

6€ **EUSKAL HERRIKO**
110 ZENBAKIA 2018ko AZAROA-ABENDUA
Natura



Kultura eta Hizkuntza Politika Sailak
(Hizkuntza Politikarako Sailburuordetzak)
diruz lagundua

**BIOTOPOAREN DESKRIPTION
OROKORRAK**

FYSCHEKO ARROKAK

**ZUMAIKO
ESTRATOTIPOAK**

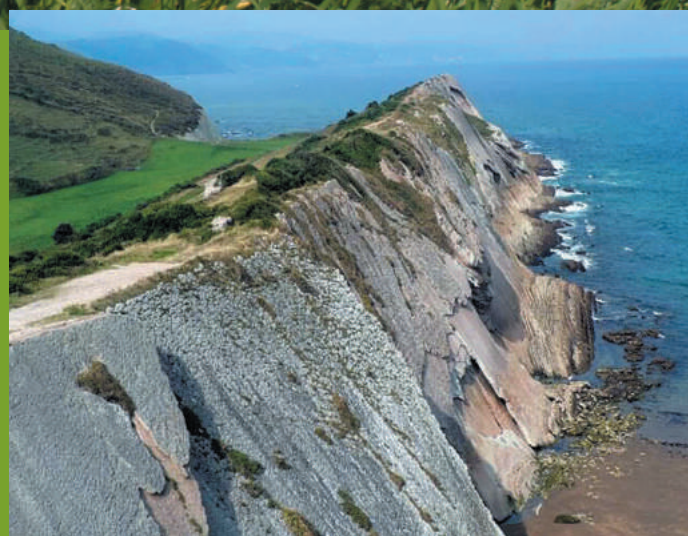
MIKROFOSILAK

**FAUNA, FLORA ETA
EKOSISTEMAK**



**DEBA ETA ZUMAI, ARTEKO
ITSASERTZEKO BABESTUTAKO BIOTOPOA**

Flysch Biotopoa



**EUSKAL HERRIKO
NATURA**

IRAUNGITZEKO ZORIAN DAUDEN ESPEZIEAK DEFENDATZEKO ELKARTEA

EUSKO JAURLARITZA

KULTURA ETA HIZKUNTZA
POLITIKA SAILA



GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE CULTURA
Y POLÍTICA LINGÜÍSTICA

Kultura eta Hizkuntza Politika Sailak
(Hizkuntza Politikarako Sailburuordetzak) diruz lagundua

**ZURE NATUR ETA ZOOLOGIA
ALDIZKARIA**



Bizkaiko Foru Aldundiak babestutako ekintzak

AURKIBIDEA

EUSKAL HERRIKO NATURA- 110.zk - 2018ko -AZAROA-ABENDUA - 6€



FLYSCH BIOTOPOA

Deba eta Zumaia arteko intsa-
sertzeko babestutako biotopoa ...4
Kontserbazio biologiaren arauak ...5
Ikerketaren historia ...6
Biotopoaren deskripzio orokorra ...8
Zer garrantzia du itsasoak
biotopo bizitzaren garapenari? ...8
Mareak ...9
Zerk moldatzen du biotopoaren
paisaia? ...10
Itsasertzeko hondartzak ...12
Nola irakur dezakegu lurreko
historiaren liburu handi hau? ...14
Flyscharen eraketa ...15
Testuinguru orokorra ...16
Flyscheko arroak ...17
Turbiditen bereizgarriak ...18
Arroka formazio handiak ...19
Eozeno hareazko flyscha
(Jaizkibel formazioa) ...20
Flyscheko fosilak.
Gure eleberriko pertsonaiak ...21
Mikrofosilak ...22



Iknofosilak ...23
Harrien -ziklo astronomikoa ...24
Munduko harrien imana ...25
Inbertsio magnetikoak ...25
Biotopoaren paleomagnetismoa ...26
Plaka tektonikoen indarra ...26
Denbora geologikoaren mugak ...28
Zumaiaiko estratotipoak ...29
Bizirik irauteko borroka etengabea ...30
Azkeneko suntsipen handia
dinosaurioen desagertzea ...32
Frogabideak ...33
Bi teoria nagusiak ...34
Klima Lurrean. Milioika
urteko historia harrigarria ...35
Klima beroa eta glaziazio handiak ...36



Antartidako izotzeko lekukoak:
azken milioi urteko klima ...37
Gaurko klima aldaketaren
anomaliak ...38
Lurren berotze handia ...39
Beroketaren ondorio biologikoak ...40
Petm eta gaurko klima
aldaketaren arteko erlazioa ...41
Fauna, flora eta ekosistemak ...42
Zabalguneak animaliak ...43
Landa atlantikoak ...45
Eskualdeko biztanleen bizitza
eta ohiturak ...47
Biotopo ibilbide tematikoak ...48
San Telmo ermita ...48
Flyscharen liburu handia ...49
Itzuringo haitzuloak ...50
Koralezko mendiak ...51



**EUSKAL HERRIKO
NATURA**

Zuzendaria: Fernando Pedro Pérez.
Erredakzio-burua: Iñaki Landaluze.
Kolaboratzaileak: Nerea Urtaran, Miren Alustiza, Oskar Azkona, Fidel Korta.
Anaut Paterson, Jon Zubiri, Elena Azkarreta, Xabier Aramburu, Kepa Alustiza.
Argazkilaritza-taldea: Edurne Urkizu, Aitor Zubizarreta, Xabier Urreta, Izaskun Loidi.
Maketatzailea: Cristina Urionabarrenetxea.
Legezko gordailua: BI-2452-02.
ISSN: 1695-4645 **Aleak:** 2.000

Erredakzioa:
Av. Madariaga, nº. 47-6º C - Esc.1 - 48014 BILBAO.
Tel: (94) 4 75 28 83. e-maila: adeve.1991@gmail.com

Argitaratzailea:
Iraungitzeko Zorian Dauden Espezieak
Defendatzeko Elkartea.



EHAA-1996ko otsailak 7, asteazkena.
3/1996 DEKRETUA, urtarrilaren 9koa, Elkartea
herri-onurakoa dela aintzatesten duena.



HARPIDETZA-ORRIA

Urteko kuota: Hamabi ale urtean: 36 euro. TLF: 94 475 28 83

DEBA ETA ZUMAIA ARTEKO ITSASERTZEKO BABESTUTAKO BIOTOPOA

Deba eta Zumaia arteko itsasertzeko biotopoa Gipuzkoako kostaldean kokaturik dago eta 8 kilometroko kostalde basa hartzen du Deba eta umaia herrien artean. N-634 errepide nazionala edo A8 Kantauriko autobidea dira biotopora iristeko bide nagusiak. Zumaia, hartarako sarbide nagusia. Donostiatik 47 Kilometrora, Bilbotik 85 kilometrora eta Gaszeiztik 100 kilometrora dago.

Itsasertzeko biotopoa ingurune bereziki erakargarria da bertako itsaslabar handien edertasunagatik eta landazabal atlantikoko paisaia bukulikoengatik. Gainera, itsaslabar hauek Lurreko azaleratze geologiko handietako bat ezkututzen dute: Zumaia flycha, 8 km luze den liburu naturala, Lurreko historiaren ondoz ondoko 50 milioi urte hartzen dituen. Haren errailetan irakurtzea denboran bidaiatzea da eta ikertzaileei bide ematen die iragan geologiko hurbileko ingurumen gertakarietako batzuk ulertzeko. Gune hau, gainera, guztiz interesgarria da ikuspegi geomorfologikotik, bertan eratu baitira Kantauriko abrasio plataforma zabalenetako batzuk; horrek, aldaketa antropogeniko gutxirekin batera, ohiz kanpoko itsas biodibertsitatea kontserbatzea ahalbidetu du.

Arrazoi horiek guztiak direla eta, 2009ko otsailaren 10ean alderdi hau babesturik gertatu zen, 34/2009



Dekretuaren bidez biotopo izendatu zutela. Gaur, santutegi zientifiko arautu bat izateaz gain, paisaiatzeko leku bat eta, oro har, jendearen heziketa geologikoari irekitako leiho bat da. Gaur egun Gipuzkoako Foru Aldundia biotopoaren kudeatzailea eta haren helburu orokorren arduraduna, helburu horiek hiru ideia nagusiotan laburbil daitezkeela:

* Labar lerroaren ekologia ondarea, paisaia eta prozesu geomorfologikoak kontserbatzea.

* Landa zabal, labar eta marearteko ekosistema naturalak kontserbatzea eta lehengoratzearren bertako espezieak ugaltzen laguntzearen.

* Biotopo jarduera zientifikoa koordinatzea eta dibulgazio eta erabilera publiko ordenatu baterako plan bat gauzatzea.

Biotopoak 4.300 ha inguruko eremua hartzen du, horietatik 3.756 itsas aldeari dagozkio eta 495 lehorrekoari. Barnealdera, funtsean, antolaketa esparrua itsas eragin handieneko ikus arroek mugaturik dago. Itsas barrura, muga barne urena da. Biotopoaren mapak, halaber, araupeko zonifikazioa erakusten du, zeinak kontserbaziorik zorrotzena eta ingurunearen erabilera tradizionala eta jen-



dearen gozamina bateragarri egitearen aldeko apustua islatzen duen.

Kontserbazio biologikoaren arauak

Biotopoaren funtsezko helburuetako bat espezieen kontserbazioa da, hala itsasokoei nola lehorrekoei dagokienez. Haala, ekosistemak zaintzeak eta hobetzeak bildu dute arreta eta ahalegin nagusia, baina, era berean, araudi berezi batek erregulatu egiten du ezer ateratzeko eta ehizatze jarduerak. Natura gunea ez da

ingurune bakartu eta hermetiko gisa ulertzen, baizik eta berezko prozesuen eta jarduera tradizionalaren arteko bizikidetza leku gisa, ingurune hau gaur arte berebiziko egoeran mantendu duena.

Itsaslabarren aurrealde babestu guztiak gainera, itsas erreserba integraleko bi gune daude, eta horietan ezin daiteke ezer ateratzeko jarduerarik gauzatu. Hala berean, jarduera zinegetikoa arautu eta kontrolatua dago biotopoaren barnean. Erreserba guneetatik kanpo, ondokoak aplikatzen dira: Eusko Jaurlaritzako Itsasoko Kirol-arrantzaren Arautegia (198/2000 Dekretua) eta Euskadiko Natura, Flora eta fauna Gordetzeko Lege Orokorra (16/94 Legea).

Geokontserbazioa eta biotopoaren koordinazio zientifikoa

Ondare geologikoaren kontserbazioa eta kudeaketa lehentasunetako xedeak dira Deba-Zumaia itsasertzeko biotopoen. 16/94 Legeak ahalmen nahikoa du horretarako, baina biotopoa kudeatzen duen organoak geokontserbaziorako protokolo berezia garatu du, bilketa jarduerak errotik eraztearen eta biotopoaren jarduerak zientifikoa sustatu eta koordinatzearen.

Organo kudeatzaileak baimendu beharko



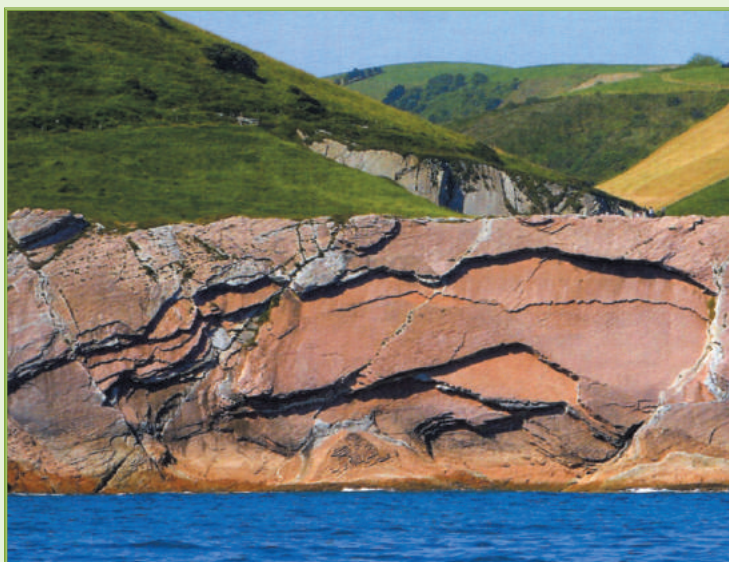
du geologia ondareari eragingo dion edozein ateratze edo bilke-ta jarduera, laginketa zientifiko edo ekintza, beti lehenetsiko dituelarik azaleratzearen zain-tze egokia eta zientzia izaerako lanak. Era berean, babes bere-ziko bost gune zehaztu dira; Gipuzkoako Foru Aldundko tek-nikariek horietan egin beharre-ko edozein jarduera ikuskatu beharko dute. Behin baimena bideraturik, biotopo zuzendari-tza zientifikoak logistika eta zientzia alorrei dagozkien era guztietako erraztasunak ematen ditu ikerlanak gauzatzeko. Ordainez, ikertzaileei emaitzak zuzendaritza horrekin partekat-zea eskatzen zaie, behin ohiko foro zientifikoetan argitaratuak izan ondoren



Ikerketaren historia

Zumaiako flyscha Lurreko azaleratze ikertuenetako bat da. Hainbat espezialitate eta herrialdetako geologo eta zientzialarien joan-etorriak etengabeak izan dira XX. Mendearen erdialdetik batez ere, eta horrek bibliografia zientifiko guztiz zabala eman du. Kapitulua honek historia harrigarri horren mugarri garrantzitsuenetako batzuk biltzen ditu.

Alderdi honetan egindako lehen lanak XIX. Mendearen amaierakoak dira. 1884an, Ramón Adán de Yarzak nabarmendu egin zuen Gipuzkoako material kretazeo eta paleogenoen garrantzia, *“Descripción física y geológica de la provincia de Gipuzkoa”* obran biotipo azalera-tze batzuk aipatzen zituela. 1933an, Florebtino Azpeitiak fosil espezie berri batzuk deskribatu zituen *“Datos sobre el estudio paleontológico del Flysch de la costa cantábrica”* obran, bai Zumaiian eta bai Espainiako beste leku



batzuetan aurkituak. Era berean, aspaldiko lanen artean nabarmentzekoa da Máximo Ruiz de Garona buruturi-koa, 1984an makroforaminifero asko deskribatu baitzi-tuen, haietako batzuk lehen aldiz Zumaiian aurkituak.

Zumaiako flyscha gehien ezagutarazi duen ikertzaileetako bat Joaquín Gómez de Llarena izan da, Aranzadiko Geologia Sailarn sortzaila, jendeak El piedras ezizena jarri ziona. Haren lan guztien artean nabarmentzekoak dira 1954-56 bitartean argitaraturiko liburuak: *“Observaciones geológicas en el Flysch Cretácico-Numulítico de Guipúzcoa”*, horien bidez nazioareko komunitate zientifikoaren arreta erakarri eta 1946an aztarna fosil berri bat definitu, Helminthoida zumayensis izenekoa.

Lehen argitalpen horien ondorioz, XX. Mendearen bigarren erdialdean kanpoko ikertzaikleak hurbiltzen hasi ziren eta gunean bertan txangoak antolatzeari ekin zioten. Lehenengoen artean nabarmentzekoa da Bruselako Unibertsitateak antolatutakoa, Danaeyr irakaslearen ardurapean. Hark bere mirespena adie-razi zuen ebakiduraren aurrean: *“Zein ikerketa alor miresgarria!, Alpeetan -flyscharen lurralde klasikoa-alferrik bilatuko genuke halako jarraitasun bat, ezta antzeko lasaitasun tektonikorik ere”*. Material horiek kanpoko ikertzaileengan pizturiko interesa Geologia tetuliburu baten azalean islatu zen, F. J. Pettijhon eta P.E. Potter geologoen egin eta 1964an Springer-Verlag argitaletxe ospetsuak argitaraturiko liburuan, hain juxtu.

Ebakidurak sorturiko interesaren ondorioz, kanpoko ikertzaile batzuek beren doktore tesia gauzatu zuten bertan. Horien guztien artean, nabarmentzekoak dir Dietrich Herm eta Axel von Hillebrandt alemaniar ikertzaileenak, gune honetara lehen aldiz 1958an



iritsi zirenak; 1965ean argitaratu ziren horien tesiek nazioarteko ospea eman zioten Zumaiari.

Kanpoko ikertzaile ugarietz gainera, azken hamarkade-tan Zumaiako ebakiduran gehien lan egin duten bi esko-lak Euskal Herriko Unibertsitateko Estratigrafia eta Paleontologia Taldea eta Zaraagozako Mikropaleonto-logia Taldea dira, Victoriano Pujalte eta Xabier Orue-Etxebarria doktoreen eta Eustoquiuo Molina irakaslea-ren zuzendaritzapean, hurrenez hurren. Era berean,



nabarmentzekoa da Jan Smit holandar geologoak eta Birger Schnitz suediarrek egindako lan handia. Azken hogeita hamar urteetan bertan egindakoikerlan gehie-nek zerikusia dute ebakiduraren lau muga geokronolo-gikoekin. Laurogeiko hamarkadan, Kretazeoaren amaierako desagerpen handiari buruzko ikerketaren goreneko unean, ikerketarako azaleratze klasikoetako bat gertatu zen Zumaiia, W. Alvarez amerikarrak eta J. Smit holandarrak, inpaktuaren teoriaren egilekideek ere aipatu zutelarik. Laurogeita hamarreko hamarkadan,

Paleozeno/Eozeno mugaren zehazpenaren eta oraingo berotzearen arteko antzekotasunak berriro ere boladan jarri zuen Zumaiia mundu guztiko geo-logoen eta paleontologoen artean. Oraitsuago, azken urteetako ikerketa gehienek Paleozenoko barne mugekin eta ebakiduraren zikloestratigrafia-rekin loturiko kontuetan jarri dute arreta.

Lan jarraiki eta disziplina askotariko hau sariturik gertatu da 2010eko maiatzean, Nazioarteko Estratigrafia Batzordeak Daniar/Selandiar eta Selandiar/Thanetiar mugen estratotipoak Zumaiian jarri zituenean. Urteak direla abiatuturiko lana buru-ratzen du aitorpen horrek, jadanik Kreta-zeo/Tertziario eta Paleozeno/Eozeno muga guztiz ezagunak ere kontuan hartuak izan ziren muga estratotipo ofizialak izateko.

BIOTOPOAREN DESKRIPTION OROKORRA

Kantauriko itsasertzean ohikoak diren ezaugarriak ditu ingurune honek, hots, klima atsegina eta epela. Euria maiz egiten du urte osoan eta tenperaturak gozoak dira, urteko batez bestekoa 13 °C dela. Eskualdean nagusi diren iparraldeko haizeek maiztasun handiagoz jotzen dute udaldian, eta hegoaldekoek gehiago udazken-neguan. Ondorioz, neguko tenperaturak gozoak dira eta neurritsuak udakoak; abuztuaren eta urtarrilaren artean 12 °C inguruko tenperatura aldea izaten da.

Urteko laino egunak (%12), hezetasun erlatinoaren balio handiak (%80) kontuan hartuz, espero izatekoa litzatekeena baino gutxiago dira. Horretan zerikusia dute haize gogorren maiztasun handiak (udazken amaieran bereziki) eta iraupen handiko antizikloien maiztasun apalak.

Urteko prezipitazioak 1.040 mm eta 2.180 mm artean egoten dira, urtean 150-200 euri egun izaten direla. Prezipitazio handienak udazkenean gertatzen dira eta muturreko balioak abenduari dagozkio. Aitzitik, udalaren hasiera garai lehorena izaten da.

Galernak

Kantauriko itsasertzean galernak dira fenomeno klimatiko bereizgarrien eta arriskutsuenetako bat. Batez ere

udan gertatzen dira, bat-batean hego haizeko egun bare-atsegina arratsalde ekaiztsua bihurtzen denean. Haizeak ipar-mendebaldeko norabidea hartzen du eta haren indarra areagotuz doa, 80 kilometro orduko baino abiadura handiagoak hartzeraino, itsas handia eragiten duela. Temperatura 12 °C ere jaitsi daiteke minutu gutxian eta hezetasuna eta presioa igotzen dira. Eskuarki, bat-bateko aldaketa horrek behe estratuak sartzea dakar, eta horiek euria eragin dezakete.

Galernak 2 edo 3 getatzen dira urtean batez beste, baina horien arriskua ez da gutxiestekoa. Gogorrenetako bat 1912ko abuztuaren 12an gertatu zen, Matxitxako lurmuturretik berrogeita hamar miliaren batera: 141 arrantzale, horietatik 119 bermeotarrak, hil egin ziren arrantzan ari zirela.

Horien sorreraz den-dena ezagutzen ez bada ere, antza denez, azaleratzeko haize masa bero batek, gure mendien gerizan eratuak, itsas haize hotz masa bat jotzen duenean sortzen dira galernak.

OZEOGRAFÍA
ZER GARRANTZIA DU ITSASOAK BIOTOPO
BIZITZAREN GARAPENEAN?

Geografia hedaduraren ikuspegitik, Deba-Zumaia itsasertze-ko biotopoa funtsean itsas biotopoa da eta kantauri itsasoaren ezaugarri fisikokimikoek sakon baldintzatzen dute.

Oro har, Golkoko itsaslaster ezagunaren adarretako batek baldintzatzen du Bizkaiko Golkoa. Karinetik datorren itsaslaster horrek Europari latitudeagatik legokiokkeen baino klima beroagoa dakariko.



Temperatura

Neguan Kantauri itsasoko tenperaturak oso egonkorak dira, baina udan ura asko berotu daiteke eta upwelling esaten zaion fenomenoaren eraginez abiatzen da; haize horiek azaleko ur masa beroa mugiarazten dute, eta utzitako hutsunea berehala betetzen du sakonera handiagotik datorren urak,

hotza eta elikagaietan aberatsa dena. Fenomeno horren ondorioz, halako lekuak arrantzan bereziki aberatsak dira eta horrexegatik Galiziako urak Euskal Herrikoak baino hotzagoak dira.

Uhinak

Uhin gehienak ipar-mendebaldetik iristen dira biotopozra. Udan uhinen %75 metro batetik beheragokoak dira, eta haien artean 10 segundo baino gutxiago igarotzen da. Neguan, aldiz, uhinen %75 metro batetik goragoak dira, eta normalean, haien artean 10 segundo baino gehiago igarotzen da. Surflariak estimu handitan dauzkate biotopo uhinak uniformetasunagatik, bertako abrazio plataformaren harrizko hondo egonkor eta homogeenaren isla dena.



Argia

Uraren argitasuna faktore erabakigarria da itsasoaren emankortasunean. Sakoneraren arabera, argi uhinen luzerak ere selektiboan desagertzen dira.

15 metrora argi gorriaren %1 besterik ez da iristen 80 etrora argi berdearen %1 besterik ez da iristen 130 metrora argi urdinaren %1 besterik ez da iristen 130 metrotik haratago ez da inolako argi motarik iristen.

Urak eragindako argi galera neurtzeko 30 zentimetroko disko zuri bat erabiltzen da. Uretan sartu eta begien bistatik noiz galtzen den erreparatzen da.

Azaleko itsaslasterak: azaleko itsaslasterrek itsasertze-ko lerroarekiko joera ia paralelo markatzen dute garbiki, ekialdeko norabidean neguan eta aldakorragoa udan.

Gazitasuna: biotopo uren gazitasuna 35,5 gramo litroko da eta, logikoa denez, gazitasun mailarik apalena Urola

ibaiaren bokalean erregistratzen da.

Oxigenoa: biotopo oxigeno disolbatuaren kontzentrazioa eta saturazioa, orobat, bizitzaren funtsezko baldintzatzaileak dira.

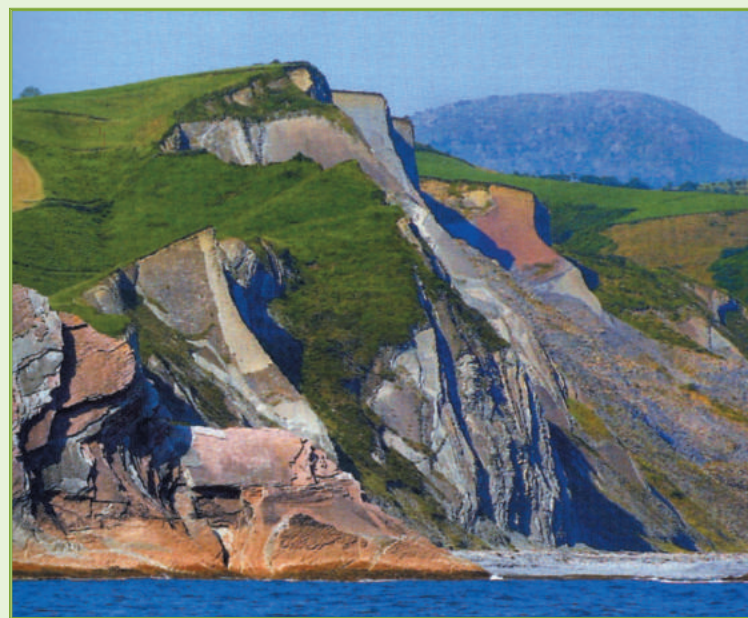
Mareak

Marea baldintzatzaile garrantzitsua da biotopo paisaian eta marearteko ekosisteman.

Mareak gure planetako ur masaren mugimenduak dira, hedadura handi samarrekoak eta ilargiak. Larraren gainean eragindako erakarpin indarrari erantzuten diotena. Eguzkiak ere, neurri apalagoan, parte hartzen du fenomenoari bere ukitua ekartzen diola, garrantzi handiagoa edo txikiagoa emanez. Mugimendu horiek marea izenez ezagutzen ditugun itsas mailaren aldaketa garrantzitsuak eragiten kostaldeko lerroan.

Egunean bi mareagoa eta bi mareabehera daude, baina horien tamaina aldakorra da. Eguzkia eta ilargia lurrarekin lerrokatzen direnean eta batera tira egiten dutenean, edo erabat aurrez aurre daudenean, mareak indartsuagoak izaten dira, eta marea biziak izenak ezagutzen dira. Bi astroak angelu zuzenean daudenean norabide desberdinetara jotzen dute; horren ondorioz mareen bitartea murrizten da eta marea hilak gertatzen dira. Ilargia, era horretara, gure gigari bilakatzen da, marea biziak ilargi edo ilargi berriarekin batera gertatzen baitira.

Deba-Zumaia biotopon marearen uhina mendebaldetik sartzen da eta ekialderantz mugitzen da. Itsasaldien artean 1,5 metroko aldea dago marea hiletan, eta 4,5 metrokoa marea bizien garaian. Oro har, Atlantiko guztian bezala, bi mareagoraren artean 12 ordu eta 42 minutu denbora bitartea dago eta 50 minutu atzeratzen da egunero.



GEOMORFOLOGIA

ZERK MOLDATZEN DU BIOTOPOAREN PAISAIA?

Algorri-Sakoneta itsasertzeko biotopoaren kistaldeko 8 km-ek, zalantzarik gabe, euskal geografiaren paisaia berezien, ederraren eta harrigarrienetako bat osatzen dute. Kostaldeko mendi berde eta bigunak Kantauri itsasoarekin batzen dira kostaldeko zerrenda muxarratu eta malkar batean, zeinak itsasoaren indar gogor ezin saihestuzkoari aurre egiten dion. Uhinek itsasertzeko tarte honen kontra eten-gabe aritzeak labar handiak zulatu ditu, baita gune horretako ezaugarri geomorfologiko nagusiak zizelkatu ere.

Paisaia honek kostaldeko lerroaren atzerakada oso aktiboa du bereizgarri. Geroago ikusiko denez, atzera egite horrek Europako marearteko plataformaa ikusgarri-reenetako eta zehatzenetako bat moldatu du. Hala, lau paisaia unitate nagusi bereizten dira biotopoan, ongi zehazturik eta garbi bereizirik daudenak: gune lehorreko landa berde eta biribilak, itsaslabar malkarrak, behealdeko marearteko zabalgunea handia eta itsasoaren paisaia urdina.



Era berean, nabarmentzekoa da gune hau bazter egoitea mesedegarri gertatu dela paisaia eta natura baliabideak eta bikainean kontserbatu ahal izateko, gizakien eragina urria edo ia ezdeusa izan baita. Soil-soilik eragile atmosferikoek eta nekazaritza jarduerak moldatu dituzte baliabide horiek.

Paisaia harrigarria gertatzen da forma eta kolore ugarriagatik. Biotopoan zehar ibiltzeak mundu natural batera garamatza. Mundu horretan denbora astiro iragaten da, itsasaldien erritmo geldoan eta geldiezinean, urtean lerratzen diren uhinen konpasean, itsaslabarrak behin eta berriro jotzen dutela.

Itsaslabarrak eta abrasio plataforma biotopo paisaia elementu nagusiak dira eta itsasertzeko, prozesuen dinamismoaren froga garbia dira.

Itsaslabarren atzerakada era oso errazean eta dinamikoan gauzatzen da. Uhinek etengabe jotzen dute itsaslabarren oinaldearen kontra, eta horiek pixkanaka higatu eta zulatu egiten dira. Higadura askoz handiagoa da geruza bigunagoetan, zeinek, behin higaturik gertatuz gero, gogoragoak deserrotzen dituzten eta bloke handiak askatu edo erorazten dituzten. Jauste horiek ia-ia egunero



gertatzen dira eta eroritako materialak itsasoak berriro lantzen ditu harri koskorrak moldatu arte, zeinek berriro itsaslabarra jotzen duten. Hala, itsasoaren higadura ahalmena areagotuz doa. Itsaslabarrek atzera egiten dutenean, harrizko plataforma horizontal handi batuzten dute beren oinaldean, abrasio plataforma edo, azaleratzen denean. Marearteko zabalgunea deitzen dena. Plataformak, beraz, bitariko prozesuak dira, higadura eta sedimentazioa, itsaslabarretatik eroritako pusak biribildu egiten baitira eta, erratuz urratzaille gisa jokatuz, hondo harritsua garbitu eta higitzen baitute itsaslasterrek higitzen dituztenean. Hori dela eta, marearteko zabalgunearen azala oso biguna izan ohi da.

Plataforma huaek, oro har, oso malda gutxikoak izaten dira eta mareagoraren eta mareabeheraren mugen artean hedatzen dira. Horren haritik, abrasio plataformen eraketa marearteko alde nabarmena egotearen mende dago; era horretara, urpeko harriak uhinen indarra apaltzen du, horien higadura ahalmena gutxiagotzen da eta etzerakada metro gutxira gelditzen da.

Deba-Zumaia itsasertzeko biotopoan, dinamika horrek 150 m garai diren itsaslabar handiak eman ditu, baita Europako abrasio plataformen arteko handien eta ikusgarri-reenetako bat ere. Kasu honetan, flyscharen orientazioak eta geruzen gogortasun desberdinek asko baldintzatu dute higadura prozesua.

Flyscheko geruzen gogortasun desberdina eta kostaldeko lerroarekiko eta uhinen norabidearekiko horiek duten orientazioa dira kostaldeko higadura kontrolatzen duten elementu nagusiak, eskala guztietan. Geruzen norabidea kostaldeko lerroarekiko perpendikularra denean, itsasoak indar handiagotz higitzen du geruzak bigunagoak direnean eta senaia gutxiasko handiak sortzea faboratzen du. Harri gogorragoko irtenguneek bereizten dituzte senaia horiek, badietaz eta lurmuturrez muxarraturiko kostaldea sortzen dela (Marianton muturretik Aitzuri



muturreraino). Aitzitik, geruzen norabidea itsaslabar-aren aurrealdearekiko paraleloa denean, higadura homogeneoagoa da eta kostaldeko lerroak traza zuzenagoa azaltzen du (Montare muturra).

Haran eseki laburrak dira sektore honen ezaugarri geomorfologiko garrantzitsuenetako bat: Ipar-Hego norabidekoak, malda apalekoak eta profil irekikoak, itsas mailatik 10-30 metro bitartean esekiak eta ur-jauzei txiki-tan amaitu edo itsaslabarreko hormetan behera lerratzen direnak. Bereizitasun hori atzerakada bizkorren froga eztabaidezinetako bat da: haranean urak eragindako higadura baino azkarragoa izan da itsaslabarren higadura eta atzera egiteko prozesua. Era horretara, erreka-esteko ez du bere ubidea itsas mailaraino zulatze-ko denbora nahikorik izan eta itsaslabarretik esekita gelditzen da.

Itsaspeko plataformak

Abrasio plataformek eratu zireneko itsas maila markatzen dute; hortaz, elementu guztiz garantiztsuak dira Kuaternarioko glaziazio eta glaziazioartekoetan (azken 2,6 milioi urte) gertaturiko itsas mailaren aldaketak berreraikitzeke. Azken glaziazioan, duela 20.000 urte inguru, izitza Paris eta Berlingo latitudera iristen zen eta garai hartako itsas maila gaurkoa baino 120 metro beherago zegoen. Azken glaziazioarteko garaia- ren paroxismoan, aldiz, duela 120.000 urte inguru, itsas maila gaurkoa baino 20 metro gorago zegoen. Aldaketa horiek ohikoak izan dira eta aztarna utzi dute plataforma itxuran, itsas azpikoak zen gainekoak, gaur egun oraindik ezagutzeko modukoak horietako batzuk

Biotopoaren eremuan, Azti-tecnalia institutu ozeanografikoak itsaspeko kartografia xehea itxuratu du eta plataforma batzuk aztertu ditu, maila desberdinetan aurkitzen direnak eta koska batzuen bidez banatuak, bere garaian gaurkoaren antzeko itsasertzeko labarrak izan zirenak. Plataforma sakonena 80 metroko sakoneran dago eta gutxienez zazpi maila argi bereziak daude.

Bestalde, paleoubideak dira kartografia horretan aurkituriko beste ezaugarri geomorfologiko deigarrienetako bat. Itsaspeko kanal batzuk dira, 30-60 metro bitarteko sakoneran daudenak, sedimentuz beteak eta gaurko erreken aurrean kokatuak. Itsaspeko kanal horiek

eremu hori lehorrean zegoeneko ibai ubidearen lekukoak dira, hau da, itsas maila oraingoa baino dozenaka metro beherago zegoenekoak.

Ibaiaren oraingo bokalearen aurrean aurkitu den Urolaren paleoubidea bereziki ikusgarria da. Paleoubide hau, -30 eta -65 metroko koten artean kokatua, 2,5 km luze da eta 200 m inguruko zabalera du.

Itsasertzeko hondartzak

Segur aski hondartzak dira itsasertzeko osagairik alda- korrena, sentikorrena eta gizakiak gehien estimatzen duena, eta gainera ezin dudatuzko interes zientifikoa agertzen dute. ikuspuntu geomorfologikotik, hondartza

sedimentu ez gotor- tuen itsasertzeko metaketa da, horien tamaina aldatu egiten da hondar finetik legar edo harrietarai- no (metro batzuetako inoiz). Faktore askok baldintzatzen dituzte hondartza baten eraketa, bilaka- era eta morfologia. Hondartza bat izan dadin ondokoak behar dira: garraia daitekeen sedimen- tua, ingurunean ener- gia (uhinak, marea, itsaslasterak, haizea) mugiarazteko eta leku babestu bat sedimen- tu hori metatzeko. Noski, haako tokian



sedimentuen metaketak higadura baino handiagoa izan behar du beti.

Itsartzeko hondartzak ingurune oso desberdine- tan koka daitezke, hala nola bokaleak edo estua- rioetako barne aldeak, itsasora irekitako barne badiak, itsasertzeko kor- doiak, ibai deltetako aurre- aldeak, kostaldeko aintzira txikietako (lagoons) itsa- sertzeko aldeak edo laba- rren oinaldeko itsasertze- ko behealdeak. Ingurune horietako bakoitzak bere baldintzaileak ditu. Nola- nahi ere, itsasertzeko morfologia, kostaldearen orientazioa, sedimentuen iturburua, mareek sortu- riko itsaslasterak, haize erregimena eta uhinen energia, aldakortasuna eta orientazioa beti fakto- re erabakigarriak izango dira kostaldeko hrearen bilakaeran.

Hondartzetako sedimen- tuak bi eratakoak izan dai- tezke, jatorriaren arabera:

Sedimentu terrigenoak: kontinentearen eta itsasla- barren higaduratik datoz edo hondartza ondoko itsas plataforman dauden materialak behin eta berri- ro lantzeak eragindakoak dira. Ondorioz, horien konpo- sizioa aldakora da eta higaturiko harriaren ezaugarrien eta iturburu guneko materialen arabera da. Batez ere kuartzo minerala, harri puskak (litoklastoak), mine- ral ilunak... Ale horiek ibaiek itsasertzera ekar ditzaa- ke edo itsaslabarren higadurak in situ sor ditzake edo uhinek eta marea itsaslasterrek ekar ditzakete itsaser- tze alderdi horretan dauden itsaspeko masa sedi- mentarioetatik. Gure itsasertzean kuartzoak ematen die hondartzei kolore horia.

Sedimentu biogenikoak: itsasoa dute iturburu eta hon- dartza ondoko itsas plataforman bizi diren organismoe- tatik datozen kaltzio karbonatozko parte gogorren (maskorrak, hezurak...) zati txikiak dira. Bioklastoak deitzen dira. Normalean jalkin horiek hondartzatik hur- bil sortzen dira eta zuzenki hornitzen dute, uhinek eta marea itsaslasterrek garraiatutik. Kolore argikoak (ia zuriak) izaten dira eta begi hutsuez hautematen dira.



Oro har, euskal kostaldeko eta biotopo hondartza hare- atsuek ondoko konposizioa izaten dute: kuartzoa (%70), bioklastoak (%25) eta litoklastoak eta bestelako mineral ilunak (%5). Biotopo itsasertza funtsean labar- duna da, baina badira bokaleak, hala nola Urola eta Deba ibaienak, zeinek Santiago eta Lapari hondartza hareatsuak sortzen dituzten hurrenez hurren. Ibaiek sorturiko estuarioen bokalera uhinek eta marea itsas- lasterrek garraiatzen dituzte sedimentuak, eta ekarpen horiek guztiz baldintzatzen dituzte bi hondartzak. Santiago hondartzan duna sistema txiki bat ikus daite- ke, haizearen eraginez eratua; izan ere , haizeak mare- arteko guneeetatik hots, mareak estaltzen dituen gunee- tatik hondarra garraiatzen du hondartzako atzealdera, lehor mantentzen dena itsas uretatik urrun.

Biotopoaren gainerako aldean, zenbait faktorek erabat baldintzatzen dute hondartzen eraketa: itsaslabarren zerra itxurako morfologia malkartsua, uhinen intentsita-

tea eta nondik datozen (ipar-mendebaldetik, batez ere), baita marea uhinaren osziliazioa eta haizearen intentsitate eta norabidea ere. Senai irekienetan, itsasoal energia gehiago duenetan, harri koskorrezko hondartzak eratzen dira, hala nola Pikoteazpia edo Itzurun Txiki aldean. Harri koskor horiek itsaslabararen higadura dute sorburua eta, ondoren, erorarazitako bloke horiek arian-arian uhinek eta mareak biribildu dituzte. Alde horretako harri koskor xehenak garraiatu egiten dira babestuago dauden beste leku batzuetara. Hor hondartzak eratzen dira, itsasoaren energia txikiagoa delako eta mendebaldeko uhinetatik babesten duela. Itzurun eta Sakoneta sarturik dauden hondartza hareatsu horien bi adibide egoki dira.



Hondartza horien dinamika konplexua da eta guztiz sentikorra edozein aldaketarekiko. Hala, adibidez, Urola ibaiaren bokaleko dikea eraikitzeak, Zumaian, 1995ean, aldatu egin zuen ingurunearen dinamika sedimentarioa

eta, urte gutxi batzuetan, hareaz hustu zuen Orrua hondartza. Itzurunen, halaber, berezko eran hondartzan gertatzen diren profil aldaketak, metro batetik goragokoak, ohikoak dira negu eta uda sasoen artean.

GEOLOGIA NOLA IRAKUR DEZAKEGU LURREKO HISTORIAREN LIBURU HANDI HAU?

Deba-Zumaia itsasertzeko biotopoak askotariko azaugarri naturalak ditu, baina funtsean geologikoa da. Flysch motako azaleratze hau, labarretan zehar 8 km baino gehiago hartzen duena, nazioarteko geologiaren mirari handietako bat da. Izan ere, geruzen kokaera bertikalak eta irisgarritasun egokiak haren oinarritik ibili eta denbora geologikoan zehar milioika urte bidaiatzeko bidea ematen diete zientzialariei.

Harrizko geruza hauek liburu ireki bat dira, bere barnean historiaren 50 milioi urtetik gora gorde dituen geruzaz geruza, orriz orri idatziak. Eleberri handi honek historia geologiko berriaren atal nahasienetako batzuk biltzen ditu. Dinosaurioen suntsitze handia edo Paleozeno/Eozeno mugako maximo termikoa erregistraturik gelditu dira harkaitz horietan. Gainera, klimaren bilakaerarekin eta planetaren gaineko bizitzarekin zerikusia duten beste kontu batzuk uler daitezke, gaur egun ezinbestekoak gertatzen direnak.

Mirari honek nazioarteko komunitate zientifikoaren aitopena jaso du behin baino gehiagotan, baina nabarmentzekoak dira IUGSek emandako bi mugako estratotipo (GSSP) eta UNESCOk emandako Geosite bat, hori guztia doi-doi 100 m-ko azaleratzean.

Azaleratze honen garrantzia ulertzeak proportzio geologikoen mundu batean murgiltzen gaitu, non gizakien existentzia anekdota soil bat besterik ez den.



Flyscharen eraketa

Biotopoaren azaleratze geologikoa Deba inguruan hasten da eta 8 km-tik gorako lodiera duen harrizko liburu bat dela esan daiteke, Behe Kretazeoko (105 Ma inguru) harrietatik hasita denboran zehar ekialderantz aurrera doana Urola ibaiaren bokalera iritsi arte, non harriak Eozenokoak (50 Ma inguru) diren.

Baina, zein motatako informazioa gordetzen dute geruza horiek? Nola sortu ziren? Zer esan nahi du flysch hitzak?

Alemanezko flissen hitzetik dator flysha eta isuri edo lerratu esan nahi du. Hitz hau obra zibilean erabiltzen da, oso aldapatsuak diren Suitzako zenbait haranetako harri formazioak izendatzeko, mendi hegalean behera isurtzen baitira. XIX. Mendearen erdialdetik aurrera itsaso sakonean sorturiko edozen harri sedimentario multzo izendatzeko erabiltzen da, estratifikazio zehatza dutenak eta geruza gogorrak eta bigunak tartekatzen dituztenak.

Zumaiaiko flyscharen jatorria asmatzeko bi arrasto nagusi daude:

Geruzen geometria lauak hondo horizontal batean gertatu den dekantazio bidezko eraketa adierazten du.

Itsas fosilak egoteak dekantazioa itsasoaren azpian gertatu zela adierazten du.

50Ma-n zehar itsas hondoan metatu zen sedimentu multzoak 5.000 metroko lodiera gainditzen zuen eta geruzak posizio horizontalen zeu-



den. Nola liteke sedimentu multzo izugarri hori itsas hondotik gaur egungo kokaeraraino altxatzea eta bertikal egotea?

Testuinguru orokorra

Kretazeo aldira iristeko 100 Ma atzera egin behar dugu. Lurrean kontinenteen antolaketa, klima eta bizitza guztiz ezberdibak ziren. Kontinenteak banatzen ari ziren Pangearen azken bateratzearen ondoan (duela 250 Ma baino gehiago), klima gaur egungoa baino nabarmen beroagoa zen eta bizitza askotarikoa eta ugaria zen. Dinosaurioak lehorren jabe ziren eta amoniteek planetako itsaso guztiak betetzen zituzten. Bizitza forma zehar eta modernoan arteko nahaste bat zen. Orain dela 65 Ma, Kretazeoaren amaieran, dinosaurioen desagertze masiboa gertatu zen eta aldi berri bati eman zitzaion hasiera: Paleogenoa. Aldi berri horretan kontinenteak elkarretatik banatzen jarraitu zuten, elkar jo eta zenbait mendikate sortu zuten arte, besteak beste Alpeak, Himalaia, Atlas edo Pirinioak. Klimak hasiera batean beroa izaten jarraitu zuen, maila gorena orain dela 56 Ma-ko beroaldi nagusia izan zelarik; une hartatik aurrera apurka-apurka hoztuz joan zen poloetako lehen izotzak sortu arte (30-25 Ma). Bizitza gaur egungoaren antzekoa izaten hasi zen eta ugaztunen, hegaztien eta itsasoen foraminifero espezie berien ugartzea ezaugarri izan zuen.

Tokiko testuingurua

Kretazeoan zehar biotopoaren eremua Thetys izeneko itsaso batek estaltzen zuen. Itsaso horrek iberiar penintsula eta europar kontinentea banatzen zituen. Behe Kretazeoan (100 Ma) Bizkaiko Golkoa zabalduta eta eremu hedakor bat sortu zen, baita bloke altxatu andiek eta arro ondoratuek osaturiko itsas hondoa ere. Bloke altxatuak itsasoak sakonera gutxi zuen eta bertan sortu ziren koraalezko uharri handiak -gaur egun Andutz

edo Arno mendietan ikusgai direnak- eta Euskal Herriko mendigune karedun gehienak. Kanal hondoratuetan alde garaienetatik eroritako buztinak, karezko maskorak, harea jauteak eta harri koskorak jalkiz joan ziren, eta flych beltza ezaguna sortu zuten. Goi Kretazeoan eta Paleozenoan zehar iberiar penintsula Europara hurbiltzen hasi zen eta, ondorioz, lehenengo erliebe kontinentalak altxatu ziren Pirinioetako ekialdean, itsas golko handi bat osatzen zutela. Euskal arroan egoera nahiko egonkorra izan zen eta denboraren poderioz morfologia klasikoago bat hartu zuen: plataforma, ezpona eta hondoa. Itsas golko handi horrek Europa, Iberia eta ekialdean sortu berriak ziren Pirinioetatik etorritako sedimentuak jaso zituen, eta horrela lodiera handiko sedimentu multzoak sortu ziren. Eozenoan zehar (40 Ma) bi plaken arteko talka erabatekoa izan zen eta itsas



sedimentu guztiak trinkotuak, deformatuak eta altxatuak gertatu ziren, eta era horretara Pirinioei bide eman zieten. Kalkuluen arabera, prozesu horrek 20 milioi urte iraun zuen eta eremu hori guztia uraren gainetik gertatu zen duela 30 Ma. Ordutik hona lurralde osoa itsasoak eta agente meteorologikoei higatu eta gastatu dute, azaleratze bikain hau ikusgai utzirik.

Flyscharen sorrera eta Bilakaera

Behe Kretazeoa: Bizkaiko golkoa irekitzeak gune hedakor bat eta bloke hondoratu eta altxatuaren morfologia sortzea eragin du. Bloke altxatuak koraalezko uharriak eratzen dira, eta ildo hondoratuetan flysch beltza.

Goi Kretazeoa Paleozenoa: Iberiar Europara hurbiltzen da eta ekialdean lehenengo erliebe kontinentalak azaltzen dira. Itsasoa itsas golko bihurtzen da eta sedimentu kantitate handia jasotzen jarraitzen du.

Eozenoa-Oligozenoa: Iberiak Europarekin talka egiten du eta itsas hondoko sedimentuak deformatu eta altxatzen dira, Pirinioei bide ematen ditela.

Miozenoa-Gaur egun: Gaurdainoko azken milioi urteetan itsasoa eta agente atmosferikoak lurraldea higatuz joan dira, eta lehen itsas hondoren parte ziren itsaslabarrak eta azaleratzeak ikusgai utzi dituzte.



Flyscheko arroak

Itsas hondora pilaturiko sedimentuek hainbat hari mota sorraziz dituzte, eratze mekanismoaren arabera bi multzo handitan bana daitezkeenak:

Sedimento autoktonoa

Sedimentazioa autoktonoa itsas hondora gertaturiko sedimentu oso finaren dekantazio geldo eta jarraitua da. Gehienetan, itsas organismoen karekizko maskor txikiak (hiltzean itsas hondora erortzen direnak) eta lehorretik datozen sedimentu buztintsuak dira. Bi osagai horien proportzio erlatiboaren arabera, ondoko harri hauek sor daitezke:

Kareharia: gehienbat mikromaskor karbonatatu osaturiko sedimentua da. Gris argi kolorekoa izan ohi da eta oso harri gogorrak dira, azaleratzean itinguneak sortzen dituztenak.

Marga: sedimentu hau karbonatua eta buztint-sua da, proportzio berdintsuan. Kolorea gris ilunagoa edo gorrixka da, nahiko biguna. Kare-harriekin tartekatuta agertu ohi da eta horiek baino higadura handiagoa jasaten du.

Lutitak: sedimentu buztint-sua gehienbat. Kolore gorrixka edo gris iluna dute eta harri oso bigunak eta higatu -errazak dira. Agertzen diren leku urrietan sartuneak eta labar ezegonkorak sortzen dituzte, lur eta landareen presentziarekin beti ere.



Jauste handiak

Uhertasun korranteak ur eta harearen tamainako edo handiagoko sedimentu jauste handiak dira; plataformatik ezpondan behera erortzen dira, arroaren hondoa zeharkatu eta zolan turbidita izeneko hareharritzko geruza ikusgarriak jalkitzen dituzte.

Sedimentu osagaien arabera turbiditak honela sailkatzen dira:

Turbidita siliziklastikoak: ibai handien deltetatik datozen sedimentu terrigonoek osatzen dituzte, plataformaren artzean metatu ondoren ezegonkortu eta ezpondan behera erortzen direnak. Horixka kolorekoak eta higatzen oso zailak izan ohi dira.

Turbidita karbonatatuak: plataforma ertzean era autoktonoan metatu diren bioklasto karbonatatu txikiak osatzen dituzte. Kasu horietan turbiditak ezagutzen errazak dira itsas hondora sakontasun gutxiko uretako fosilak eramaten dituztelako. Grisaxka kolorekoak eta higatzen oso zailak izan ohi dira.

Turbiditen sorrera prozesu azkarra eta harri autoktonoena oso ezberdinak dira. Jauste baten ondorioz, metro bateko lodiera duen turbidita geruza bat sortzeko minutu bat baino gutxiago hartzen du; 20 cm-ko kareharri geruza bat sortzeko, aldiz, 10.000 urte behar dira. Ezberdintasun handi horrek turbiditei identifikatzen errazak diren berezko ezaugarri batzuk ematen dizkiete, besteak beste: barne laminazioa, ale sailka-



pen positiboa edo higadura oinarri garbia.

Turbiditen bereizgarriak

Oinarri garbia: jaustea bat-batekoa da eta itsas hondoa higatzen du eta oinarri garbiko azalera bat sortzen du.

Mailaketa granulometrikoa: bikor lodien dekantazioa bikor finena baino azkarragoa izanez, geruzaren behe aldean kokatzen dira; geruzan gora joan ahala partikulak gero eta txikiagoak dira

Laminazioak: turbiditek itsaslasterraren mugimenduarekin erlazionaturiko barne laminazioa dute: Lamina horiek paraleloak izan daitezke edo geometria gurutzatu askoz konplexuagoak izan ditzakete.

Paleokorronteen adierazleak: turbiditen egitura deigarrietako bat paleokorranteak dira, uhertasun korranteen norabide eta noranzkoa adierazten baitituzte. Jausteak itsas hondo lohitsuak higatzen zuen eta oztupo txikiak zituen lekuetan ildoak eta urradurak sortzen zituen; horiek, gaur egun molde moduan gordetzen dira geruza turbiditikoaren oinarrian. Paleokorranteen egitura guztien artean ohikoenak flutes eta groove izenekoak dira.

Flutes izenekoak txikiak eta multzokatuak izan ohi dira eta forma asimetrikoa dute, erpin bat bestea baino nabarmenagoa dutela. Errefluxu higadura hutsuneak dira, itsas hondoa aurkituriko oztupo baten ondorioz sorturikoak.

Groove izeenkoak, aldiz, luzeagoak dira eta itsas hondoa zehar arrastaka eramandako objektoren batek sorturiko urradura edo ildoak erakusten dituzte.

BANAKETA LITOLOGIKOAIA ARROKA FORMAZIO HANDIAK

8Km luze den itsasla-barrean harri mota desberdinak izan duten banaketa heterogeneoa da eta arroaren bilakara geologikoari erantzuten dio (aktinoidate tektonikoa, klīma, inguruko paleografia...) erregistrok 50 Ma-etan.

Arroka autoktonoen nagusitasuna (kareharriak eta margak): gehienetan tesuinguru lasaia behar dute, turbulentzia tektoniko eta ingurune aldaketa gutxiarekin. Ka-reharrien (karbonatatuagoak) eta margen (buztintsuagoak) nagusitasuna itsas organismoen mas-korrek sorturiko karbonato kaltzikoaren mende dago, baita higadura kontinentalaren ahalmenaren eta buztin ekarpenaren mende ere, horiek era berean itsas maila eta klima aldaketek baldintzaturik daudela.

Turbiditen nagusitasuna (hareharria): gehienetan ingurune tektoniko ezegonkorrekin loturik dago, zeinak aldaketak eta ezegonkortasunak eragiten dituen itsas hondoa. Inguruko mendikateren baten altxatzearekin ere lotzen da, higatu egiten baita eta plataformara doazen sedimentu kantitate handiak sortzen baititu, gero ezpondan behera eroriko direnak uhertasun korrante handi gisa. Turbiditak gertaera atmosferiko katastrofiko-



ekin ere erlazionatu daitezke, hala nola itsasikarak edo ekaitz bortitzak, sedimentu kantitate handiak sortu eta itsas hondoa asko nahasten baitute, sedimentu hori ezpondan behera eror dadin.

Biotopoaren kostaldeak hartzen dituen 8 km-etan zehar bost unitate litologiko nagusi bereiz daitezke kronologiaren arabera

Behe Kretazeoko flysch beltza (Deba Formazioa)

Kokapena: Debaren eta Aitzuri muturraren artean.

Kronologia: 106-100 Ma

Deskripzioa: 1000 m inguru lodi da eta gehienbat lutita eta marga ilunez osaturik dago, turbidita horixkak tartekatuekin. Ondoko formazioarekin kontaktuan Andutzeko failak bortizki mozten du, Aitzuri hormatzarrari bide ematen diona.

Paleoingurunea: Bizkaiko Golkoaren zabaltzearekin loturiko hedatze prozesua. Arroa bloke altxatu eta hondoratuez osatzen da. Ildo handi horietan flysch beltza sortzen da.

Goi Kretazeoko kareharizko flyscha (Itzir Formazioa)

Kokapena: Aitzuri muturraren eta



Sakonetaurrearen artean.

Kronologia: 96-83 Ma

Deskripzioa: 700 metro lodi inguru eta kareharriz eta margaz osaturik dago, 20 cm inguru lodi diren turbidita txikiak tartekatzen direlarik.

Paleoingurunea: golkoaren zabaltze ezegonkorra bare-tuz doa eta gehienbat hondar karedunak jalkitzen dira, turbidita finak ere jausten direla sakonera gutxiagoko aldeetatik.

Goi Kretazeoko hareazko flyscha (Aginaga Formazioa)

Kokapena: Sakonetaurreako senadiaren eta Andikarrekako urjauzuriaren artean.

Kronologia: 83-68 Ma

Deskripzioa: 700 metro inguru lodi eta marga eta kareharrien artean tartekaturiki turbiditak ditu ezaugarri nagusia. Sakonetaurrea inguruan turbidita horiek 1 metroko lodiera har dezakete.

Paleoingurunea: arroak jadanik morfologia klasikoagoa du: plataforma, ezpona eta itsas hondoa. Iberia Europara hurbiltzen hasi da eta mugimendu tektoniko garrantzitsu batzuk gertatzen dira, ekialdeko Pirinioetan lehen erliebe kontinentalak sortu eta euskal arroan eze-gonkortasun nabarmena eragiten dituztela Ondorioz, turbidita kantitate handia erortzen da margaz eta kareharriz osaturiko arroaren hondora.

Maastrichtiarreko eta Paleozeno kareharrizko serieak (Zumaia, Aitzgorri eta Itzurun formazioak)

Kokapena: Andikaerretatik Itzurungo hondartzaraino.

Kronologia: 68-56 Ma

Deskripzioa: 600 metro inguru lodi da eta gehienbat kareharriz eta marga oso karbonatutuez osaturik dago eta 20 cm baino meheagoak diren turbiditak tartekatuak ditu. Seriearen erdialdean senaiaren kolore gorrixkak eta Algorri muturreko murrutzarra nabarmentzen dira.

Paleoingurunea: itsas golkoa jadanik guztiz zehaztua dago eta barealdi teknikoaren aldia eta gehienbat orduan dekantatu ziren sedimentu autoktonoak, kareharri-marga segida eso zehatzak sortu zirela. Ingurune egonkor horri esker historia geologikoaren gertaera garrantzitsuenetakoa batzuk



zehatz-mehatz erregistratu dira Zumaiaiko sekzioan.

Eozeno hareazko flyscha (Jaizkibel formazioa)

Kokapena: itzurun hondartzatik Urola ibairaino

Kronologia: 56-52 Ma

Deskripzioa: formazioa 2.00 metro lodi da gutxi gorabehera eta Getariaraino iristen da, baina lehen 400 metroak besterik ez dira biotopon sartu. Turbiditak, horixka kolorekoak eta lodiera aldakorrekoak, era jarraituan agertzea da formazioaren berezitasuna. Hareazko geruza batzuek 2 metrotik gorako lodiera dute eta barne geometria oso ikusgarriak sortzen dituzte.

Paleoingurunea: Pirinioek talka prozesu nagusia jasaten dute eta arroa ezegonkortzen da. Ekialdean kokaturiko Pirinioetako erliebe berriak geroz eta hurbilago daude eta sedimentu kantitate handia ekarri arroaren hondoa turbidita handiz betetzen dutela. Jaizbibelen turbidita horiek 4 metroko lodiera har dezakete.

FLYSCHKO FOSILAK GURE ELEBERRIKO PERTSONAIAK

Flyscheko itsas jatorria-ren froga eztabaidezi-nena itsas fosilak egotea da. Fosilak dira eleberri handi honen pertsonaiak eta azalaratzean agertzen duten eboluzioari esker informazio asko lor dezakegu. Horregatik, organo kudeatzailearen berariazko baimenik gabe, biotopon fosilak biltzea erabat debekatua dago.

Fosilek zerbait enigmatikoa dute: harri bihurturiko bizitzaren hondarrak dira eta Lurreko bizitzaren historia berreraikitzeke informazio nagusia da. Baina nola eratzen da fosil bat? Izaki bizi bat nola bihurtzen da harri?

Fosilen eraketa

Organismoak hiltzen direnean, haien maskor karedunak itsas hondora erori eta jalkinen artean harrapaturik gelditzen dira.

Beste sedimentu batzuk jalkitzen dira maskorren gainean. Zati biguna galdu eta maskorra litifikatu egiten da gainerako sedimentuekin batera. Batzuetan, maskorra desagertzen da eta soilik haren barrukoa (barneko molde) edo marka (kanpoko molde) ikus dezakegu.



Pirinioen talka gertatzen denean, fosilez kargaturiko itsas hondo horiek deformatu, bertikal jarri eta azalera-tu egiten dira, eta itsas bizitzaren hondakinez batera mendiak eratzen dituzte.

Itsasoaren eta agente meteorologikoaren ekintzak higitu egiten ditu material berriak, itsaslabarrak eta marea-eteko zabalgunea erartzeraino, non gaur egun fosil horiek aurkitzen ditugun.

Zumaiaiko flyscheko fosilak hiru multzo handitan bana daitezke:

Makrofosilak: begi hutsez ikus daitezkeenak.

Mikrofosilak: soilik lupa edo mikroskopio bat erabiliz ikus daitezkeenak.

Iknofosilak: organismo batzuek sendotu gabeko itsas hondoko sedimentuan utzirik mugimendu, babesleku edo elikatze aztarnak.

Makrofosilak

Begi hutsez ikus daitezkeen fosilen artean, batez ere hiru mota bereiz daitezke:

Ammoniteak. Molusku zefalopodoak ziren eta eskuaki maskor ondo biribilkatua zuten, nahiz biotopon maskor desbiribilkatuaz hornituriko aleak ere aurkitu diren, heteromorfo izenekoak. Maskorrak barne gelaxka ugari osatuak daude, sifoi baten bidez loturik daude

eta animaliaren nabigazioa erregulatzeko balio dute, igerilari handiak ziren eta. Hil ondoren, haien maskorrak hondora erortzen ziren eta sedimentuaren artean fosildurik gelditzen ziren. Biotopo ammoniteak tamaina askotarikoak dira, nahiz, oro har, 20 cm-tik beherakoak diren. Nabarmentzekoak dira flysch beltzean bildu diren eta 50 cm-tik gorako diametroa duten ale ikusgarri batzuk diren eta 50 cm-tik gorako diametroa duten ale ikusgarri batzuk, gaur egun Mutrikuko Nautilus Museoa ikusgai daudenak.

Zumaia leku klasikoa izan da amoniten suntsipena aztertzeke, Jost Wiedman eta Peter Ward-en garrantzi handiko argitalpenekin; ikertzaile horiek frogatu zuten zefalopodo hauek dinosauroen suntsipen masibo bera jasan zutela K/T mugan. Arrazoi horrexegatik ez dago amoniterik Itzurun hondartzan. Aurkitu nahi baditugu, azaleratzearen alderdi kretazeoan begiratu behar.

Inozeramidoak. Biotopoa ikusteko errazena diren makrofosil hauek bi maskor ongi zehatzengatik ezagutzen dira. Goi Kretazeoan itsas hondoetan bizi ziren maskor niko moluskuak dira. Maskorrek metro bateko diametroa har dezakete, nahiz biotopoa ohikoenak 20-30 cm ingurukoak diren. Bi maskorrak ez dira beti ongi kontserbatzen; batzuetan, maskorren paretaren egitura kontserbatu da, baina normalean desagertu ohi da eta agerian uzten du animalia bizi zen hutsunearen barne molda. Inozeramidoak K/T mugako suntsipen handia gertatu baino 2,5 milioi uere (Ma) lehenago desagertu ziren. Biotopoa, desagertze maila hori Agorri seniatik mendebaldera, 100 metroren batera, aurkitzen da; hortaz, inozerami-



doak ez dira, Zumaia aldeko harkaitzetan agertzen.

Ekinidoak. Duela milioika urteko itsas trikuak dira eta gaurkoen oso antzeko formak agertzen dituzte. Oro har, eskola kontserbatzen da, batzuetan oraindik ezagut daitezkeen plaka poligonalez eratua. Fosil hauek 10 cm inguruko diametroa dute eta ikusteko zail samarraak dira.



Mikrofosilak

Mikrofosilak ez dira begi hutsez ikusten baina flyscheko fosilen arteko multzorik ugariena osatzen dute, halako eran non kareharrien eta margen osagai nagusia diren. Lagin eskutada bat kareharrik milaka organismoren oskol txiki dauzka; horiek hil ondoren itsas hondora erori eta sedimentuaren parte izatera igarotzen ziren. Kopurua eta aniztasuna zirela eta, mikrofosil horiek, gainera, ikertzailen informazio iturri nagusia dira harkaitzak datatzeko. Gainera, oso sentikorrak dira itsas egoeraren edozein ingurumen aldaketarekiko, horiei harri erregistroan agertzen edo hartatik desagertzen erantzuten ditela. Hori dela eta, mikrofosilen azterketa zehatzak antzinako itsasoaren egoera ezagutzeko bide ematen digu, tenperatura, gazitasun, oxigenazio edo elikagaiei dagokienez.

Flyscheko mikroosil ugariak ondokoak dira:

Foraminifero planktonikoak: itsasoetako azaleko uretan flotatzen ziren organismo zelulabakar hauek kaltzio karbonatozko oskol bat zuten, ganbera batzuek osatua zena. Azaleratzean ehundik gora espezie desberdin berezi dira eta K/T mugan (65,5 Ma) suntsipen handia jasan arren, gaur egun ere horietarik ugari dago.

Foraminifero bentonikoak: itsas hondoan bizi ziren organismo zelulabakar hauek ere ganberak osaturiko oskol bat zuten. Horien habitat sakonak babestu zituen K/T mugako (65 Ma) suntsipen handitik, arazoa gainaldean eta atmosferan baitzegoen. Organismo horiek, aldiz, larriki jo zituen P/E mugako berotze handiak, duela ha, ar milioi urte geroago gertatua (56 Ma).

Karekizko nanofosilak: batez ere ezkata karbonatatuak (kokolitoak) dituzten alga zelulabakar oso txikiak osaturiko taldea da, itsasoaren gainaldeko uretan flotatzen bizi zirenak. Alga hauek gaur egun itsas fitoplanktonaren osagai nagusia dira.

Ostrakodoak: 1 mm baino tamaina txikiagoako krustazeoak dira, bi maskorrekoak eta giltzurrun itxurakoak. Organismo hauek gaur egun ere ur inguruneetan bizi dira, hala itsasokoetan nola kontinentaletan, eta oso ongi egokitzen dira sakonera askotariko habitatetara.

Iknofosilak

Ikno fosilak azaleratzeko fosilen artean ikusgarrienak



eta begiesteko errazena dira. Antzinako itsas hondoetako sedimentuetan hainbat organismo taalek utzitako aztarnak dira: joanetorriak, elikatze edo babes aztarnak, Batzuetan, zehaztasun handiz azter ditzakegu horien jokabidea eta interakzioa, baina gehienetan inoiz ez dugu horien egilea identifikatzen lortuko, ia beti gorputz biguneko animalien lan abaita, fosildu daitezkeen eskeleto atalik gabeak. Aztarna horiek, halaber, inurumen gorabehera frankoren berri ematen digute, hala nola oxigeno maila, elikagaia, uher-tasuna, itsaslasterrak, substratuaren kohesibotasuna, baita denbora geologikoan izan duten bilakaera ere.

Biotopo azaleratzea nazioarteko itsaspeko santutegietakotzat hartzen da. Zumaia. Herri tipoa, bertan aztarna ospetsu ugari definitu baitziren lehen aldiz munduko erregistroan. Hemen tokiko ikertzaileek, hala nola Florentino Azpeitia eta Joaquín Gómez de Ilerena 1932-1946 bitartean, eta kanpotarrek,

hala nola Dolf Seilacher 1950eko hamarkadatik aurrera, ezarritako jatorrizko izenek eta deskripzioek indarrean jarraitzen dute eta antzeko aurkikuntzei aplikatzen zaizkie mundu osoan. Batiskafo modernoek 3.000 m baino sakonera handiagoan biotopo harrietan ezagutu diren antzeko aztarnak aurkitzen jarraitzen dute, ustez desagerturik zeuden baina enigmatikoak izaten jarraitzen duten animaliek utzitakoak. Adibide bat: *Rotundussichnium zumayensis* delakoa, jatorriz Gómez de Larenak Zumaian deskribatua eta berriki sakonera handian fotografiatu dutena Indiako Ozeanoko itsas hondoetan.

Klimaren eta sedimentazioaren arteko erlazioa

Sedimentazio giro lasaia izan den azaleratze tarreetan eta plataformetatik turbidita erorketarik ia ia gertatu ez denetan, dekantazioa batez ere autoktonoa da. Hala, jalkiriko sedimentu buztintsuaren edo karekizko oskolen proportzio handiagoa edo txikiagoa, hein handi batean, garai bakoitzean zegoen klimari dagokio. Kontinente-tik datozen terrigenoen ekarpena handia denean margak eratzen dira, eta karekizko oskolen dekantazioa nagusitzen denean kareharriak.

ZIKLOESTATRIGRAFIA

HARRIEN ZIKLO ASTRONOMIKOA

Ziklotasun Guztiz susmagarri bat: milankovitch

Flyscheko harrien analisi zehatzak erakusten du kareharriak eta margak tarteak ez dela halabeherrez gertatu eta badagoela patroia garbi bat, gutxienez bi ziklotasun desberdinek markatua, 20.000 eta 100.000 urteko banatan hautematen direnak. 20.000 urteko zikloak kareharria-marga bikote bakoitzak definiturik daude, eta horiek beren aldetik etengabe errepikatzen dira bost bikoteko multzoak osatuz, 100.000 urteko zikloak definitzen dituztenak.

Milankovitch-ek 1941ean definituriko prezesio eta ezentrikotasun ziklo astronomikoekin garbiki erlazionaturik dago ziklotasun hau. Teoria osoa konplexuagoa bada ere, Milankovitch-ek 1991ean definituriko prezesio eta ezentrikotasun ziklo astronomikoekin garbiki erlazionaturik dago ziklotasun hau. Teoria osoa konplexuagoa bada ere, Milankovitch-ek funtsean Lurraren klima zehazten duten hiru mugimendu astronomiko definitu zituen:

Ezentrikotasuna: lurraren orbitak forma biribilago batetik eliptikoagora egiten duen aldaketa, 100.000 eta 400.000 urteko zikloetan gertatzen da.

Oblikuitatea: lurraren ordatzaren inklinazioaren aldaketa, 41.000 urteko zikloa jarraitzen duena.

Prezesioa: lurraren ardatzaren norabidearen aldaketa, gutxi gorabehera 20.000 urtean biratzen dena.

Mugimendu astronomiko horien elkarreraginak Lurraren orientazioa eta eguzkiarekiko distantzia zehazten ditu, eta horien ondorioa klimaren ziklotasuna da; horrek, bere aldetik, itsas hondoetan gertatzen den sedimentazio mota baldintzatzen du. Zumaiaiko Paleozenoko harriak oso giro lasaian jalki ziren; horrek bideratu zuen prezesio (20.000 urte) eta ezentrikotasun zikloa (100.000 urte) guztiz garbi islatuak gertatzea. Harriak, era horretara, iraganeko klimaren lekuko bihurtu dira eta denbora geologikoa kontatzeko oso baliabide erabilgarriak dira.

PALEOMAGNETISMOA
MUNDUKO HARRIEN IMANA

Lurraren errotazio ardatza. Lurraren azalarekin elkartzen den puntu finkoa da ipar geografikoa eta Lurreko punturik iparraldekoenean kokaturik dago. Ozeano Artikoko bankiseko lekuren batean. Hala ere, iparorratzaren iparrari jarraituz gero, Bathurts (Kanada) uharte ingurua eramango gaitu, Iparburu geografikotik 1.600 km-ra. Iparorratzak orratz imandu bat du eta Lurraren eremu magnetikoari erantzuten dio, ez Lurraren morfologiari.

Lurraren eremu magnetikoa 50.000 km orduko abiaduraraino irits daiteke, eguzki haizetik babesten gaitu eta aurora boreal ikusgarrien eragilea da. Horren jatorria Lurraren errotazioak nukleoaren metal likidoetan eragindako mugimenduekin loturik dago. Eremu magnetikoak etengabe mugitzen diren bi polo ditu, eta ez datoz bat polo geografikoekin. Horien arteko aldeari deklinazio magnetikoa deritza eta balio hori aldakorra da bai denboranbai espazioan zehar.

Inbertsio magnetikoak

Eremu magnetikoaren intentsitatea ere aldatu egiten da. Denbora bitarte baten burun zerora jaitsi eta berriro abiatzen da alderantzizko orientazioarekin, hau da, inbertsio bat gertatzen da eta ipar magnetikoa hegoa izatera pasatzen da, eta alderantziz. Inbertsioek milaka urte gutxi batzuk irauten dute. Eremu magnetikoaren noranzkoa gaurkoarekin bat datorrenean (hegotik iparrera fluxu lerroak), eremu magnetikoa posizio normalean dagoela esaten da, eta alderantzizko noranzkoan kokatzen denean, eremu magnetikoa alderantzizko posizioan dagoela esaten da.

Erregistro estratigrafikoan, polaritate normaleko guneak alderantzizko polaritatea duten beste batzuekin txandakatzen direla hauteman daiteke. Polaritate zehatz bateko zona bati dagozkion bitarte horietako bakoitzari polaritate krona esaten zaio. Normalean kron horiek milioi bat uretik gora izaten dute. Polaritate zehatz bateko kron baten barnean aurkako polaritatea duten tarte askoz laburrak gerta daitezke, normalean dozenaka mila urte baino irau-

ten ez dutenak, baina krona N (normala) edo R (alderantzizkoa) azpikronetan banatzea bideratzen dutenak. Kalkuluen arabera, berriki gertaturiko inbertsioa duela 700.000 urtekoa da, zeina erreferentziatzak hartzen den iraganiko kronak antzinatasunaren arabera zenbakitzeko, egungo C-1-etik hasita, harik eta, Behe Kretazeora iritsi arte, C34-raino, hain justu.

Gaur egun inbertsio magnetikoak eragiten dituzten kausak ez dira oraindik ezagutzen. Azken ehun urteetan eremu magnetikoaren intentsitatea %5 inguru murriztu da, hurbil litekeen inbertsio batean pentsarazten duena. Milioika urteko erregistro geologikoak ez du erakusten erlazio zuzena dagoenik aldaketa magnetikoen eta klima aldaketaren edo biziaren gainera eraginaren artean.



Paleomagnetismoaren erbailerak

Baina nola erregistratzen da eremu magnetikoa harkaitzetan? Zenbait mineral "magnetikok", hainbat mekanismo atomikori esker, iman txiki batzuek bezala dihardute eta beren kristalizazio edo dekantazioaren uneko eremu magnetikoaren orientazioa atxikitzen gai dira. Egitate hori geologoek lanabes garrantzitsuenetako bat da gaur egun, hainbat kontutarako bide ematen baitigu:

* Lurraren eremu magnetikoaren eta haren inbertsioak berreraikitzea.

* Orientazio normaleko edo inbertsoko kapitulu magnetikoak edo kron magnetikoak zehaztea; horrek erregistraio eta azaleratzeak azpizitatzen bidea ematen du. Gainera, aldaketak planeta osoan neurri berean gertatzen direnez, kronak munduko harkaitzen arteko oinarritzko korrelazio elementu bihurtzen dira.

* Kontinenteak denbora geologikoan zehar izandako



mugimendua berreraikitzea, mineralak eratu ziren uneko eremu magnetikoaren noranzkora begira daudelako eta une bakoitzean kontinenteei zegokien latitudea kalkulatzeko bide ematen dutelako.

* Plaken tektonika egiaztatzea, dortsaaletan sorburu duten ezal ozeaniko berriak azaldiriko imantazio simetrikoren bidez.

Biotopoaren paleomagnetismoa

Biotopo hari sedimentarioek magnetizazio ahul samarra agertzen dute, baina aintzat hartzekoa, eta azaleratzea kapitulu magnetikoetan (kronak) banatzeko bidea ematen du. Banaketa hori guztiz baliagarria gertatzen da erreferentziak izateko eta harrietan ezagutzen ditugun gertaerak kokatu ahal izateko. Hala berean, oinarritzko tresna da Zumaia flysch munduko beste atalekin korrelazioan jartzeko, aldaketa horiek berdin gertatzen baitira mundu osoan. Biotopoko harriek hartzen duten tartea, Behe Kretazeotik (105 Ma) Eozenora (55 Ma) artekoak, hamar kron magnetiko dauzkate, eta horietako bostharrietan garbiki aurkitu dira.



EGITURAK

PLAKA TEKTONIKOEN INDARRA

Lurreko paisaiak geldia eta mugigaitza ematen du, baina hori ez da inondik ere errealtatea. Geografiak aldakorrak dira, zibilizazioak bezalaxe. Mendiak altxatu, itsaso berriak zabalduta, sumendiak agertu, kontinenteak mugitu egiten dira... Lurra planeta bizia da eta prozesu horiek guztiak harrietan erregistraturik gelditzen dira. Eta plaken tektonikoa dugu aldaketa horien gehien eragilea. Lur azala geldi-geldi mugitzen diren plaketan puskaturik dago. Plaka horiek elkar jotzen dutenean, milioika urtez egiten dute eta harkaitzak hainbeste deformatzen dira ezen mendikate handiak sortzen dituzten, hala nola



Himalaia, Alpeak edo Pirinioak.

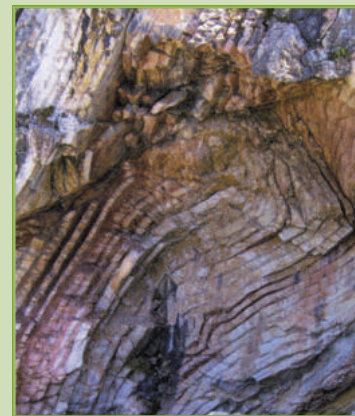
Zumaia Alpetar (Piriniotar) Orogeniaren osagaia da. Orogenia hori iberiar plakak Europaren aurka jo zutenean gertatu zen: itsas azpian jalkiriko sedimentu guztiak deformatzen hasi ziren, harik eta deformatu eta altxatu ziren arte, Pirinioetako mendikatea sortzen zela. Elkar jotze hori Kretazeoan hasi zen ekialdetik eta mendebaldera hedatu zen Eozenoan. Izan ere, Eozeno aldian (50 Ma.) Kataluniako aldea jadanik azaleraturik zegoen, Zumaian, aldiz, itsas arro sakona zegoen. Prozesu erraldoi hauek ulertzeko zailak badira ere, denbora faktora kontuan izateak asko errazten

du, geologian milioika urtetan neurtzen baita. Kalkuluen arabera, orogeniaren aldirik eraginkorrenak 25 milioi urte iraun bide zuen eta, ustez, mendikatea erabat azaleraturik zegoen duela 30 Ma. Katea soilik milimetro bat urteko handituz gero, giza begia ez litza-teke ezertaz ohartuko, baina 25 milioi urtean milimetro bat urteko haztea, buruenean, 25.000 m goratzea da, hau da, munduko mendikaterik handiena baino hiru aldiz gehiago.

Presiopean harkaitz deformatzen dira eta horrek egitura jakin batzuetarako bide ematen du. Harkaitzek portaera malgua badute tolesturak sortzen dira, eta hauskoragoak badira harria hautsi eta failak sortzen dira.

Lehen begiratuan biotopo harriek oso deformaturik ez badirute ere, analisi arretatsuago batek deformazio egitura asko eta askotarikoak daudela erakutsiko digu. Egitura horiek azken 100 Ma-etan sortu dira eta aldi horretako artoaren ingurune tektonikoa islatzen dute. Bizkaiko Golkoaren irekitze kretazeoak ingurune hedakorra sorrarazi zuen, eta horrek faila normal batzuk sorrarazi zituen. Iberiar Penintsularen ondoko (Eozeno) errotazio, hurbiltze eta talkak konpresiozko ingurunea sortu zuen, estres tektoniko handikoa eta azaleratzean tolesturak, zamalkadura txikiak eta kaltzitaz beteriko haustura txiki ugari utzi dituen.

Egitura guztietan artean, tamaina eta ikusgarritasuna direla eta, nabarmentzekoa da Andutzeko faila. Aitzuru hormatzar andian. Elementu handi hori seguruenik hasieratik zegoen hor eta sedimentazioa asko baldintzatu zuen, failaren alde batean zein bestean. Gaur egun alde batera uzten du Behe Kretazeoko flysch beltzaren parte bat eta kontaktuan jartzen du Goi Kretazeoko kareharriko flyscharekin.



DENBORA GEOLOGIKOAREN MUGAK



Mugarriak 4.500 milioi urteko historia batean

Gure espeziearen hondakin antzinakoenek milioika urte gutxi batzuk baino ez dituzte, planetaren historia osoaren %0,1 doi-doi. Hori dela eta, denbora geologikoaren luze-laburra pentsatzeko zaila da gizakiarentzat. Milioi urte da neurri unitatea, eta hori denbora asko da. Lurraren historia urte bakarrera murriztuz gero, gure gizarte modernoak abenduaren 31ko azken segundoak besterik ez luke hartuko.

Lurak 4.600 Ma inguru ditu, eta klima, paisaia eta bizitza etengabe aldatuz joan dira historian zehar. Prozesu horiek gehienetan era geldian eta pixkanaka gertatu dira, baina Lurraren historia, halaber, bat-bateko aldaketek tantotarik ageri da; aldaketa horiek harrietan islaturik geratu dira eta geologoak horietaz baliatzen dira aro geologikoak mugarrizatzeko. Gertaera horiek normalean ingurumen edo biologia aldaketa garrantzitsuekin loturik daude, hala nola desagertze handiak edo espeziak agertzea.

Era horretara, muga geokronologiko jakin bat Lurreko hainbat lekutan ager daiteke, baina Internacional Commission on Stratigraphy-k (ICS) azaleratze zehatz bat aukeratu behar du mundu maila-



ko erreferentzia gisa, gertaera horren azterketari begira. Puntu horri estratotipo edo GSSP esaten zaio eta urte koloreko iltze Golden Spike batez markatzen da, AEBetako Mendebaldeko Urrunean kontinentean zeharko burdinbidea jartzeko lanak bukatzean finkatu ohi ziren urte koloreko iltzeen oroitzapenetan, lan bukatu eta ongi eginaren sinbolo gisa.

Gertaerak markatzen dituzten mugak globalak badira ere, toki bakoitzeko geologiak bere ezaugarriak ditu, eta historian zehar horrek ekarri du, aldi geologiko berari dagokionez, unitate geologiko desberdinak leku desberdinetan zehaztea. Hala, irizpide guztiak ikuskatzea eta aro taula ofizial bateratua sortzea hartzen du ICS delakoak bere ardurapean. Gaur arte 50 estratotipo definitu dira, dauden muga erdia gutxi gorabehera. Egun organismo horrek lanean jarraitzen du Lurraren aroen behin betiko taula osatzeko, eta hori urtetik urte eguneratuz doa.

Zumaian lau muga geokronologiko bereiz ditzakegu, horietako bi mugako estratotipo ofizial izendatuak duela gutxi; hala, hain eremu txikian bi estratotipo dauzkan munduko azaleratze bakarra da hondartza hau. Nabarmendu beharra dago Zumaia K/T eta P/E mugak estratotipo posible-tzat jo zituztela bere egune-

an, baina azkenean horiek Tunisian (1991) eta Egipton (2004) definitu ziren. Muga horiek dira, zalaanarik gabe, Zumaia flyscheko altxor handia.

Zumaia estratotipoak

2010eko maiatzaren 6an, Zumaia Lurraren egutegi ofizialaren parte izatera pasa zen. Daniar/Selandiar aroen arteko muga (60,5 Ma) eta Selandiar/Thanetiar aroen artekoa (58,7 Ma) mugako estratotipo ofizial izendatu zituzten, eta Stannley Finney, International Commission on Stratigraphy-ko (ICS) presidentek horren leku-kotasuna ematen duten bi urte koloreko iltze. Golden Spike jarri zituen bertan. Egia esan, zeremonia hori askoz urte lehenago abiatu lan baten eszena-tzea izan zen, eta lan hori, bat ere, iker-tzaileek gauzatua zuten: Xabier Orue-Etxebarria eta laguntzaileak (Euskal Herriko Unibetsitatea), Eustoqui Molina eta laguntzaileak (Zaraagozako Unibetsitatea) eta Birger Schmitz (Lund-eko Unibetsitatea, Suedia). 2006 urtean, Bilbon egin zen 2Climate and Biota of early Paleogene kongresuan, gaiarekin loturiko komunitate zientifiko gehienari aurkeztu zitzaion azaleratze hau. Urtebete geroago, 2007ko ekainean, Zumaian Paleozeno lantaldearen nazioarteko bilera egin zen, eta bertan aho batez onartu zituen Zumaia bi estratotipoak. Erabaki hura jakinarazi zitzaion Nazioarteko Estratigrafia Batzordeko gainerako kideei,



Stanley Finney, ICSko presidentek Golden Spike delakoa finkatzen du, zientzia eta erakunde ordezkariek bertan zeudela.

eta urtebete geroago organismo horrek proposamena onartu zuen. Zumaia, era horretara, ondoz ondoko bi estratotipo dauzkan munduko azaleratze bakarra gertatu zen, eta erreferentzia bat da Paleozeno garaiko harriei buruzko edozein azterlanetarako.

Paleozeno/Eozeno (P/E) muga itzurun hondartzaren sarreran kokaturik dago eta anomalia isotopikoak dituen gune gorri bat du ezaugarri. Anomalia horiek Lurreko historian izandako berotze handienetako bat markatzen dute.

Selandiar/Thanetier (S/T) muga Itzurun hondartzan kokaturik dago, eta polo magnetikoen inbertsioa du ezaugarri, gure planetaren historian oso fenomeno ohikoa dena. Muga hau estratotipo izendatu dute Zumaian.

Daaniar/Selandiar (D/S) muga harri gogorretatik harri bigunagoetarako iragangunean kokaturik dago, San Telmo ermitaren azpian hain justu. Aldaketa litologiko hau itsas mailaren eroraldi handi batekin loturik dago. Muga hau estereotipo izendatu dute Zumaian.

Kretazeo/Tertziario (Paleogeno) (K7T) muga Algorri senaia txikian kokaturik dago. Hondamendi handi honek geruza beltz mehe bat du ezaugarri, espezieen -dinosaurioak barne %70 baino gehiagoren suntsipenarekin bat datorrena. Suntsipen handi horrek, antza denez, Yukatango penintsulan eroritako meteorito handi baten yalkarekin erlazionaturik dago.



BIZITZA LURREAN BIZIRIK IRAUTEKO BORROKA ETENGABEA



Gure planetan bizitzak historia luze eta konplexua du, eta fosilen bidez hura berreraikitzeari ekin diote paleontologoei. Bizitzaren sorrera, antza denez, duela 3.800 Ma inguruan kokatzen dute, baina orain dela 542 Ma inguru arte, eboluzioaren Big Bang-ean, ez zen garatu bizitza konplexua Lurrean. Ordu ezkerro biota planetarioaren eboluzioaren erregistro aski osatua dugu, baia hori historia zoragarri honetan gertatu berri den 515 besterik ez du hartzen. Lehenengo 3.000 Ma-ko biologiari buruz ez dakigu gauza handirik, baia, itxura denez, bizitza oso simplea izan zen, eta haren eboluzioa oso geldia aro izugarri luze batean.

Duela 542 Ma-ko eboluzioaren Big Bangek gure planetan bizitza konplexuari hasiera emateaz gainera, paleontologoei beren tresna nagusia ekarri zien: fosilak. Garai horretan biztzak maskorrak eta korazak garatu zituen eta, hortaz, askoz errazago fosildurik gelditzen da. Azken 500 Ma-etan bizitza era geldian eta jarraikian eboluzionatuz joan da, espezieak agertu eta desagertu egin dira berezko eran, baina halaber oso suntsipen masiboak gertatu dira, nabarmentzekoak horietako bost, edo sei, egungo krisi biologikoa horien artean sartuz gero. Suntsipen masibo bat gertatu den une bakoi-

tzaren ondoren, bizitzak 10 milioi bat urte behar izaten du oneratzeko, eta batzuetan inoiz ez du gertaeraren aurreko aberastasuna berreskuratu.

Sustipen masibo nagusiak ondokoak dira:

Ordoviziar / Siluriarreko suntsipena. 44 Ma. Seguruena izotzaldi gogorarekin eta itsas mailaren aldaketekin erlazionatua. Batez ere itsas organismoei erasan zien, hala nola brakipodoak, briozooak, triboliteak, konodontak eta graptoliteak.

Devoniar / Karbonifero suntsipena. 359 Ma. Itsas espezien %70 baino gehiago desagertu ziren eta bereziki ur beroetako itsas animaliei erasan zien, hala nola koralak, graptoliteak eta tentakuliteak, baita arrain multzo asko ere. Hipotesi batzuen arabera, suntsipen hau izotzaldi batekin eta meteoriko baten talkeretik loturik dago.

Permiar / Triasoko suntsipena. 251 Ma. Historian gertaturiko suntsipen handiena da. Itsas espezieen %95 baino gehiago eta ornodunen %70 desagertu ziren. Biota konplexu hura leheneratzeak luze jo zuen kasu

honetan eta planetak basamortu handi baten antza hartu zuen, tenperatura oso altuekin. Gaur egun kontuan harturiko hipotesiek zerikusia dute bulkanismoarekin, metano hidratoak eta hidrogeno sulfuroak askatzearekin edo are meteorito handi baten talkarekin. Gertari horretan hildako animalien kopuru izugarria dela eta, oso litekeena da kausa ugari izatea. Bizitza desagertzeko zorian egon zen.

Triasiko /Jurasiko suntsipena. 199,5 Ma. Arkosaurioen talde batzuk, sinapsidoak eta urlehortar handiak desagertu ziren, beste askoten artean, eta nitxo ekologiko ugari libre utzi zuten dinosauroak ugaltu ahal izan zitezten. Era guztietako kausak proposatu dira suntsipen handi dagokionez, baita gaurkoz ez dago hipotesi koherente onaturik batere.

Kretazeo /Tertziarioko suntsipena. 65,5 Ma. Espezie guztien %75etik hurbil desagertu ziren, dinosauroak eta amoniteak barne, eta Yukatango penintsulan meteorito bat erortzearekin loturik dago. Suntsipen handi horren hondakinak ikus daitezke Zumaia-ko harrietan.

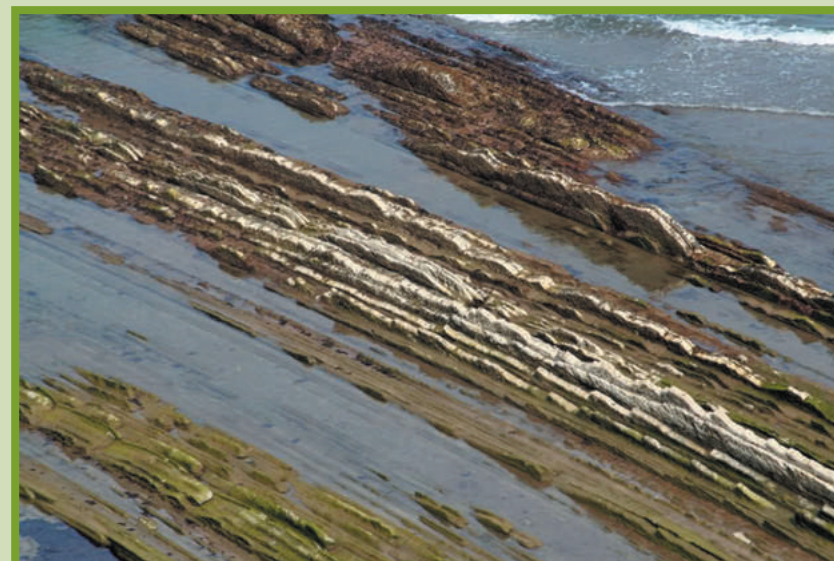
Seigarren suntsipen handia. Gaur egun. Naturalista eta zientitzenzialari batzuk *“seigarren suntsipen handia”* esamoldea erabiltzen hasi dira biodibertsitatearen gaur



egungo egoera definitzeko. Kaalkulu batzuen arabera, urtean 30.000 espezie inguru desagertzen ari dira eta suntsipen tasa normala baino 1.000 eta 10.000 bider altuagoa da. Kausa, oraingoan, espezie baten, gizakia- ren, ugaltze izugarriarekin zuzenki loturik dago. Espezie horeek bere populazioa gehitzen duurterik urte eta, era berean, haren kontsumo premia ere gehituz doa.

Seigarren suntsipen handiaren zergatiak hainbat kontu- rekin dute zerikusia. Ehiza zuzena, espezie inbaditzaile- leen sarrera, klima aldaketa edo elkarren segidako suntsipenak, baina funtsean habitatak suntsitzearekin eta konpartimenduetan zatitzearekin loturik daude, Hamar espezieetik bederatzi arrazoi horregatik desager- tzen dira. Gizakiok eraldatu egin dugu Lurreko eremu ez izoztuen ia erdia; landa eta basoak zirenak laborantza sailak bihurtu ditugu; ibaiak mugatu eta hezeguneak drainatu ditugu: lurra zolatu dugu hiri eta bideak egite- ko; akuiferoak kutsatu ditugu; itsasoak gehiegi ustiatzen ari gara; baso tropikalen eremua 16 milioi hektarea murrizten dira urtero... Egoera atsekabegarria da, Lurreko gure bidelagunak ez daude lasai gurekin. Biotopo hau bezelako natura gun- e babestu batzuk eta balio ekologikoetara- ko hezkuntza direla bide, gure burua konbentzitu behar dugu: biodibertsitatea eta haren habitatak funtsezkoak dira giza bizitzaren garapenerako. Hori egiten ez badugu, Lurraren historiak gogor juzga- tuko du gure zeregina bizitzaren ebolu- zioan.

Planetaren historian lehenengo aldiz espezie bakar da suntsipen handi baten eragilea, baina era berean hori ekiditeko espezie bakar batek neurriak har ditzakeen lehenengo aldia dugu oraingo hau.



KRETAZEO / TERTZIARIO MUGA

AZKENEKO SUNTSIPEN HANDIA. DINOSAUROEN DESAGERPENA



Duela 65 milioi urte bizitzak ezbehar gogorra nozitu zuen, haren porrota handienetako bat izan zena. Bizitza askotarikoa eta joria zen Kretazeoaren amaieran, eta bat-batean Lurreko espezieen %70 baino gehiago desagertu ziren. Historia biologikoaren bosgarren suntsipen masibo handia izan zen, ezagunena segur aski, oraintsuen gertaturikoa eta ikertuena delako eta, batez ere, dinosauroen erbateko suntsipena eragin zuelako, animalia horiek 150 Ma baino gehiagotan Lurrean nagusi izan ondoren. Suntsipen gertaera handi horrek

Kretazeo aldiaren amaiera eta Tertziarioaren hasiera markatu zuen, eta arrazoi horregatik K/T suntsipena esaten zaio.

Biktimak

Dinosaurioez gainera, K/T suntsipenak amoniteak eta belemniteak galdu zituen eta ozeanoko plankton komunitateak jo zituen bereziki. Zumaiaiko azaleratzean ikus daitekeenez. Kopuru handia, aniztasuna eta fosil bihurtzeko ahalmen handia direla eta, organismo horiek tresna garrantzitsuenetako bat gertatu dira K/T suntsipenaren ikerketan.

Era berean desagertu egin ziren itsas narrasti handiak (pleisosaurioak eta mososaurioak) eta narrasti hegalaria edo pterosaurioak. Arrainek, urlehorrak, ugaztunek eta hegazti primitiboek nahikoa nozitu zuten, eta horien suntsipena %25-40 ingurukoa izan bide zen. Brakiopodo, maskor biko, trigonito eta ostreidoen aniztasuna murriztu egin zen bat-batean. Landaren suntsipena ia %50era iritsi zen.

Suntsipenak gutxien jotako espezieen artean, ondokoak zeuden: krokodiloak, dortokak, brio zooak, artropodoak, bela-



kiak, ekinoideoak, intsektuak, analidoak edo lehorreko gasteropodoak. Fitoplanktonaren eta zooplanktonaren artean, diatomeen eta erradiolarioen eskeleto silizeoek hobeto gainditu zuten krisia.

Organismobatzuk K7T muga baino apur bat lehenago desagertu baziren ere eta, ondorioz, mailaz mailako suntsipenaren aldeko teoriak bultzatu baditzaizkete ere, datu gehienek guztiz bat-bateko suntsipena iradokitzen dute. Zerbait gertatu bide zen Kretazeoko azken egunean espezieen %70 baino gehiago betiko desager zitezkeen.

Frogabideak

Denbora bitarte hori ageri munduko harri ebakidura guztietan kolore iluneko geruza mehe bat nabari dezakegu, mugako buztina esaten zaiona. Geruza mehe hori suntsipen handiaren unean jalki zen eta, era horretara, erlazio naturiko anomaliatako asko bildu zuen. Geruza



horrek daukan helio-3 kopurua aztertuz jakin dezakegu, gainera, geruza horrek zenbat denbora behar izan jalkitako, eta ondoriozko zifrak ez du 10.000 urteko kopurua gainditzen. Denbora bitarte guztiz labur horretan anomalia andana bat bildu ziren, hala nola ondokoak:

Iridio kontzentrazio handiak. Iridio taula periodiko elementu dentsoen eta astunenetako bat da, eta guztiz bakana lurrazalean. Mugako buztinean harturiko neurriek erakusten dutenez, kontzentrazioak balio estandar baino, ehun aldiz handiagoak izatera iristen dira. Meteorito mota jakin batean, ordea, iridioa nahikoa ugari dago; ondorioz, Lurretik kanpoko jatorria, hau da, meteorito baten talka aldeztu duen hipotesiaren frogakontuzkoenetako bat gertatu zen presentzia hori. Iridio anomalia planeta osoan berdin banaturik ageri da.

Mikroesferulak eta mikrotektitak. Talka presio esker-gak sorturiko material urtuzko lanak dira, talk gunetik egotziak eta milaka kilometro inguruan erortzen direnak. Urrundu ahala horien tamaina urrituz badoa ere, arine-nek atmosfera zeharka dezakete eta, Lurraren errota-zioa dela eta, planetako edozein lekutan eror litezke.

18 O isotopoaren bat-bateko beherakada. Garai beroetan 16 O errazago desagertzen da eta, ondorioz, planktonaren hondakin fosilek 18 O kontzentrazio handiagoa agertzen dute. Aitzitik, hau bezalako beherakada batek hozte global nabarmena adierazten du, planeta guztian islatzen dena.

13 C isotopoaren bat-bateko beherakada. Karekizko planktonak itsas uretatik bereziki 12C isotopoaz hornitzen da. Hortaz, beherakada horrek esan nahi du geta- era eragin zuenak munduko produktibitate primarioa ia erebat eten egin zuela.

Angiospermen polenaren eta iratzeen esporen arteko erlazioa jaitea. Flora ekosistemaren eta espezie berrien ezarpena adierazten du; suteen ondo-

ren, horiek Kretazeoaren amaierako baso emankorren lekua hartu zuten.

Talkako kuartzoa, nikel espinela eta nanodiamanteak. Muturreko presioaren adierazle dira. Talkak, antza denek, talka uhin guztiz indartsuak sortu zituen, eta mineral batzuen kristak egitura eraldatu zuten. Anomalia hori Erdialdeko Amerikan eta Ipar Amerikan kokatzen da. **Kedar eta ikatz kontzentrazioa.** Kontinentea sorburu duten harrietan kedar partikula txikiak metatzea sute handien adierazgarri da; sute horiek materiak urtuaren euriak eta hasierako tenperaturaren goraldi handien eragileak izan zitezkeen. Anomalia hori mundu osoan zehar barreiatuak ageri da.

Bi teoria nagusiak

Froga hauekin guztiekin, batez ere iridioarenarekin, Luis Alvarez eta Walter Alvarezek (Berkeley-ko Unibertsitatea) eta Jan Smit-ek 8Amsterdam-eko Unibertsitate Askea) 1980an proposatu zuten halako iridio kopurua soilik 10 km inguruko meteorito baten talkaren bidez iritsi zitekeela Lurrera, eta inpaktu hori izan zitekeela Kretazeo amaierako suntsipen handiaren eragilea. Teoria horrek eztabaida handia sortu zuen korronte uniformistarekin, zeinak hondamendi eta gorabehera handirik gabeko historia geologikoa defendatzen zuen, eta Decán-eko Tranpak teoriaren defendatzaileen aurka, 2 km inguru lodi diren laba basaltikoen metaketa izugarri bat, Indiako hego-ekialdean azaleratzen dena eta Kretazeoaren amaieran gertatu zena. Eztabaida zientifiko bizian urte batzuk igaro ondoren, nahiko garbi gelditu zen koladak K/T mugaren aurrekoak zirela, bi milioi urte lehenagokoak, eta, gainera, horiek ezin zutela iridioa, mikroesferula, talkako kuartzo eta nanodiamanteen kontzentrazio handia esplikatatu. Era bereab, horren bidez ez zen esplikatzen anomalien banaketa globala bi hemisferioetan azaltzea. Litekeena da halako laba kopuruak Kretazeoaren amaierako kliman eragin zerbait izatea, baina nekez sinestekoa da K/T suntsipenarekin lotura zuzena izan zezakeenik.



Chicxulub krateraren aurkikuntza handia

Mexikoko Golkoko aldean talkako kuartzoen deformazioa areagotzeak eta mikroteziten metaketen tamaina handitzeak Karibe aldera eraman zituen begirada guztiak. Bilaketa eta eztabaida biziko hamar urte igaro ondoren, 1991 urtean, azkenean, talkaren teoriaren defendatzaileek behin betiko frogatu zuten: Chicxulub kratera, 170 km-ko diametroko krater eskerga, ehunka metroko sedimentuak erabat estaila. Egituaren anomalia grabimetrikoko eta magnetikoek krater-aurkitzea ahalbidetu zuten eta Petróleos Mexicanos enpresak hartarako emandako lagin batez baliatu ziren datazioa zehazteko.

Karinbeko tsunami handiak, frogatu ikaragari bat

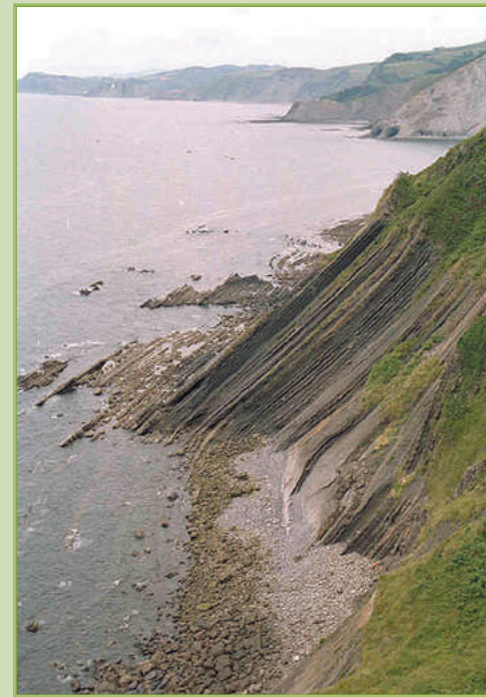
Sakonera gutxiko itsaso batean gertatu zen talka eta, kalkuluaren arabera, 500 baino garaiera handiagoko tsunamiak eragin zituen, zeinek kostaldetik gertuko lurralde guztiak suntsitu zituzten. Tsunami handi horiek beren aztarna sedimentarioa utzi dute bertan, hareharrizko geruza handien forman, tsunamita deiturikoak, eta tsunamiak arrastaka eramandako, sedimentuek osaturikoak; horiek Chicxulub kratera talka batek eragindakoa zelako frogarik erabakigarrienetako bat gertatu ziren. Metaketa horiek Mexikoko golko osoan zehar banaturik daude eta horien guztien artean nabarmentzekoa da El Mimbral-eko azaleratzea, 1991n aurkitua, eta talkaren, tsunamiaren eta suntsipen masiboaren arteko erlazioaz komunitate zientifikoa konbentzitzeko behin betiko frogatu zena.

Inpaktuaren ondorioak

Yukatan aldean meteoritoaren inpaktuak eskala globaleko suntsipen masiboa eragin zuen batbatean, espezie gehienek jasan ezin zuten ingurumen aldaketa segida baten eraginez. Meteoritoak 10 km inguruko diametroa zuen eta inpaktuak askaturiko energia mundu osoko armategi nuklearrarena baino 10.000 bider handiagoa izan zen.

Itsasoko ura eta inpaktu materialaren parte handi bat urtu eta lurrundu zen eta atmosferatik kanpo eraman zuen hauts eta lurrunezko hodei gori batek. Lurrera itzultzean, mikrotektiten urturiko materialaren euriak egun batzuk iraun bide zuten; lurrun bilakaturiko hauts eta iridioak, aldiz, hilabeteak eman bide zituzten atmosferatik irteten. Inpaktuaren eskualdean, biota gehiena berehala hil zen hainbat arrazoi direla bide: zampaketa bera, suzko bola izugarri bat igerotzea, talka uhinak eragindako eztanda, urturiko materialez osaturiko tanta txiki gorien euria, lurrikara handiak edo tsunami erraldoi eta suntsitzaileak.

Baina atmosfera nahasmendu indartsuenak eskala globalekoak izan ziren, aldaketa atmosferikoe-kin lotuak. Material goriko tanten euriak erradiazio infragorri indartsua eragin zuen, planeta labe baten antzera berotzen zuela. Gainberotze horrek bloke kretazeoak sutzea eragin zuen, eta horiek kedarra eta N=2, CO₂ eta CO bezalako gasen kopuru handia askatu zuten. Suteen kedarrak eta talkak eragin-



dako hautsak atmosfera kutsatu eta eguzki argia iristea galarazi zuten. Planeta zenbait hilabetez ilundu zen eta tenperatura erori zen, fotosintesia moztu eta kate trofikoak errotik jotzen zuela, baita espezie gehienak desagertarazi ere. Aireraturiko gasek erreakzio-natu zuten atmosferiko urarekin eta euri azido kantitate handia sortu zuten, zeinak ekosistemen parte handi bat kutsatu zuen. Baliteke, era berean, aireraturiko kloro eta bromo gasek ozono geruza suntsiturik gertatu izana, baita erradiazio ultramoreak biota jo izana ere. Kutsadura atmosferikoa pixkanaka garbituz joan zenean, tenperatura batbatean. Igo zen CO₂ edo CO₂ bezalako gasen berotegi efektuaren ondorioz. Hori guztia dela eta, Kretazeoaren amaierako biota gehiena munta

handiko ingurumen zailtasun segida kateatu bati aurre egin ezinean gertatu zen; era horretara, Lurrean milioika urtez bizi izandako espezie eta familia osoak betiko desagertu ziren ehunka urte gutxi batzuetan edo denbora gutxiagoan argian.

KLIMA LURREAN MILIOIKA URTEKO HISTORIA HARRIGARRIA

Milioika historia Lurra bera bezain antzinakoa da, 4.600 Ma ingurukoa. Denbora bitarte izugarri luze horretan, klima eta atmosferak aldaketa handiak izan dituzte eta horiek, beren aldetik, bizitzaren eboluzioa.

Eguzkiak energia %30 inguru emendatu da Lurra eratu zenetik, baina denbora eskala hain handia da ezen, oraintsuko klimari dagokionez, eguzki energia konstantetzat jo dezakegu. Hala, milioika urteko eskalan planeta baten klima, funtsean, planeta horrek harturiko energiaren egingo duen gestioaren mende dago, eta hori, batez ere, bi faktorek baldintzatzen dute:

Atmosferaren konposizioa: berotegi efektuko gasetan deentsoagoak diren amosferak klima beroagoetarako bide ematen dute.

Kontinenteen tamaina eta banaketa klima baldintzaile garrantzitsuenetako bat da denbora eskala handietan. Klima kontinental muturrekoagoa daa eta, ondorioz, kontinenteen elkartetak normalean klima gogorragoak eragiten ditu, eta halakoetan izotza errazago metatzen da. Hala berean, kontinente horien banaketa eta kokapena ere funtsezkoa da, horren mende baitago harturi-



ko energia kopurua, higadura kontinental eta itsaslasterr ozeanikoen konfigurazioa, zeinek klima eraginkortasun handiz moldatzen duten.

Hasierako atmosfera eta oxigenoaren kutsadura handia

Hasierako atmosferaren konposizioak ez dakigu gauza

handirik, nahiz, itxura denez, lehenengo 2.500 Maetan (Lurreko historiaren erdia) ia-ia ez zegoen oxigenorik eta berotegi efektuko gasez hala nola CO₂ edo NH₄ trinko kargaturik zegoen. Klima, segur aski, oraingoa baino askoz beroagoa zen, harik eta, duela 2.400 Ma inguru, bakterio txiki batek planetaren historian gertaturiko eraldaketarik handiena eragin arte. CO₂ asimilatzen hasi, eta, ondorioz, oxigenoa jariatzen hasi zen, atmosfera guztia kutsatzen zuela eta Lurrezko bizitzarako aldaketa handienetako bat eragiten zuela.



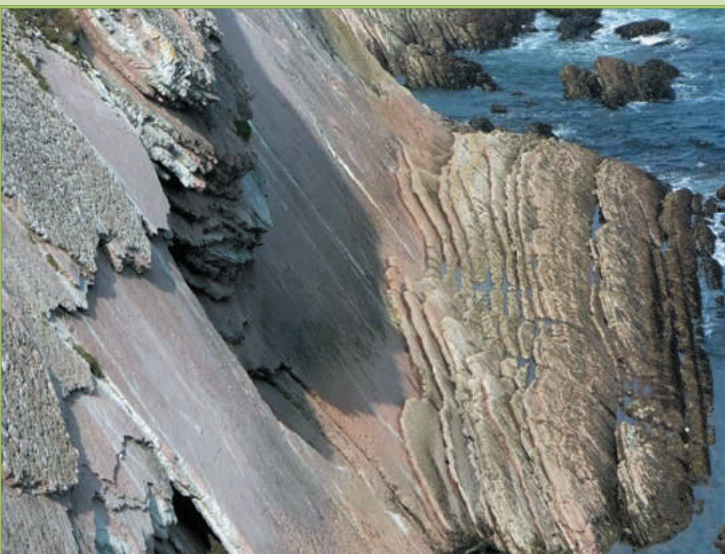
Ordoviziarreko glaziazioa (440 Ma). Hegoaldeko hemisferioa bakarrik jo zuen, Gondwana kontinentea Hegoburuan kokatu eta izitza metatzen hasi zenean. CO₂ kontzentrazioa ere gaurkoa baino askoz handiagoa zen.

Karboniferoko glaziazioa (300 Ma). Glaziazio txiki bat izan zen, soilik Hegoburua jo zuena. CO₂ kopurua murriztearekin hasi zen, zeina aldi hartako landaredi kopuru handiarekin loturik zegoen.

Gaurko glaziazioa. Duela 45 Ma klima hozten hasi zen, baina orain dela 3 Ma arte ez zen izotzik egin bi poloetan. Ordu ezkerreko glaziazioak eta glaziazioartealdiak txandakatuz joan dira. Orain glaziazioartealdi baten amaieran gaude.

Klima beroa eta glaziazio handiak

Lurrak ez du izotzik izan bere historiaren %85 baino gehiagoan eta, horrenbestez, glaziazioak klima anomaliatzat har daitezke, eta konparazioz aldi hotzak dira. Klima, oro har, gaurkoa baino beroagoa izan da, bain glaziazioaldi luzeak izan dira eta horietan kontinenteak eta itsasoa ia-ia izotzak estalirik egon dira. Lurreko historiaren glaziazio ezagunenak ondoak dira: **Lur zuria (740-582 Ma).** Gaurko izotz kopurua baino hamar bide gehiago metatu zen aldi horretan. Kontinente guztien kokaera ekuatoriala da glaziazio hauen motibo nagusia, meteorizazio kimikoa faboratzen duelako eta, baita Co₂ kontsumo handiagoa eta tenperatura jaistea ere.



Dinosauroen uda handia eta lehenengo izotzak

Lurrezko historiaren aldi beroen eta luzeenetako bat Triasiko, Jurasiko, Kretazeo aldiek eta Tertiarioko zati batek hartu zutena dugu, duela 250 eta 40 Ma bitartekoa. Gaurko klima baino 10 °C beragoa zen orduan; horrek baso kretazeo handiak eta dinosaurioak ugaltzen lagundu zuen. Aldi bero luze hori atmosferako Co₂ kontzentrazioarekin loturik zegoen, zeina Ozeano Bareko itsaspeko sumendi erupzio ugarietatik zetorren. Kontinenteen banaketa zatikatuak, halaber, klima epelagoa eta hezeagoa faboratzen zuen, baita eragin ozeaniko handiagoa ere.

Duela 45 Ma klima hozten hasi zen, harik eta duela 36 Ma Antartidan lehenengo glaziarrek agertzen hasi ziren arte. Tenperaturak jaisten jarraitu zuen eta duela 15 Ma jadanik gaurkoaren antzeko izotz masa egonkor bat finkatu zen. Ipar hemisferioan, aldiz, duela 3 Ma arte ez zen izo-



tzik egin.

Lurraren azken hozte handi eragin zuten motiboek, antza denez, kontinenteen mugimenduekin dute zerikusia, eta horiek beren aldetik itsaslasterr ozeanikoak baldintzatzen dituzte. Drake itsasartea zabaltzea eta Groenlandia Ipar Amerikatik bereiztea, antza denez, hozte horren eragile nagusiak dira, zeren horietako lehenak Penintsula Antartikoa munduko gainerako eskualdeetatik bakartzen baitu eta bigarrenak ur artiko bero eta hezetasunez kargaturiko itsaslasterr bat ematen baitu, zeinak hegoaldera iristean tamaina handiko kas-keta eratzeko behar diren prezipitazioak ekartzen ditu. Harrezko eskualde polarretako izotz masak era ziklikoan handituz eta urrituz joan dira milaka urteko eskalan. Oso garantzitsua da bi poloan artean dagoen desberdintasun handia nabarmentzea. Kontinente handi batek eusten dio kasket antartikoari eta horren izotzak 4.000 metrotik gorako lodiera du; Artikoa, ordea, itsasoko ur izotzua besterik ez da, metro gutxi batzuetakoa.

Antartidako izotzeko lekukoak: azken milioi urteko klima

Gaur egun milioi urtetik gorako izotz antartikoa zulatzea lortu dute eta eskuraturiko datuek erakusten dutenez, glaziazioak (aldi hotzak) eta gaziarioarteak (aldo beroagoak) aldizkatuz joan dira zikloan, 20.000 eta 100.000 urteko periodizitateaz. Ziklotasun hori Milankovitch-en ziklo astronomikoek markatzen dute. Bariazio orbital horiek batzuek aldaketak eragiten ditu Lurraren orientazioan eta eguzkiarekiko distantzia, eta horrek gorabehe-

rak sortzen ditu eguzkiak planetaren gainera dakarren energian.

Antartidako izotzeko lekukoak duela gutxiko klimari buruzko entziklopediak dira, zeren eta beren barnean harrapaturiko burbuilek iraganeko atmosferaren konposizioa baitute eta denboran zehar izandako CO₂ kontzentrazioak berreikitzen ahalbidetzen baitigute. Horretaz bestalde, oxigeno isitopoen proportzioak une bakoitzeko tenperatura ematen digu eta negu-uda geruzen segidatik analisi isotopikoetatik izotzaren adina atera daiteke. Hori guztia dela medio, berotegi efektuko gasak eta denboran zeharko tenperatura lotuko dituen grafiko bat marraz dezakegu. Erreferentzia zundaketa Vostok-eko zundaketa da.

Azkeneko milioi urteari buruz Antartidan loturiko ondokoa utzi dute agerian:

* Harrezkero gutxienez hamar glaziazio edo aldi hotz izan dira, glaziazioarte beroekin tartekatutik.

* Berotegi efektuko gasen berezko aldaketak (CO₂ erreferentzia harturik) 180 ppm-ko balio minimoetatik 280 ppm-ko balio maximoetaraino joan dira, goreneko glaziazioaldietatik glaziazioartealdi beroetara, hurrunez hurren.

* Aldi beroetan, atmosferaren batez besteko tenperatura glaziazioetako minimoiei zegokiena baino 10 °C altuagoa izan da.

Gaur egun, ohikoa baino gehiago luzatzen ari den glaziazioartealdi baten amaieran gaude. Azken glaziazio handiaren maximoa duela 20.000 urte inguru gertatu zen; tenperatura 10 °C inguru apalagoa zen eta kasket polarrek Londres eta Berlingo latitudeak estaltzen zituz-



ten lodiera handiko izotzaren azpian. Pirinioetan ehunka metro lodi ziren glaziarrek eratu ziren eta itsas maila gaurkoa baino 120 m beherago zegoen. Aitzitik, oraingoaren antzeko azken aldi beroa duela 125.000 urte inguru gertatu zen eta agidanean tenperatura gaurkoa baino gradu gutxi batzuk beroagoa izan zen, halako eran non izotzen urtea guztiz kontuzkoa izan eta itsas maila gaurkoa baino 20 metro gorago egotera iritsi zen.

Gaurko klima aldaketaren anomaliak

Klima aldaketa hurrengo urteetan gizadiak aurre egin beharreko erronka handienetako bat da. Aldaketa konplexua da, baina horren zergatiak nahiko ongi zehazturik daude eta iragarritako ondorioak suntsitzaileak dira. Alabaina, zein dira datuak?

Planetaren batez besteko tenperatura 1 °C igo da azken 150 urteetan, baina era desberdinean igo da. 1850etik 1970era 0,5 °C igo eta beste gradu erdia azken 40 urteei dagokie, berotzearen abiadura bikoiztu baita. Denbora tarte handiagoak behar ditugu, baina glaziazioaldi batetik glaziazioarte batera igarotzean gertatzen den aldaketa abiadura (1 °C/1.000 urte) baino hamar bider inguru handiagoa dugu gaurkoa: 1 °C /100 urte. Horrekin guztiarekin ere, klima aldaketaren anomaliarik handiena ez da tenperatura igoera baizik eta berotegi efektuko gasen kontzentrazioa. Aurreko atalean ikusi bezala, atmosferako CO₂ kontzentrazioa aldatu egin Kuaternario (2,5 Ma) berezko klima aldaketen zehar: 180 ppm-tik (glaziazioak) 280 ppm-ra (Glaziazioarteak). Gaur, atmosferako CO₂ kontzentrazioa, batez beste, 387 ppm-koa da.

Datu segida honek agerian uzten du glaziazio baten eta

glaziazioarte baten artean, 10.000 urte inguruko aldian, berezko eran gertatzen den 100 ppm-ko igoera, orain 100 urteko bakarrean gertatu dela beriz. Halako igoera batek esplikazio bakarra du: gure ekonomia ereduaren euskarri diren baliabide fosilen errekuntzatik datorren CO₂ aireratzea (igorpen antropogenikoa).

Kuaternario osokoak baino askoz altuagoak diren CO₂ kontzentrazioaren datu hauek kontuan izanik, XXI. Menderako IPCC (Klima Aldaketari buruzko Gobernu arteko Taldea) delakoak egindako iragarpenaren arabera, beroketa 2 eta 4 °C artekoa izango da. Espainian iragarpen hau 5 °C-ra igotzen da. Balio hori aireratuko ditugun igorpenen baitan izango da, eta hori iragartzeko zailak diren hainbat konturen mendean izango da, hala nola munduko biztanleria, garapen erdua edo etorkizuneko eredu energetikoa.

Klima aldaketaren ondorioak zehatz-mehatz iragartzea oso zaila da, baina, era orokorrean ondokoak izan ditezke:

- * Itsas mailaren igoera eta jendea bizi den kostaldeko eskualdeak urez estailak gertatzea. 2100erako 0,3 eta 0,8 m arteko igoera aurreikusten da. Horrek hondartza asko galtzea eta arazo handiak portuetako eta itsaertzeke eraikuntzetan, batez ere Kantauri itsasoan.

- * Ekosirtemen aldaketa, eta horren ondoriozko desoreka biologikoak, izurrite eta espezie indaditzaileak eta zailtasunak nekazaritzan.

- * Itsasoaren produktibitatea eta arrantza murriztea.

- * Kontuzko zailtasunak ur baliabideei dagokienez. Euri baliagarria urritzea eta urakan eta ekaitz handiak bezalako fenomenoak gehitzea.

- * Gaixotasun subtropikalak beste hainbat latitudetara zabaltzeaz

- * Hiri handietarako handiak.

PALEOZENO / EOCENO MUGA LURRAREN BEROTZE HANDIA

Kretazeo / Tertiario mugako suntsipen handiaren ondoren, Paleozenoko klima giroa egonkortuz joan zen apurka-apurka, nahiz, oro har, esan daitekeen klima gaurkoa baino dezente beroago mantentzen zela. Aldi horren amaieran (duela 55,8 Ma), Lurak bere historian izan dituen bat-bateko berotze handienetako bat basan zuen klimak eta hori ere Zumaia harrietan erregistraturik gelditu zen. Paleozeno eta Eozeno aldien arteko muga definitzeko balio duen gertari horrek, PETM siglen (Paleocene Eocene Thermal Maximum) bidez ezagutzen denak erabat aldatu zuen Lurraren egoera klimatikoa eta biotikoa.

Berotzearen arrastoak

Gertari horrek erregistro geologikoan utzi zuen froga nagusia Karbono 13 isotopoaren beherakada handia izan zen. Itsas eta lurreko organismoek karbona erabiltzen dute beren oskolak eta eskeletoak egiteko, halako eran non hondakin fosilek informazioa dakarkiguten karbonoak ingurumenean duen erlazio isotopikoari buruz. Organismoek, ahal dela, karbono 12 isotopo arina hautatzen dute, eta ondorioz ingurumena Karbono 13 isotopoaz aberasten da. Isotopo horren beherakada nabarmena, itsasoetan eta atmosferan karbono freskoaz egindako



injekzio handi baten gisa interpretatzen da. 4,5 tona metriko karbono igorri ziren atmosferara oso denbora gutxian, milaka urte gutxi batzuetan soilik, eta hasierako igorpen nagusiak ez zuen 1.000 urte ere iraun. Kopuru hori gaur egun erregai fosil gisa, hala nola petrolio, gas eta izotza, ustez lurpean daukagunaren baliokidea litzateke.

Denborari dagokionez, karbonoaren bat-bateko anomalia hori beste beherakada isotopikoarekin batera gertatu zen, Oxigeno 18-arenarekin alegia. Oxigenoaren isitopoen arteko erlazioak iraganaren termometro baten gisa funtzionatzen du, harrapaturik gelditzen baita animalien maskorretan eta eskeletoetan eta zenbait mineralen eratze-ko unean. 180 isotopoa baino astunagoa da; hortaz, garai hotzetan askoz gehiago kostatzen zaio lurruntzea eta haren kontzentrazioa emendatzen da lurrean. Aitzitik, erorikoa 180 isotopoaren proportzioan gertatuz gero, dagokigun kasuan bezala, hori ingurumenaren beroketa gisa interpretatzen da. Gaur egun, masa espektrometroek 1 °C baino gutxiagoko tenperatura desberdintasunek eragindako oxigenoaren zatikatze isotopikoaren bariazioak neurtzeko bide ematen dute.

Carbono 13-ari buruzko datuen seinalatzen dute ezen, igorpen nagusia urte gutxi batzuetan gertatu bazen ere, Lurak 100.000 urte baino gehiago behar izan zuela banaketa isotopikoa berzilatzeke, baina uste denez berotze aldia aski motzagoa izan zen, 50.000 urte ingurukoa.

Beste zenbait anomalia orkurtu samarrek zerikusia dute berotze honekin: Itsasoan karbonatoen disoluzio bat gertatzen da, itsasoko ura azidotu egin zela adierazten duena.

Beste zenbait anomalia orkurtu samarrek zerikusia dute berotze honekin:

Itsasoan karbonatoen disoluzio bat gertatzen da, itsasoko ura azidotu egin zela adierazten duena.

Kaolinita (buztinaren mineral bat) gehiagotu egin zen kostaldeko eremuetan, higadura handiagoa ekarri zuena Buztin beltzen dekantazioa gertatu zen, itsasoan produktibitate organikoa handitu zela adierazten duna.

Antzaenez, erlazioa aski garbi dago. Karbonak, CO₂ eta CH₄ eran, gogor kutsatu zituen atmosfera eta ozeanoak eta berotegi efektu guztiz bortitza sortu zen, ia bat-bateko berotzea eragiten zuela; horrek klima banaketa aldatu zuen eta espezieen moldaera baldintzatu zuen. Baina, nola eta zergatik gertatu zen hori guztia? Nola egokitu ditzakegu arrasto horiek guztiak teoria batean?

Beroketaren erruduna: metano hidratoak

Bariazio isotopikoen tamainak dakarren berehalako karbona biosfera dagoen karbono guztia baino hiru bider handiagoa da; hala beraz, hori ezin daiteke planetako jardura biologiko hutsetik etorri. Hainbat konturekin zerikusia duten teoriak proposatu dira: ekarpen biologikoa, sumendi jardura, sute handiak eta are lurretik kanpoko gorputz karbonatatu baten inpaktua, baina horietako ezkein dator bat PATMaren datuekin %100ean.

Gehen onarturiko teoriaren arabera, plataforma eta ezponda kontinentaleko itsas hondoetan pilaturiko metano hidratoen desestabilizazioarekin loturik legoke. Itsas hondoetan sedimentuetako materia organikoaz bizi den bakterio metanogeniko batek sortzen du metanoa, oxigeno gutxiko egoeretan. Metano hidratoa halako izotz moduko bat da, metano molekula baten inguruan dauden ur molekulaz osaturik dago eta behe tenperatura eta goi presioen tarte oso mugatuan da egonkorra. Ozeano hondoek, seguruenik, garaiko sumendi jardura indartsuarekin zerikusia zuen berotze txiki bat izan zuten, eta horrek metano hidratoen desestabilizazioa eragin zuen, burbuila egiten hasi ziren gainalderantz zihoazela. Horretaz gainera, beste alderdi bat kontuan hartu beharrekoa da. Itsas hondoetan metaturiko materia organiko eta metanoaren kopuruak oso handia izan behar zuen, Paleozoan zehar gauzaturiko jardura biologiko indartsuaren ondorioz.

Bestalde, askatze handiak erregistratu dira garai hartako ezponda kontinentaletan eta horiek lagun zezaketen hidratoen desestabilizazioan.

Atmosferara iritsiz gero, metano-



ak berotegi efektu guztiz indartsu bat eragiten du eta hamarkada gutxi batzuetan oxidatu egiten da eta CO₂ bihurtzen da, atmosferan askoz denbora gehiago irauten duena, eta eragiten dituen ondorioetako batzuk bat datoz erabat atal honetan bertan deskribaturiko zantzuarekin:

* Planetaren berotze konstantea, berotegi efektuaren ondorioz.

* Kontinentearen higadura handiagoa, klima beroaren eta euri azidotuaren eraginez.

* Ozeanoaren azidote handia atmosferiko CO₂ xurgatu ahala. Azidote horrek itsas organismoen kaltzio karbonatoko maskorrak disolbatzen ditu, eta ez dira itsas hondora jausten.

Beroketaren ondorio biologikoak

Tenperatura nabarmen igo zen eta izaki biziek aldaketara egokitu behar izan zuten. P/E mugaren beroketak (PETM) leheketa ebolutibotik gehiago izan zuen suntsipenetik baino; izan ere, onarturik dagoen suntsipen masibo bakarra foraminifero bentonikoena da, guztiz logikoena dena horiek itsas hondoetan bizi baitziren, prozesua abiatu zen lekuan, hain zuzen ere. Gainerazko ekosistema eta espezieek ondoren azalduno diren aldaketak, moldaerak eta migrazio garrantzitsuak gauzatu zituzten. Foraminiferoek eta organismo planktonikoek moldaerak garatu zituzten, eta ordura arte ekuatoreko ingurune tropikaletik atera gabe bizi ziren ur beroetako espezieak migratu egin ziren, planetako itsaso guztietan zehar zegozkien tenperatura naturalen bila. Espezie berriak agertu ziren, eta ordu arte garrantzi gutxi izan zuten batzuk faboraturik gertatu ziren eta hedapen handia izan zuten.



Ekosistema kontinentalak zuzen jo zituen berotze horrek, baina erantzun biologikoa ulertzeko kontuan hartu behar da garai hartan kontinentearteko zubiak zeudela Amerika, Europa eta Asia artean, halako eran non animaliak aise emigratu ahal izan ziren kontinente batetik bestera. Eboluzioaren ikuspegitik PETMak ugaztun modernoan agerpena eta hedapena izan zituen bereizgarri, horien artean zaldiak edo primateak nabarmentzekoak direla. PETMean tamaina txikiagotzea izan zen ugaztun batzuek erabiliriko moldatze mekanismo bitxia; gero berotze hura baretu zenean, tamaina handiagoa hartuko zuten berriro. Moldaera mekanismo guztiz arrunta da hori, eta elikagaien erabilgarritasunari erantzuten dio, baina kasu honetan guztiz era lasterrean gertatu zen. Landareek ere aldaketa handiak izan zituzten. Jadanik bazeudenak moldatu egin ziren, hostoen tamaina gutxituz edo 100 kilometroraino migratuz zegoen habitat naturalaren bila. Era berean, espezie berriak agertu ziren eta Eozenoko baso trinkoak populatu zituzten. PETMak Lurraren eboluzio eta biologia sistemaren erabateko berregokitzea ekarri zuen.

Petm eta gaurko klima aldaketaren arteko erlazioa

PETMaren mekanismo eta ondorioen azterketa guztiz gaurkotasun handiko kontua da, zientzialari askoren iritziz berotze haren antz handia baitu gaur egun jasaten hasi garenak.

Erregai fosilen erreketa dela eta, XVIII. Mendetik gaur arte igorritako CO₂ kantitatea ez da iristen PETMean igorri zenaren edo lur azpian petrolio, gas, ikatz eta abarren forman oraindik geratzen den karbono osoaren %10era. Ildo horretatik, oraingo berotze hau PETMaren antzeko gertaleku baten ataria dela pentsa dezakegu, zeren, gizakiak erregai fosilak oraingo erritmoan erretzen jarraituz gero, luze gabe duela 55,8 Ma-ko egoeraren antzeko bat ekarriko baitu.

PETMa ikertzea ere oso garrantzitsua da metanoaren



eginkizuna ulertzeko, zeren, oraindik erantzukizun handia egotzen ez bazaio ere, gas horrek PETMean jokatu zuenaren antzeko eginkizuna izan bailezake hurbileko etorkizunean. Gaurko itsas hondoak eta eskualde polarretako lurzorua metano hidratoz kargaturik daude eta horiek desestabilizatu litezke berotze antropikoak eragindako tenperatura igoera txikien ondorioz. Hortik aurrera, prozesua biderkatuko litzateke, prozesuak ez luke atzera egitearik izango eta ondorioak guztiz larriak izan litezke, metanoak berotegi efektu guztiz lastera eta ahaltsua sortuko bailuke, atmosfera CO₂-z guztiz kutsaturik utziko lukeelarik. Hori dela eta, IPCCk (Klima Aldaketarako Gobernuarteko Batzordea) onargarri litekeen 3 °C-ko berotzea proposatu zuen, hortik gora geuk kontrolatu ezinako prozesu naturalak abiaraz litezke. Metanoa tranpa handia da eta ez litzazigune komeniko estalkia kentzea. Historia harrietan idatzia dago. Gizakiak lurpean dagoen karbono guztia erreko balu eta metano naturalaren igorpena eragingo balu, PETMekoaren antzeko gertaleku bat sortuko luke eta gure gizartearen iraupena arriskuan jarlezake, baita gestionatzeko izango liratekeen hainbat ondorio ekarri ere, hala nola:

* Tenperatura igoera oso handiak. Lurrean gehien jendeztaturik dauden eskualdeetan, udazko batez besteko tenperaturak 35 °C-tik gorakoak izango lirateke.

* Izotzak urtzea eta itsas maila metro batzuk igotzea; biztanle asko duten kostaldeko eskualdeek uholdeak jasango litzateke.

* Gaurko habitatak eta klima gerrikoak aldatzea, basamortuak eta eremu lehorrak hedatzearekin batera.

* Euri azidoa eta kontinenteak higatzea.

* Atmosfera fenomeno katastrofikoak gehitzea.

* Espezie suntsipen handiak, gaur egun jadanik gizakiak haiengan presio handia egiten duela eta, gainera, beroaren aurrean migrazioa erantzun elementu gisa baliatu ezin dutela, gaur egun ekosistemak eta basa habitata konpartimenduetan ztiturik daudelako eta gero eta urriagoak direlako.

* Arazo larriak nekazaritzari eta ur baliabideei dagokienez.

* Ozeanoa azidotzea eta itsas emankortasun txikiagoa.



BIOTOPO BIZTANLEAK FLORA, FAUNA ETA EKOSISTEMAK

Deba-Zumaia kostaldeko biotopoaren aniztasun biologikoa eta ekologikoa ere nabarmena da, babesturiko gunearen tamaina kontuan harturik. Horretaz gain, gune honetan eragin antropikoa txikia da eta ondorioz biodibertsitatearen kontserbazioa nahiko ona da. Ikuspuntu ekologikotik hiru unitate nagusi berezi daitezke:

* Marearteko zabalgunea: biotopoaren itsas zatia dagokio eta oso ekosistema konplexua da, gehienbat mareen eta itsasoaren parametro fisiko-kimikoen menpe dagoena. Eskualdearen %87 hartzen du (3.756 hektarea) eta babesturiko gunean interes biologiko handieneko sektorea da; izan ere, sektore horretan babes integraleko bi gune diseinatu dira.

* Itsaslabarak: azalera oso txikia hartzen dute eta batez ere interes geologikoa dute, nahiz eta horietan ekosistema guztiz berezi bat garatzen den, haizeak, gazitasunak eta lur erabilgarriaren eskasiak baldintzatuz.

* Landa atlantikoa: biotopoaren lehorreko zatia da, itsaslabarren mugatik ikus bitarteko arroaren mugaraino, itsasotik begiratua (495 hektarea). Paisaia antropizatua da, baina askotarikoa eta berezia ikuspegi biologikotik. Gainera eskualdean zehar jatorizko basoaren atal batzuk gordezen dira han-hemenka.

Marearteko zabalgunea

Deba eta Zumaia arteko biotopo babestuan kostaldeko tarteak dituen 4.300 hektareetatik soilik 547 dira lehorrekoak. Gainerakoa kostaldeko lerrotik itsas zabalera hedatzen da eta gehienbat harri izaerako hondoek osatzen

dute. Gipuzkoako kostalde beste batzuetan ez bezala, hala nola Jaizkibel edo Igeldo, zeinetan harrizko hondoak itsaslabarren jarraipena diren, dagokigun kasuan itsas hondoa lautada etengabe bat



da, urpean murgiltzea zaila egiten zaiona.

Abrasio plataforma Europako zabalenetako bat, itsasoan barneratzen da gune babestuaren mugetatik haratago, malda %1 baino handixeagoa dela. Horrek ahalbidetzen du biotopoaren itsas sektore guztia, itsasoan 5 km barneratu arren, zona fotikoa egotea, hau da, eguzki argia iristen den eta algen hazkuntza eta produktibitate primarioaren maila oso altua posible diren aldean izatea.

Ingurune oso homogeneoa iruditu arren, gogortasun ezberdineko kareharrizko eta marga geruzak txandakaturik egoteak ahalbidetu egiten du geruza horien eskalan nitxoak dibertsitatea oso handia izatea. Pitzadurak, hutsuneak, kubeta txikiak edo estratoak berak ingurune txikien sortzaileak dira, argi, olatu, harrapari eta abarrekiko esposizio maila oso desberdinak dituztenak. Aldaketa horiek batez ere mareek sortuak dira. Ingurune hori egunean bitan urpean dago eta organismoek egokitu behar izan dute horrek dakartzan aldaketa fisiko-kimikoetara. Lehortasunak, eguzkiarekiko esposizio altuak, 30 °C-rainoko alda-



Karrakela.



Bifurcaria bifurcata.

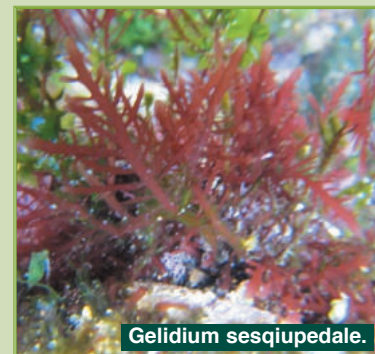
keta termiko bortitzek, gazitasunak, izozte kondizioek, ur gezaren ekarpenak eta olatuak eta horiek dakartzaten harri pusken erasoek behartu egin dituzte bertan bizi diren organismoak itsaste eta ezkutatze mekanismo oso eraginkorral geratzera. Zarboek eta lapatiek, adibidez, bentosa bat garatu dute arrokei itsasteko. Bibalbioek hezetasunari aurre egiteko itxi egiten dira hermetikoki eta itsas karrakelak estalki bat garatu dute; itsas bareek mukositateak dituzte uraren kanpoan zenbait ordu iraun ahal izateko; lapek gihar oso indartsuak dituzte arrokei itsatsirik eusteko eta zenbait bizidunek arroka bera zultzera iristen dira produktu kimikoen bidez.

Algak

Zabalgunean argiaren eragina handia dela aipatu den arren, kontuan hartu beharrekoa da argia ez dela modu berean banatzen hondo guztian zehar. Argia uretan barneratzen denean eguzkiaren erradiazioa era esponentzialean gutxitzen da eta uhin luzera aldatzen da ur zutabearen beheara goazen heinean. Horren baitan



Ulva lactuca.



Gelidium sesquipedale.

dago alga mota desberdinen banaketa, sakonera handiagotik gutxienera kokatzen baitira: alga gorriak, alga arreak eta alga berdeak. Banaketa hori oso argia da malda handiagoko hondoetan baina hori ez da zabalgunean erraz hautenaten, hondoaren profila ia laua baita. Ondorioz, beste ingurumen parametro batzuek markatzen dituzte espazioa okupatzeko arauak.

Biotopo sakonera handieneko gunetan alga gorriak dira ohikoenak, hau da: *Coralina officinalis*, *Lithophyllum* eta *Gelidium sesquipedale*. Azken hau era masiboan iristen da hondartzetara eta agar-a egiteko biltzen da.

Alga areen taldean *Fucus* generoa da aipagarriena, bere nerbio zentral bereizgarriarekin eta aire xixkuekin urtean zabaldu ahal izateko, zuhaitz itxurako *Cytoseira* eta zilindro itxurako *Bifurcaria bifurcata*. Era berean, *Halopteris scoparia* oso ohikoa da, baita *Dyctiota dichotoma* ere, beti hor dagoena.

Alga eboluzionatuenean, berdeak edo klorofizeoak, lehorreko goi mailako landereek fotosintesarako erabiltzen dituzten pigmentu berak dituzte ia-ia horien arbaso ebolutiboak direla iradoki daiteke. Izan ere, alga hauek uretatik kanpo ordu asko bizirik irauteko ahalmena dute. Talde honetakoak dira harizpi itxurako *Cladophora* generoa, talo masiboak, hala nola *Codium*, harizpi itxurakoa, *Ulva lactuca* ugaria edo tutu formako *Enteromorpha*.

Zabalguneko animaliak

Zona supralitoralean zenbait molusku espezie nabarmentzen dira; lapa (*Patella*), karrakela (*Littorina*), muskuilua (*Mytilus*), zirripedioak (*Balanus* edo *Chthamalus* besteak beste) eta



Coralina officinalis.

krustazeoak (*Pachygrapsus* adibidez). Egitura eboluzionatua goen ezean, olatuetatik babes- teko karekizko kusu eta oskolak garatu dituzte eta, karramarroak izan ezik (mareak dakartzan harrapakin eta hondakinak harrapatzen dituen), gainera- koek esekiduran dauden parti- kula organikoak modu oso era- ginkorrean iragazten dituzte. Baldintzak lasaitu eta egonkor- tuz doaz zona sublitoralera (etengabe urpean dagoena) hurbiltzen garen heinean. Bertan mota guztietako algen eta ornogaben ugaritasuna nabarmen handiagoa da. Knidarioetatik anemonetara (*Anemonia*), poliketo tubikolak (*Sabellaria*), gorputz biguneko gasteropodoen artean aurkit- zen diren nudibrankioak, ekino- dermoak, azken horien artean inguruko algak karraskatzen dituzten itsas triku ezagunak (*Paracentrotus*) edo muskui- luak edo itsas trikuak harrapa- tzen dituzten itsas izar ikusga- rriak (*Asterias*, *Marthasterias*). Krustazeo gutiziatu ugari, bes- teak beste txangarra (*Eriphia*) , izkirak (*Palaemon*), Txamarrak (*Liocarcinus*) edo santio txikiak (*Scyllarus*) olagarroarekin (*Oc- topus*) partekatzen dute gune hau, azken horiek harrapatzea tradizio oso zabaaldua delarik ingurunean.

Espero zenez, bizitza forma askotariko horiek hor egoteak era guztietako bizidun eboluzio- natuagoak erakusten ditu: arrainak, hegaztieak eta are itsas ugaztunak, marearteko zabalgunean elikatzeo eta ezkutatzeo aukera aurkitzen dutenak. Hegaztien artean aipatzekoak dira martin arrant- zalea (*Alecto atthis*), ubarroi mo- ttoduna (*Phalacrocorax aristote- lis*), kuliska txikia (*Actitis hypoleu- cos*) edo kaio ankahoria (*Larus michaellis*).

Itsaslabarrak

Itsasoaren eragina mareen irispi- detik hartago hedatzen da eta mareen mugaren eta itsaslabar



Txangarra.



Karramarro beltza.



Olagarroa.



Izkira txiki.

gailurraren arteko trantsizio gunean finkatzen den biota zehazten du. Ereku horretan, lurraren urriak eta eze- gonkortasunak sortzen di- tuzten mugez gain, haizea- ren eta gatz espraia- ren etengabeko eraginak ere garrantzizkoak dira, faktore horiek asko mugatzen bai- tute landarediaren garape- na.

Material gogorrago osatu- rik dauden flyscheko geru- zen kasuan, itsaslabarra ia era bertikalean altxatzen da eta ia ez dago substratua sortzeko aukerarik. Lehen pitzadura horietan itsas ziprizen eraginpean hazi daitezkeen espezieak gutxi dira. *Crithmun maritimum* eta *Plantago maritima* espe- ziek izan litezke aintzinda- rien artean adierazgarriene- takoak. Itsas mailatik gora joan ahala gatzaren eragina gutxituz joan arren, harizko paretetan substraturik ez izateak landareak finkatzea mugatzen jarraitzen du, nahiz itsaslabarraren alde garaianetan, kolore deiga- rriak dituen *Helichrysum sto- echas* delakoa salbuespene- tariko bat den.

Geruzak horren gogorak ez diren aldeetan edo egitura handiak erori diren tokietan buztin eta harri disgregatuek osaturiko higakinak agertzen dira, landare komunitateak finkatzeko baldintzak erraztu egiten dituztenak. Kasu ba- tzueta horren garrantzi- tsuak diren metaketa horiek, hala nola Pikote, Baratza- zaharrak edo Haitzbeltz, profil lauagoak dira eta ele- mentu finagoei halako modu egon- korrean euts diezaiekete eta beste aukera batzuk irekitzen dituzte, komunitate konplexuagoen segida ekologikoari begira. Orain dela gutxi moldatzen hasi bada ere, benetako lurzoru batez hitzegi- n dezaketu, elikagaien birzikulazio zikloak indartuz doazen heinean berastuz doana.

Itsaslabar ez hain malkar hauetan

gora egin ahala, zerrenden antolaketa argi bat ikus dai- teke itsas eraginaren gra- dienteari lotua. Landare estaldura gutxieneko oinal- deko zerrendaren ondoren, *Festuca rubra* subsp. *Pruinosa* nagusi den soropi- la dago. Gorago pre-txillardia finkatzen da, *Erika vagans* eta *Genista hispanica* sunsp. *Occidentalis* espe- zieek osaturiko koltxoia. Lurzoru garatuago hauen gainean lehen zuhaixkak ikus daitezke (ote zuria eta Txorbeltza), bai eta lehen zuhaitza aitzindariak ere: sahatsak (*Salix atroci- nea*), milazkak (*Tamarix gallica*) eta sasiakazia exoti- koa (*Robinia pseudoaca- cia*).

Landa atlantikoa

Ereku hau estaltzen zuten jatorrizko basoak batez ere haritz kandudenez (*Que- rcus robur*) osaturiko hariz- tiak ziren, eta horiei medite- rranear osagaia gehitu beharko litzaieke, hau da, artadiak (*Quercus ilex*). Azken espezie hori hor ego- teko arrazoiak lurzoru mehe- en presentzia da; izan ere, horrek espeziearen garape- nerako ezinbestekoa den lehorte edafikorako baldin- tzak ahalbidetzen ditu. Ibaien ibilguetatik hurbil, askotan urez betetzen diren lurzoruetan, haltzadiak (*Al- nus glutinosa*) hedatu ohi dira.

Baso hauetan gizakiaren presentzia historiaurre garaikoa da, inguruan aurkitu diren aztarna ugariak eta bertatik hurbil kokaturik dagoen Ekain eta Urtiagako kobazuloak adie- razten duten moduan. Neolitoan jadanik, eta nekazaritzaren eto- rrerarekin, biotopo lehen entre- sakak egin ziren laborantza lur- rak ateratzeko.

Geroago, artzaintzak, abeltzain- tzak, hirigintzatik eratorritako jar- duerek, ontzigitzak edo indus-



Itsas izarra.



Kuliska txikia.



Ubarroi mottoduna.



Kaio ankahoria.

tria aurreko metalurgiak, beste- ak beste, basoan halako presio handia egin zuten ezen jatorriko egoera zein zen ozta-ozta pen- tsarazten digun orban hondar batzuk besterik ez diren gaur- daino iritsi. Hondar horiek zen- bait lekutan aurkitu daitezke: Mendata arroko hariztia, Arantza Mendiko mendebalde- ko hegaleko artadiak eta Errotaberri erreka- ren ertzak. Erekuari dagokionez, konparti- mentazio mailan eta eskuhartz- e mailan bertakoa basoak jasan- duen atzerakadarekin, hein handi batean desagertu egin dira ondo egituraturiko baso habitaten berezko elementuak. Dena den, baso estalki jarrai haren eraldaketatik eratorritako paisaia berriak osagai berriak beretu ditu, eta horiek eskualde- ko nitxoan aniztasuna eta habi- taten dibertsitatea handitzen lagundu dute.

Eremua unitate diskretuan zati- tzaren eremaitza dugu landa atlantikoa. Unitate horietan, bata bestearen ondoren ondokoak daude: nekazaritza lurrak eta laboreak, bzkalekuak, sega belardiak, zuhaixka landaresiak, harizko hormatxoak, ibar baso- ak eta izaera desberdineko zuhaiztiak eta sastrakadiak. Inguruneen mosaiko horrek eratzen duen paisaia unitatea eta unitate funtzionala onuraga- rria da basoaren ingurune monotonoan gutxi agertu edo izango ez liratekeen zenbait espezierentzat. Lore aberasta- sunak, zenbait hegazti talderen (paseriformeak adibidez), na- rrasien, anfibioren, intsektuen eta abarren presentzia handia- goak paisaiaa mota honen balio erantsia erakusten digute.

Azpiramarratzeko da, hala ere, inguru- ne hau erdi-naturala dela, baserriko nekazaritza eta abeltzaintza jardue- ra tradizionalen menpean egitura- tzen baita. Ustiaketa intentsiboro teknika modernoek, ongari organi- ko kontzentratuagoen neurrigabeko erabilerak edo mugetan elementu naturalak (landaresiak eta zuhaix- kak) kentzea dakarren lursail kon- tzentrazioak paisaiaren sinplifika-

zioa eragiten dute eta horrekin batera larrearen balio naturalistikoa pobretu dezakete. Horregatik babesgunearen kodeaketan ingurumenarekiko harmonikoa den nekazaritza jarduera mantentzea lehentasunetako bat da.

Flora eta fauna

Baso, larre, txilardi eta landa-resi unitateek ingurune aniztasuna zein garrantzitsua den erakusten dute. Bertan gainera, eremu horren txikian ohikoa ez den lore aniztasun eta aberastasun itzela gordetzen da. Landare espezie nagusiak kapitulu honen amaieran eransten diren identifikazio tauletan bereriz daitezke.

Lehorreko fauna ere nahiko ugaria da, nahiz eta erreparatzen zaila izan, gehienak espezie txikiak baitir. Ondoko deskripzioak biotopo zati kontinentalean dauden espezie ohikoenak labur begiztatzen ditu:

Ornogabeen artean, moluskuei dagokienez, baraskilo familia desberdinak daude, hala nola baraskilo arrunta (*Helix aspersa*), baso barrasiloa (*Capea nemoralis*) eta bareak (*Limax sp.*). Ornogabeen arteko beste talde garrantzitsu bat araknidoak eta intsektuak dira, horietako batzuk ikusgarriak, hala nola tigre armiarma (*Argiope bruennichi*); zenbait koleoptero eta lepidoptero (tximeletak), hala nola pauma tximeleta (*Inachis io*), tximeleta erraldoia (*Saturnia pryi*) edo lirio-tximeleta (*Ipchiclides podalirius*) eta beti agertzen den marisorgina (*Mantis religiosa*).

Ornodunen artean bertako kondizioetara hobekin egokituak narrastiak eta hegaztiak dira. Narrastiei dagokionez, horma sugandila (*Podarcis muralis*) aurkitu dezakegu, gune harritsueta zoko ugarietan bizi da, horietan erraz ezkatatu baliakete. Landaredia ugariagoa den lekuetan oso ohikoak dira musker berdea (*Lacerta viridis*) eta zirauna (*Anguis fragilis*), nahiz eta bigarren hori ikusten oso zaila izan, gauez irteten delako. Sugeen artean nabarmentzekoak dira sugegorri atlantikoa (*Vipera seoanei*) eta ugaria den Eskulapioren sugea (*Zamensis longissimus*), artzainek belarra moztean noizean behin hil-



Uhandre palmatua.



Pauma tximeleta.



Artzandobi arrunta.

tzen dutena. Anfibioak itsaslabarrera erortzen diren erreketako putzuetan bizi dira eta ohikoenak uhandre palmatua (*Triturus helveticus*) eta urigel arrunta (*Pelopilax generosa*) dira. Apo arruntaren (*Bufo bufo*) eta igel arruntaren (*Alytes obstetricans*) kasuan urarekiko menpekotasuna ez da hain nabaria eta putzuak fase larbarioan bakarrik erabiltzen dituzte.

Itsaslabarretan ohikoenak diren hegaztiak: belatz handia (*Falco peregrinus*), belatz gorria (*Falco tinnunculus*) eta buztangorri iluna (*Phoenicurus ochruros*). Eta landaredia ugariagoa den lekuetan: txepetxa (*Troglodytes troglodytes*), birigarro arrunta (*Turdus philomenos*), zozo arrunta (*Turdus merula*), pitxartxar burubeltza (*Saxicola torquata*) eta kaskabeltz handia (*Parus major*). Itsaslabarre-tik gertu, zuhaixka gutxi dauden belardi zabaletan, udaldian uda-txirta (*Anthus trivialis*) eta neguan negu-txirta (*Anthus pratensis*) ikus daitezke. Ezin ahaztu daiteke antzandobi arrunta (*Lanius collurio*) kusgarria, elorri zuriaren arantzak biltegi moduan erabiltzen dituen, bertan intsektu ugari iltzatuz. Gauez mozola (*Athene noctua*) ehizatza irteten da. Zuhaitzetan okil handia (*Dendrocopos major*), okil txikia (*Dendrocopos minor*) eta garrapos (*Sitta europaea*) bizi dira, iheskor eta iziti. Ikusten izan arren, ia urtero itsaslabarrean harkaitz txoria (*Trichodroma muraria*) eta larreetan basoiloa (*Tetrax tetrax*) azaltzen dira. Ugaztunentzat habitat egokiegia ez izan arren, badira zenbait saguzar (*Rhinolophus ferrumequinum*) eta (*Pipistrellus pipistrellus*); karraskariak hala nola basasagua (*Apodemus sylvaticus*), satorra (*Talpa europaea*), ustxintxa (*Sciurus vulgaris*), satitsua (*crocidura russula*), trikua, mustelidoak eta, batzuetan, Izarraitz mendigunetik etorritako basurdeak aurki daitezke. Haragijale ohikoenak azeria, lepazuria eta erbinudea dira.

ea) bizi dira, iheskor eta iziti. Ikusten izan arren, ia urtero itsaslabarrean harkaitz txoria (*Trichodroma muraria*) eta larreetan basoiloa (*Tetrax tetrax*) azaltzen dira. Ugaztunentzat habitat egokiegia ez izan arren, badira zenbait saguzar (*Rhinolophus ferrumequinum*) eta (*Pipistrellus pipistrellus*); karraskariak hala nola basasagua (*Apodemus sylvaticus*), satorra (*Talpa europaea*), ustxintxa (*Sciurus vulgaris*), satitsua (*crocidura russula*), trikua, mustelidoak eta, batzuetan, Izarraitz mendigunetik etorritako basurdeak aurki daitezke. Haragijale ohikoenak azeria, lepazuria eta erbinudea dira.

ESKUALDEKO BIZTANLEEN BIZITZA ETA OHITURAK

Biotopo paisaiari loturiko istorio txikiak

Deba eta Zumaia arteko kostalde zerenda betidanik oso eremu emankorra izan da eskualdeko biztanleentzat. Debako Santa Katalinatik Zumaia Talaia mendiraino muino eta sakonunez beteriko gune gorabeheratsua hedatzen da eta berrogeita hamar baserri inguru kokatzen dira bertan. Gaur egun bertakoen nekazaritza jarduera belardietan etaazienda urri bat elikatzera bideraturiko artasoro txikietan oinarritzen den arren, antzina haritz, gaztainondo, intxaurren, artelat eta artez osaturiko basoek estaltzen zuten eskualdea; horiek Zumaia eta Debako ontzietan itsasontziak eraikitzeke moztu zituzten. Halaber, mendi hegaletan txakolina egiteko mahastiak zeuden.

Itsasertzeke muinoetan kokaturiko tenpluen ugaritasuna deigarria da. Debako barrutian Santa Katalina, Salvatore eta Elorriagako San Sebastian ermitak eta Itziarko Ama Birjinaren Santutegia aurkitzen dira. Zumaia udalerriaren Arrikotietako Ama Birjinaren ermita eta San Telmo ermita daude. Antzina Deban Yndañetako San Martin ermita eta Zumaian Santa Klara ermita zeuden, baina XIX. Mendean sakratutasuna kendu zieten. Tenpluen kokapenak kostaldeko Santiago Bidearekin bat egiten du, baina, horretaz gain, itsasotik ikus daitezkeenez, arrantzaleen bizitza zaintzeko eginkizuna ematen zaie. Kondaria asko dago tenplu hauetaz eta itsas gizonek zieten, eta oraindik dieten, debozioaz. KOSTaldeko tarte honetan itsasontzi asko hondoratu



dira, gehienetan enbata, laino eta tirain gogorren ondorioz. Piratek eta kortsarioek erasotu eta hondoraturiko galeoien istorio zahar asko dago, baita berriago batzuk ere I. eta II. Mundu Gerretan gerraontziek kanoikadaz erasotutako kabotake ontziei buruzkoak.

Blzkaiko Golkoaren barnealdeko

uretan -Bermeo Matxitxako eta Getariako San Anton artean baxurako arrantza oso garrantzitsua izan da betidanik inguruko arrantzaleentzat. Eta berean, bertako gehienak arrantzan eta itsaskien bilketan aritu dira modu intentsiboan marearteke zabalgunean edo plataforman. Jarduera hori, gaur egun oraindik kirol moduan egiten dena, Deba eta Zumaia biztanleen mantennubide nagusietako bat izan zen iraganeko denboretan. Olagarroaren arrantza tradizio handikoa da bertan. Debako Salvatoremendien dagoen Urriagako kobazuloaren aztarnategian Barandiaran, Aranzadi eta Elosegik egindako aurkikuntzen ondorioz jakin dugu, besteak beste, Goi Madeleine amaieran kobazuloko biztanleek haien hezurak lurpetik atera zituzten- lapak, karrakelak eta muskuiluak jaten zituztela eta horiek Sakoneta eta Algorriko marearteke zabalgunean harrapatzen zituztela.

XX. mendearen lehen erdialdean Arronamendiko eta Allamujo harrobietan oso jarduera berezia gauzatu zen: galtzadarrien fabrikazioa, Iberiar Penintsulako eta Frantziako herri eta Hiri askoren kaleak eta plazak zolatzeko.

Gerra Zibilaren ondoko urteetan, 60ko hamarkadara iritsi arte, kontrabandistek jeneroa descargatzeko erabiltzen zuten eskualdea. Kostaldea zaintzeko Goardia Zibilak koartel txiki bat zuen Sakonetan, eta garita bat Algorrin

Algen bilketa Itzurun hondartzan egin den eta gaur egiten jarraitzen den jarduera da. Zumaiarrek aspalditik egiten zuten lan hori, algak baratzeetan ongari moduan erabiltzen zutela. Gaur egun bilketa hori ijito etniako familiek egiten dute lan hau eta algak produktu kosmetikoak egiteko saltzen dituzte.



BIOTOPO IBILBIDE TEMATIKOAK

SAN TELMO ERMITA

San Telmo, Zumaiaiko marinelen zaindarien ermita, herrian gehien ateratako argazkietako bat da. Historiako lehen apaimena 1540koa da, nahiz segur aski XVII. mendean eraberritu zuten, San Telmoren izenpeko Marinelen Kofradia sortu zunean.

Barnealdea nabarmentzekoa da, haren herri edertasua ez da bertako beste ezain ermitatan aurkitzen. XVIII. mendeko erretaula urreztatu gabe dago eta rococo dekorazioa du, eskitura exentuen kaltean, zeina tailu txiki batzuetara murrizturik gertatu baita. San Telmo jaia apirilaren amaieran ospatzen dira. Inguruan ditugun itsaslabarrak harri geruza oso ondo zehaztuek osaturik daude. Geruza horiei estratu deritze eta sedimentuen dekantazio geldiz eratu ziren itsas azpian duela mmilioika urte asko. Duela 20 Ma itsas hondo horiek guztiak Pirinioekin batera jaiki ziren, eta gaurko egunean flysch esaten zaion formazio hau eman zuten. Geologoentzat, Zumaiaiko flyscha Lurraren hhistoriako liburu ireki bat bezalakoa da. 8 km lodi den liburu honek geruza 50 Ma inguru hartzen du eta historia geologiko berriaren klima eta biologia gertaera garrantzitsuenetako batzuk kontatzen dizkigu. Badira ustekabeak. Lurraren historiak ingurumen aldaketa garrantzitsuak ditu, eta horiek oraina bestelako ikuspuntu batetik begiratzea ahalbidetzen digute.

Iknofosilak ermitan

Ermitaren atzaldean (mendebaldea) lurra osatzen duten begiratikoko harlauzek arrasto fosil bitxiak azaltzen dituzte, harri horien itsas jatorria frogatzen dutenak. Arrasto horiei iknofosil deritze eta duela milioika urte itsas hondotan bizi ziren organismoek mugitzerakoan edo elikatzerakoan utziriko aztarnak dira. Aztarnaren geometria estua elikaduraren bila egindako ekortze baten gisa inter-



Scolicia strozzii.

pretatzen da elikagaiak urri ziren hondo batean. Zumaia nazioarteko lehen mailako erreferentzia da itsas iknofosilen azterketari dagokionez.

San Telmo tolesturak

San Telmo ermitaren atzealdean argi ikus dezakegu flyscheko estratuaren segida geruza gogorak (kareharriak) eta bigunak (margak) tartekatzen direla. Era berean ikus dezakegu geruza horiek tolestura bat eratzen dutela eta haustura andana batek jota daudela, faila izenekoak. Egitura txiki horiek sedimentuak milioika urtean jasan zuten deformazio prozesuri, Iberiaren eta Europaren arteko talkari erantzuten diote, azkenean talka horrek Pirinioak eta euskal mendiak altxatzea ekarri zuen. Gezurra badirudi ere, demborarekin eta indar tektonikoen iraupenarekin, harriak plastilina gida deformatzen dira. Geruzak aztertzen dituzten geologoek kontuan hartu behar dute deformazio mota hau, geruzak errepikatatu edo huts egin blititzakete. Biotopo flysch formazioan garrantzizko tolestura eta faila gutxi dago; hortaz, oro har, geruzak bata bestearen ondotik datoz era jarraikian eta hurrenkera kronologikoan.

ITSASLABARRAK ETA MAREARTEKO ZABALGUNEA

Algorrikobegiratikoa geomorfologiaren santutegi bat da, toki pribilegiatu bat itsasoaren eta labarren arteko borroka etengabeaz gozatzeko, milaka urteko gudu horrek paisaia ikusgarri bat utzi du.



MAREARTEKO ZABALGUNEA ETA MAREAK

Biotopopaisaia erabat aldatzen 6 ordutik behin, mareak marearteko zabalgunea estali edo desestaltzen duen bakoitzean, eta horrek, paisaia definitzeaz gainera, baldintzatu egiten du inguru horretako bizitza.

Mareak ozeanoko ur masaren eta llargiaren eta Eguzkiaren arteko elkarrekintzaren mende dago. Egunean bi mareagora eta bi mareabehera ditugu, eta bien arteko kota alde 4,5 metrora irits daiteke marea bizietan, Eguzkiak ta llargiak indarrak batzen dituztenean. Horregatik marea biziak beti ilbeteen edo ilberrian.

Marearteko zabalguneko ekosistemaren baldintzatzaile nagusia dira mareak. Mareagoran, zabalguneko osoa ur azpian gertatzen da, baina mareabeheran (bi aldiz egu-

nean), zati handi bat agerian geratzen da eta espezie gehienek putzu txikietan biziraun behar dute ura berriro igo artean. Egoera tenperatura, gizitasuna, oxigenazioa, etab. aldatzenda eta lehia basatia da. Aldakortasun horrek eta biotopo marearteko zabalgunearen hedadura handiak ekosistema hori oso berezia bihurtzen dute, bertako biodibertsitate indizeak oso garaiak direla.



FLYSCHAREN LIBURU HANDIA

Azalerarte honen tamaina handia ulertzeko leku hauta dugu Algorriko begiratikoki hau. Hemendik biotopoko itsaslabarren 8 km-ko eremu gehiena ikusten da, historia geologikoaren 50 milioi urte ikusmenean. Alabaina, zein aldaketa irakurtzen den liburu handi hau? Non hasi eta non bukatzen da? Geruzen markurdurari erreparaturik eta itsaspean eremu lau batean jalki zirela kontuan hartuz garo, jakin dezakegu non dauden geruza zaharrenak eta, hortaz, non hasi eta non bukatzen den gure historia.

Harri mota kontuan hartuz, azaleratzearen 8 kilometroak



gorriakako margak tartekaturik izatea bereizgarri duena.

pakete edo formazio litologiko handitan banatzen dira, normalean tokiko toponimiaren izena hartzen dutenak. Kasu honetan, Goi Kretazeo eta Paleogenoko kareharriko serien barnean gaude, zehazki Aitzgorri formazioan, kareharriak eta kolore

ITZURUNGO PANELA

Itzurungo begiratikoki Zumaian maizenik bisitaturiko lekuetako bat da. Hori dela eta, puntu horretan gaiari buruzko panel handi bat jartzea erabaki zen. Zumaiaiko ebakidura azaltzeko ikuspegi onena ez da, baina aukera aparta da jendearen emana aprobetxatzeko eta biotopoaren balioei dagozkien kontuak ezagutarazteko. Lekuan inpakturik txikiena eragitearren, ibilbide tematikoen sareko 38 interes puntuetatik 6an bakarrik jarri dira interpretazio panelak, Panelak biotopo begiratikoki naturaletan jarri dira, halako eran non guztiak ikuskatuz ingurunearen ideia orokorra gureganatu dezakegun eta aldian behingo bisitarien gogobetekoa izan dadin.



SELANDIARRREKO ESTRATOTIPOA (60,1 MA)



batekin erlazionaturik dago. Itsas mailak behera egiten duenean, plataformak eta haien sedimentuak agerian gelditzen dira eta aise higatu eta arroaren hondora garraiatzeko eran gertatzen dira. Bestalde, ibaiek beren profillia egokitu behar dute oinarritzko maila berri apalagora, eta horrek ere higadura handiagoa eragiten du ubidean; azkenean, horren emaitza arroaren hondora sedimentu terrigeno gehiago ekartzea da. Era horretara gertatzen da bat-bateko aldaketa litologiko bat, hala nola puntu honetan ikusten dena.

Faila engainagarri bat

Itsas hurbilduz gero, gertutik ikus dezakegu faila batek ageri duen itxura. Harri batean plano baten arabera gertatzen

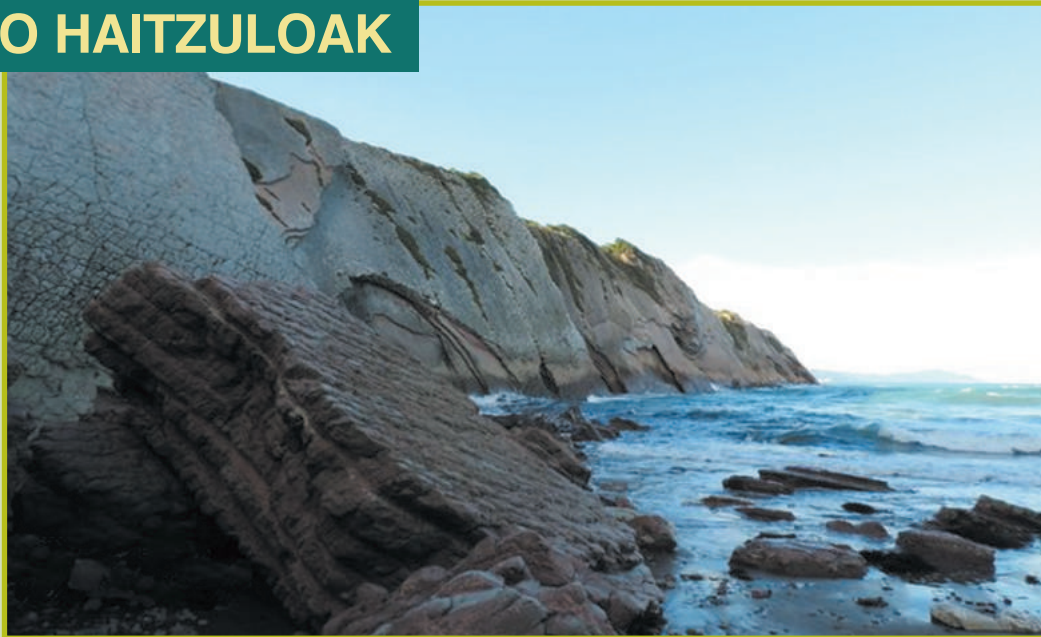
Aitzgorri formazio oso karesturik oinarri guztiz buztinduneko Itzurun Formaziorako iragangunea narkatzen duen aldaketa litologikoan kokatzen da Daniarraren eta Selandiarraren arteko muga. Horretaz gainera, gertaera biotiko txiki sail batek ere nabarmentzekoa da karbono 13 isotopoaren minimo erlatiboa. 2010 urteko maiatzaren 6an, International Comission on Stratigraphy batzordeko arduradunek urrezko iltzea jarri zuten muga hori mundu mailako estratotipo gisa egiaztatzen duena.

Harri buztintuagoetarako bat-bateko aldaketa litologiko hori itsas mailaren 40-80 metro bitarteko beheraldi gisa interpretatzen da, eta arroaren hondoratze tektoniko

den hausturari faila deritza, eta alde banatan kokaturiko blokeak plano horretan zehar desplazatzen dira. Faila gunea elkarloturik dauden hainbat faila txikiren multzoak osatua izaten da. Failaren gainean dagoen blokea jaitsiz gero, faila normala deritza; eta gainean dagoen blokea igoz gero, alderantzizko faila deritza. Mota baten edo bestearen interpretazioak bere garrantzia du, lehena hedadurazko ingurune batekin, hau da, tenkatze ingurune batekin erlazionaturik baitago; bigarrena, aldiz, konpresiozko egoera bati dagokio. Kasu honetan, interpretazioa aski garbi dagoela dirudi, gaineko blokea beherantz desplazatzen baita: faila normala.

ITZURUNGO HAITZULOAK

Aitzgorri formazio-ko horma gorri-ka geruzen paraleloan orientatzen da, gutxi gorabehera 1200oE norabiden, eta gehienbat ipar-mendebaldeko norabidea duen itsasoaren aurkako murrubat da. Higadurak bidea egin du harriaren haustura bertikaletan zehar eta horman haitzulo ikusgarriak sortu ditu, bost metrotik gora sakon izatera iristen direnak. Hausturek harriaren ahultasun planoak ageri dituzte eta, ondorioz, leku aproposak higadura aurrera joa dadin, hala sakonean nola alboetara. 8 puntuko



haitzuloa mekanismo beraren bidez garatu da, baina hormako geruzen paraleloan. Mareabeheran sartu eta formazio horren barrunbeak ikus daitezke.

TURBIDITAK, HARRI MOTA BERRIA FLYSCHEAN

Daniarreko Aitzgorri Formazioa, A2-A5 eta A8 puntuetan zeharkatu duguna, ghenbat, kareharrien eta marga gorrixken tartekatze batek moldaturik dago. Itzurun formazioa, A10 puntutik zeharkatzen ari garena, halaber, orain arte kareharrien eta margen tartekatzeak moldaturik dago. Harri guzti horiek sedimentu buztintsu eta itsas mikromaskorren dekantazio geldiarene ondorioz sortuak dira. Arretaz begiratzuz gero, gure aurrean beste harri mota bat ikusiko dugu: turbiditak. Hareharritzko geruza hauek, kareharrien eta margen artean tartekaturik, ezpondatik itsas hondora eroren ziren jauste handien ondorioz eratu ziren. Batez ere granulometria lodiagoagatik bereizten dira, barne orriak ondo zuhaztuak eta oina guztiz garbia dauzkatelako.

Barne laminazioak sedimentuaren mugimendua islatzen du, behin betiko dekantatu aurretik. Kareharrien eta margen geruzek 10.000 urte inguru behar dituzte dekantatzeko; lodiera bereko turbidita batek, aldiz, segundu gutxi batzuk aski ditu. Bi turbiditen artean dauden kareharri eta marga geruzak zenbatu eta 10.000 aldiz biderkatuz gero, konturatuko gora bi jausteen artean 100.000 urtetik gora igaro zirela.

Eozenoko turbiditak

14 puntua Eozenoan dago, zehazki Jaizkibel Formazioan, tubidita kopuru handia izatea ezaugarri duena. Hareazko hondartza eta harri gunea bereizten dituen irtenguneko harrietan arreta jarritz hero, turbidita txiki asko topatuko ditugu marga edo kareharritzko geruzen artean tartekaturik. Bost turbidita txikiraino aurkitzen ditugu marga geruza baten barnean; hortaz, jausteen maiztasuna izugarri emendatu da 13 puntutik.



Eozenoan sartu ahala (Getaria, Donostia, Jaizkibel aldera), turbiditen kopurua handiagoa da eta gero lodiagoak dira.

Pirinioen lehen erliebe kontinentalak gero eta hurbilago izatea eta ondoriozko ezeagortasun tektonikoa da kopuru gehitze horren zergatia. Higadurak erliebe berriei ekin die eta sedimentu terrigeno gehiago sortu dute haien inguruan. Bestalde, eremu horrek plaken talkak jasaten du; ondorioz, deletan jalkiriko sedimentuek egonkortasuna galtzen dute eta ezpondan behera erortzen dira. Bizkaiko Golkoa itxi egiten da eta ezponda gero eta hurbilago dago; horrek, era berean, geruzen tamaina handiagoatzea dakar.

KORALEZKO MENDIAK

Elorriaga atsedenekua, itsas gaineko 200 metrik goragoko garaieran kokatua, biotopoa hegoaldeetik mugatzen duten mendigin biribilen kordalean dago. Atsedeneku hau da eta Errotaberrikoa, Sakoneta ibilbidea, biotopo erdialderako sarbide nagusiak dira eta sareko ibilbide tematikoetako biren abiaburu gertatzen dira. Barnealdeko paisaia menditsurako bistakbikainak dira. Atzealdean, Andutz, Sesiarte eta Izarraitz mendiguneek osatzen duten kordala nabarmentzen da, lehen mendi oztopo handia itsasotik gatzozela.

Mendigune horiek Behe Kretazeoen eratu ziren, Debako flysch beltza baino apur bat lehenago. Garai hartan, duela 100 Ma baino gehixeago, Iberiar penintsula, gaurko Britainiatik hurbil zegoena, erloju orratzen kontrako noranzkoan bira egiten zen Europarekiko, Kantauri itsasoa irekiarazten zuela. Hedapen prozesu hark hondoraturiko arro andana bat



sortu zuen, sakonera handiko arro horietan biotopo flysch beltza eratu zen, Lapari ibilbidean ikusgai duguna, baita azalekoagoko bloke sail bat eta sakonera gutxiko plataformak ere, zeinetan koralezko uharriak garatu ziren. Uharri horiek uharri-kareharriak sorrarazi zituzten, oso gogorrek direnak eta Euskadiko gaurko mendi nagusiak moldatu dituztenak, haien artean Andutz edo Erlo.



GRÁFICAS **RD**



Impresión Offset

Impresión Digital

Fotografía

Cartelería

Velocidad

Tu imprenta de confianza



C/ IRUÑA, 1 BIS, 2ª PL.- BILBAO

✉ info@graficasrd.com

☎ 94 447 93 04

💻 www.graficasrd.com