hauek buztinean eta limoan bizi dira, galdu egingo liratekeen elementu kimikoak materia organiko berri bihurtuz. Bitamina eta oligoelementuak sintetizatzen diren ingurune hipogeoan landareen lekua beteko dute, beraz garrantzi handia dute. Batzuetan kanpotik datozen bakterio exogeno heterotrofoak ager daitezke materia organikorik baldin badago.

Beste elikagai-iturrietako bat filtrazio bidez iristen den urak dakarren materia organikoa da.

Bakterioak eta urak dakarren materia organikoa *Protozoa* taldearen (izaki unizelularren) elikagaiak dira. Hauek eta ingurune epigeotik urak dakarren planktona gainontzeko kabernikolen oinarritzko elikagai dira, hau da, protozoo eta mikrofaunarena (ikus 42. orrialdeko taula). Horien gainera makrofauna legoke. Hauek sarritan limo eta buztinak ere jaten dituzte abitaminosiarri ekiditearren. Dena den makrofaunaren arteko erlazio trofikoak nahikoa korapilotsuak dira, denak ere omnivorotzat jo baitaitezke. Bi talde handi horien artean limiboro, mikrofito eta detritiboroak daude.

Dena den elikagai-iturri nagusia ingurune epigeoa da, bai uraren

bidez, bai hosto, adar eta eroritako materia organiko bidez eta baita troglófilo eta troglóxenoen gorotz eta hilotzen bidez ere.

## Bizitza hipogeorako moldapenak

Fauna troglóbioak zenbait aldaketa ditu bere portaeran, fisiologian eta anatomian. Aldaketa nabarmen eta orokorrenak lau dira: pigmentazioaren galera; ikusmenarekin loturiko egituren atrofia (beraz ikusmen-galera); apendizteen mehetzea, egitura ez-optiko sentzorialen hipertrofia; eta tasa metaboliko baxua. Baina badira maila desberdineko beste zenbait ere:

- Anoftalmia. Troglóbioen artean, begien funtzionaltasun-eza oso zabaldua dago, begien atrofia nabarmenetik hasi eta nerbio optiko eta zerebroko

zentru optikoen erabateko desagerpeneraino iritsiz. Taldeez talde asko alda daiteke, baina orokorrean periferiatik hasi eta egitura zentral aldera ematen da atrofia.

- Depigmentazioa. Pigmentuen sorrera entzima eta hormonek kontrolatzen dute biokimikoki eta, beraz, argi-ekak sintesiarik ez ematea izango du ondorio. Kabernikola hertsietan depigmentazioa atzera ezinezkoa da (genetikoki kontrolatuta dago) eta troglófiloetan, orokorrean, itzulgarria; hau da, argiak sintesia eragingo luke.
- Kabernikoletan, ia talde guztietan, metabolismoa talde bereko epigeoetan baino dezente baxuagoa da. Horrek oxigeno-kontsumo baxuagoa eta aktibitate murrizta dakartza. Honela, troglóbioek atsedendaldi luzeagoak dituzte, elikagaiak bilatzeko gutxiago mugitzen dira, arnasketa lasaia dute eta

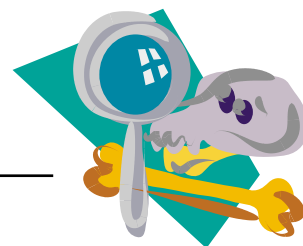
harrapariengandik ihes egiteko erreakzio motelagoa dute. Denaren den, ukitu edo argituz gero berehala ihes egiten dute.

- Gigantismoa. Troglóbioak, orokorrean, talde bereko epigeoak baino handiagoak dira. Salbuespen gisa fauna interstiziale-tik eratorritako formak daude, ohikoa baino txikiagoak direlarik. Pentsatzekoa da, bi joera horiek, beste arrazoen artean, irla efektua deritzonagatik ere gerta daitezkeela, azken finean haitzuloak medio oso isolatuak baitira (horregatik izaten dituzte edemismo ugari).
- Gigantismoak beste ezaugarri batzuetan eragiten du. Troglóbio gehienek arrautza gutxiago baina handiagoak jarri ohi dituzte. Ondorengo prozesu guztiak ere geldoagoak dira, fase larbarioa murriztagoa eta bizi-iraupena luzeagoa. Adibide neotenikoak ere ugariak dira (*Proteus anguinus...*).
- Orokorrean, talde bereko epigeoak baino gorputz lirainago eta apendizte luzeagoak dituzte. Hau bereziki opilioi, pseudoskorpioi, krustazeo, orto-terro eta Trechinae koleopteroetan ikus daiteke. Horrekin batera organo sentzorialen ugaritasuna eta garapena ematen da (batik bat kimiohartzaileak eta ukime-nezkoak), elikagaien bilaketa faboratuz eta komunikazio kimiko intraspezifikoa ahalbidetuz.
- Intsektuen artean fisogastria (intsektuek gantz gehiegi izatea eta abdomena gehiegi loditzea) eta apterismoa aipatu izan dira. Intsektuen artean depigmentazio, anoftalmia eta apterismo arteko korrelazioa maiz ematen dela ikusi da eta hori hiru karaktere horien kontrola gene-multzo berari egotziz azaldu izan da.
- Troglóbioen barne-anatomian ere ematen dira aldaketak. Adibidez: liseri hodiaren sinplifikazioa; gonada txikiagotzea; obulutegia txikiagotzea eta asi-

Phyluma	Klasea	Subklasea	Ordena
Platyhelminthes	Turbellaria (m)		Tricladida
Nemathelminthes*	Nematoda*(m)		
Annelida	Oligochaeta (m)		
Mollusca (M)	Gastropoda	Pulmonata	Limicolae Bassomatophora Stylommatophora Pseudoscorpionida(M) Opiliones(M) Araneida Acarina *(mi)
Arthropoda	Arachnida		Cyclopoida Harpacticoida Bathynellacea Isopoda Amphipoda(m)
	Crustacea (m)(M)	Copepoda(m) Malacostraca	Glomerida Craespedosomida Lulida Lithobiomorpha
	Diplopoda	Chilognata	Collembola Diplura Diptera *(mi)(de) Coleoptera (M) Trichoptera *(M)
	Chilopoda (M)		
	Insecta	Apterygota Pterygota	

Kantauri aldeko Euskal Herrian troglóbioak osatzen dituzten zenbait talde:  
\*: ez dute talde troglóbio eksklusiborik ; (M): makrofauna; (m): mikrofauna;  
(mi): mikrofauna; (de): detritiborora.





Kasu batzuetan kanpo-elikagaien pilaketak oso nabarmenak dira. Horrek troglobio asko erakartzen du.



Haitzuloetan iluntasunean depigmentazioa ohikoa da.

*Elona quimperiana*. Koba-ataritan maiz aurkitzen den endemismo kantauriarra.

Haitzulo sarreretan maiz agertzen dira tisonuroak. Horiek hezetasun altua behar dute eta gautarrak dira.



metriko bihurtzea; guruin endokrinosen aktibitatea gutxiagotzea; eta burmuineko zentru optikoak, lobulu optikoak eta nerbio optikoak murriztea.

- Jokaera. Gehienak aurretik aipatuak daude: egunean eta urtean zeharreko erritmoen eza, moteltasuna, fototropismo negatiboa edo argiarekiko erreakzio-eza, rheofobia kabernikola urtarretan, aire-korronte eta atmosferaren hezetasun-ezarekiko erreakzio negatiboa, elikagaien bilaketa motela, ihes egiteko erreakziorik eza, omnivorismoa, geografia eta ugalketarako ohitura bereziak. Baina beste kanpo-faktoreekiko erreakzio ugari dute; hala nola, ukipenarekiko oso sentikorrek dira, baita bi-brazioekiko, tenperatura- eta hezetasun-aldaketekiko, etab. Orokorrean kinada hartzaileak

antenetan dituztela dirudi, urrun kokaturiko beidak ere detektatzeko gai direlarik.

### Lurpeko biotopo nagusienak, biozenozia eta talde kabernikola nagusienak

Biozenosia ingurune jakin batean, gure kasuan haitzuloetan, bizi den komunitatea da. Biozenosi bakoitza populazioez osatua dago eta hauetako bakoitza biotopo jakin batean bizi da. Gure inguruetakoa koba karstikoetan, bost biotopo nagusi, bakoitza bere populazioarekin daude:

- 1) Sarrera inguruko pareta eta sabaia, bertako asoziazio parietalaz.
- 2) Sarreretakoa eta higakin koanetakoa zoruak fauna endogeneoa.

- 3) Alde sakona eta bertako fauna troglobio lurterra.
- 4) Gorotza eta bertako fauna.
- 5) Gours, laku, lurpeko erreka eta bertako fauna kabernikola urterra.

Biotopo hauek ez dute muga zehatzik eta azpiunitateetan ere bana daitezke.

Amaitzeko, aipatu beharra dago haitzuloak ingurune oso isolatuak direnez, batetik, bertara moldatzen direnak predatzaile gutxi dituztela, eta bestetik, endemismo ugari sor daitekeela. Azken horren ondorioz oihan tropikalekin batera, haitzuloak dira espezie berri gehien "ematen" dituzten ekosistemak.



\* CAF-Elhuyar sarietara aurkeztutako artikulua