



Itsaspeko  
mendikateak:

# DORTSALAK

Gentzane Ostolaza\*

**D**ortsalak, urazpiko mendikateak, ez dira publiko zabalarentzat oso ezagunak. Ezjakintasun hori zenbait faktoreren ondorio zuzena da; batetik, ez ditugulako ikusten eta, bestetik, duela gutxira arte ezer gutxi zekitelako geologoen eta gai horietan adituak direnek. Hala ere, ez ditugula ikusten esatea ez da erabat egia; Islandia, esaterako, ur gaintetik ateratzen den dortsal-zatia delako eta, bestalde, lurrikara askoren jatorria dortsaletan dagoela eta, somatu behintzat, somatzen ditugulako. Orain dela urte batzuk, plaken tektonikaren teoria onartu eta teknologia aurreratzearekin batera, aurrerapauso handia eman zen dortsalen ikerketan, oraindik puntu asko zintzilik badaude ere. Esaterako, gaur egun badakigu dortsalek Lurreko

mendikatearik luzeena eratzten dutela, 75.000 kilometrotan zehar ia Lur osoa zeharkatzen dutelarik; planetako sumendi guztiek baino zortzi aldiz laba gehiago isurtzen dutela lurrazal ozeanikoa eratuz; itsasoko ur-zirkulazioaren bitartez hozten direla milioi urte batzuetan itsasoko ur guztia iragazten dutelarik; transgresioaren eragileak izan daitezkeela, etab.

Ondoko orriotan, dortsalen dinamika buruz eta honi estu lotuta dagoen itsas zoruaren zabal-kuntzari buruz arituko gara.

### Plaken tektonika

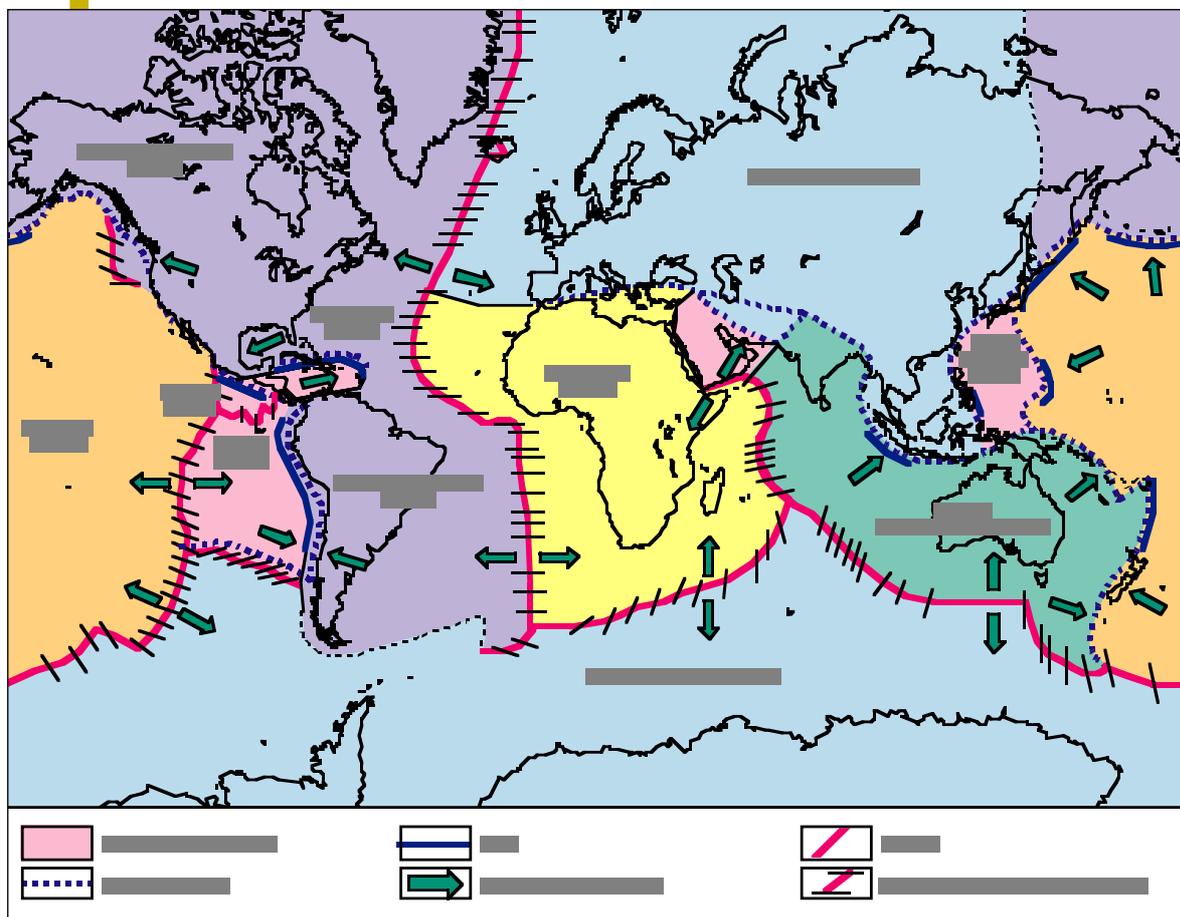
Dortsalen dinamika ulertu ahal izateko, beharrezkoa da plaken tektonikaren oinarriak ezagutzea. Gehiegi sakonduko ez badugu

ere, teoria hau zertan datzan ahal den era sinpleenean azaltzen ahaleginduko gara.

Wegener (1880-1930) izan zen kontinenteen jitoaren teoria lehen aldiz postulatu zuena. Teoria honek dioenez, kontinenteek dentsoago baino ahulago den lurrazal ozeanikoaren gainean floatzen dute (izotzak uraren gainean bezala). Honela, Wegenerrek dioenez, kontinenteak mugitu egiten dira, garai batean, Pangea izeneko superkontinentea osatzen zutela, denak bateratuta egon baziren ere. Teoria hau ez zen paleomagnetismoaren bitartez, Wegener hil ondoren, frogatu zuten arte onartu.

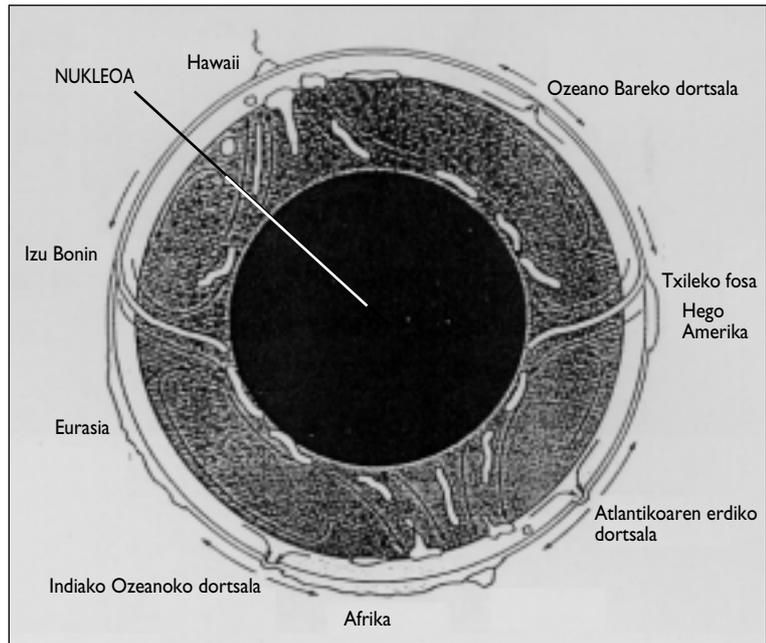
Honela bada, kontinenteen jitoaren teoria onartu zen; horiek nola mugitzen diren ere, plaken tektonikaren bitartez jadanik azaldu dute zientzilariek.

I. irudia. Plaka litosferiko nagusien mapa.



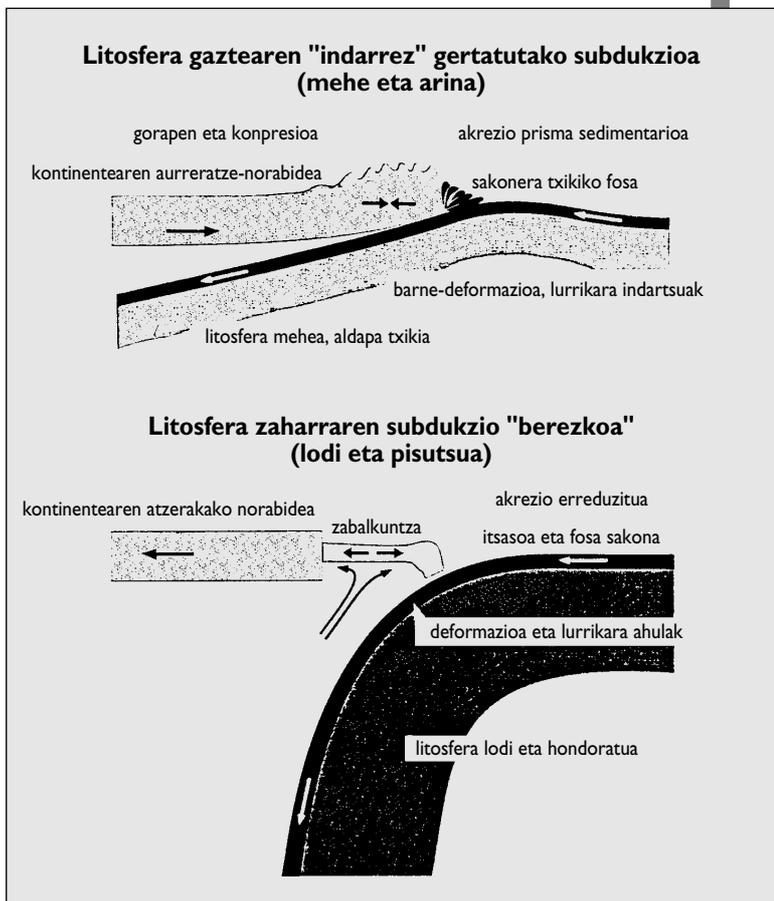
Bi litosfera-mota bereizten dira (lurrazala gehi goi-mantuaren zati bat): kontinental (dentsitate baxukoa) eta ozeanikoa (dentsitate altua). Bakoitzaren jatorria desberdina da eta arroka desberdinez osatuta daude. Mugimendu litosferikoak plastikoagoa den astenosferaren gainean gertatzen dira. Gorago esan bezala, kontinenteak mugitu egiten dira, baina ez kontinente bezala, hots, plakak mugitzen dira. Lurra plakaz osatuta dago edo, bestela esanda, litosfera puzzle bateko piezak bailiran zatituta dago; hauek batzuetan kontinenteak eta lurrazal ozeanikoak daude, besteetan berriz, lurrazal ozeanikoa soilik (ikus 1. irudia).

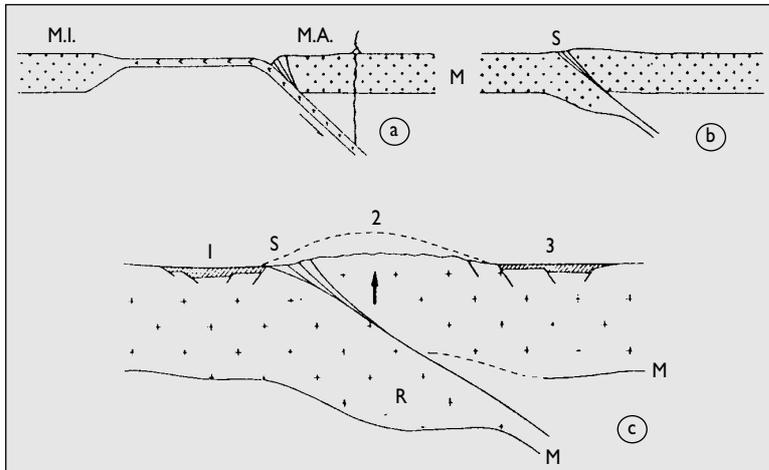
Hori guztia kontuan hartuz, mahaigaineratzen den eta buruhauste handiak eman dituen arazoa ondokoa da: lurrazal osoa plakaz osatuta baldin badago, nola gertatzen dira mugimenduak? Baliteke lurrazaleko pieza horiek guztiek zinta garraiatzaile gisa jokatzea: dortsaletan lurrazal ozeaniko berria eratzen da eta prozesu horretan, plaka bakoitza elkarrengandik urruntzen da aurrerago azalduko dugun moduan. Lurrazal berri honek lekua izateko, lurrazal zaharrak beste nonbait desagertu beharko du, subdukzio-eremuetan, hain zuzen ere. Bigarren irudian nahikoa ondo adierazita daude mugimendu horiek. Bigarren irudi horretan, mantuko konbekzio-korronteak ikusten dira; hauen jatorri eta norabideei buruz oraindik hipotesiak besterik ez daude, irudikoa onartuenetariko bat delarik. Bertan ikus daitekeenez, goi-mantuko goranzko korronteek lurrazal ozeanikoa eratzen dute dortsaletan. Horren ondorioz, dorsal honekin erlazioaturiko bi plakak kontrako norantzan abiatzen dira astenosferaren gain "irristatuz" (esferan kanpoko geziek adierazten duten bezala). Material litosferiko zaharrena, dortsaletik urrutien dagoena,



2. irudia: Mantuko konbekzio-korronteen zirkulazioaren eredu posible bat.

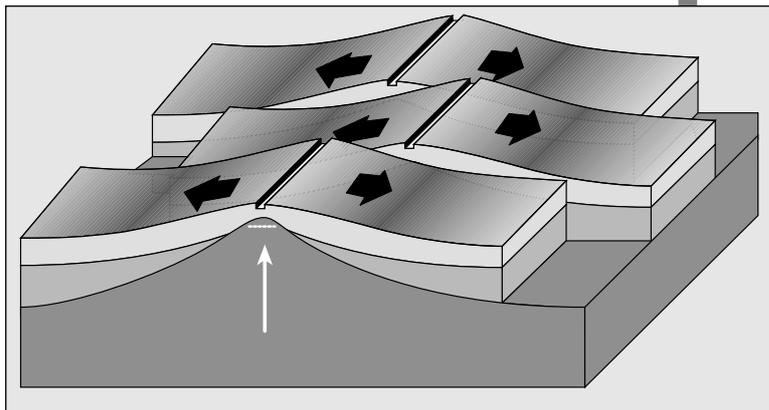
3. irudia: Subdukzio-eredu desberdinen zeharkako ebakidura teorikoak. Goikoan Nazca-ko plakak Txileren azpian subdukzioa eratzen duen kasua ikus daiteke; behekoa Mariana irlen kasua duzu.





4. irudia: Kontinente-kontinente talkaren eskema. a: talka aurreko subdukzioa b eta c: talka-katearen eskema.

5. irudia: Zeharkako dortsal eta failak.



mantuko beheanzko korrontee-kin erlazionatuta dauden subdukzio-eremuetan desagertzen da (Txileko fosa, kasu). Honela, etengabe litosfera eratu eta desagertu egiten da. Hawaiiako kasua berezia da. Kasu honetan, mantuko materiala plaka baten barnean igotzen da, sumendia eratuz eta bertatik mantuko materiala ateratzen delarik.

Hurrengo irudietan, bigarren irudian agertzen diren eremu desberdinen nondik norakoak ikusiko ditugu.

Hirugarren irudia subdukzio-eremuei dagokie. Plaka ozeanikoa kontinentalaren azpian sartzen da, dentsuagoa delako, edo ozeanikoa ozeanikoaren azpian. Hori "berez" gertatzen da litosfera ozeanikoa zaharra denean (200

milioi urte), zahartzean dentsuagoa egiten baita, astenosferak baino dentsitate altuagoa lortuz (gogoratu, bada, litosfera astenosferaren gainean mugitzen dela). Subdukzio edo hondoraketa hau "berezkoa" denez, lurrikara txikiak sortzen dira. Aldiz, bi plakek kontrako norantza dutenean eta biek kontinenteak badiutuzte, talka egitean bata bestearen azpian sartzen da indarrez, irudiko lehen kasuan ikusten den bezala; orduan, oso lurrikara bortitzak eta sumendiak sortzen dira litosfera ozeanikoa oraindik arinegia delako subdukzioa eratzeko, hau da, astenosferak plaka ozeaniko horrek baino dentsitate altuagoa duelako. Subdukzioa eratzen den heinean, lurrazal kontinentalak goratu egiten da

irudian ikus daitekeen moduan eta hortaz, subdukzio-eremuekin erlazionaturiko mendikateak eratzen dira, Andeak, adibidez. Kontrako norantza dutenak kontinentea diuten bi plaka direnean, talka egingo dute eta horren ondorioz, bien artean mendikate bat eratuko da, bi plakek bakarrik osatuko dutelarik. Hauxe da, esaterako, Himalaiaren kasua (Indiak plaka euroasiarrarekin izandako talkaren ondorioz eratu). Kasu hori laugarren irudian ikus dezakezue.

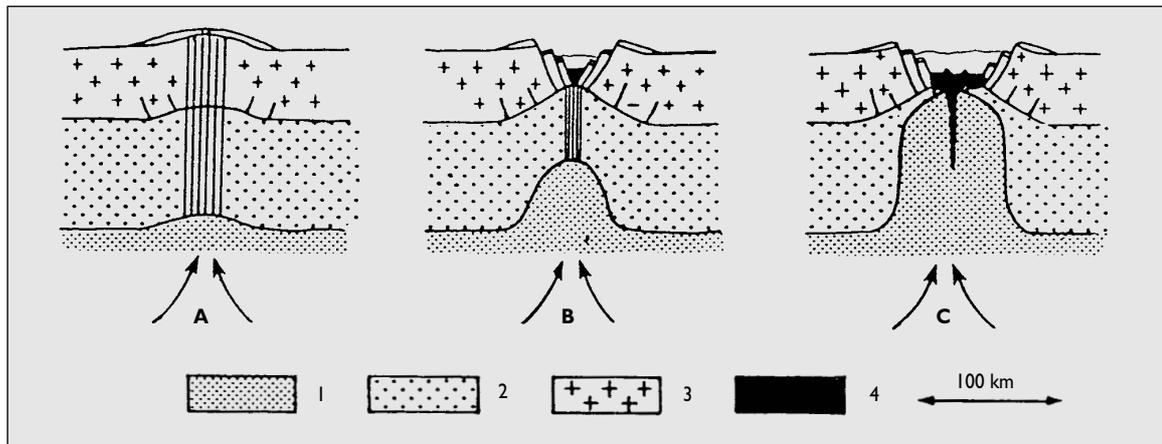
5. irudian dortsalen eskema sinplea ageri da. Geziek plaken mugimendua adierazten dute, hau da, lurrazal berria eratzean mugitzen diren plakak; izan ere, horixe aurkitu zuten kontinenteak mugitzen direla baieztatzeko frogak ukaezina, lehenago aipatutako anomalia magnetikoak edo paleomagnetismoa neurtuz, hain zuzen ere. Beste ezaugarriak hurrengo puntuetan azalduko ditugu.

### Dortsalen topografia eta itsaspeko geologia

Higaduraren ondorioz, topografia kontinentalak etengabe aldatzen da. Itsaspean ordea, higadurak garrantzi txikia du eta ikusten diren erliebeak jatorrizkoen oso antzekoak direnez, berehalako esanahi geologikoa dute eta interpretaziorako oso baliagarriak dira.

Dorsal ozeanikoak mila kilometroko zabalera duten itsas hondoen gorapen luze, zabal eta jarraiak dira (oina -5.000 m inguruan eta gailurra -2.500 m inguruan), ozeanoaren heren bat baino gehiago osatuz. 5. irudiko mapan ikus daitekeenez, ia Lur osoa inguratzen dute, rift kontinentalak ere hedatze-sistema bereko elementuak izanik.

Bestalde, 5. irudian ikus daitekeenez, gailurra haran batek zatikatzen du; haran honi rift ozeaniko



6. irudia: Rift kontinentalaren eraketa-eskema. 1: astenosfera eta abiadura txikiko eremua. 2: goi-mantua. 3: lurrazal kontinentalak. 4: lurrazal ozeanikoa.

deritza, rift kontinentalekin konparatuz (Afrikako ekialdekoarekin, adibidez) antzeko zenbait ezaugarri dituelako. Hala ere, haran hau ez da dortsal guztietan agertzen, bi dortsal-mota bereiz baitaitezke zabalkuntza-abiaduraren arabera: dortsal motelak, 1 cm/urte-ko zabalkuntza-abiadura dutenak (adibidez, Atlantikokoa) eta azkarrak, 20 cm/urte-ko abiaduraz zabaltzen direnak (Ozeano Barekoa, adibidez). Azken honetan ez da rift ozeanikorik bereizten.

Gainerako ezaugarrien artean, bestalde, faila transformakorrak egotea ere nabarmentzekoa da. Seigarren irudian dortsaletan eragiten duten mugimendua ikus daiteke. Faila hauek lurrikara askoren eragile dira.

## Rift kontinentalak eta ozeanikoak

Orain arte dortsalen zabalkuntza-sistema berean parte hartzen dutela esan dugu soilik. Baina zer dira? Rift-valley izena ere hartzen dute eta, laburki esanda, lurrazalean failak eratzearen ondorioz sortutako malda zuzen eta handiak inguratzen duen sakonune luze eta estuak dira. Dortsal motelen antz handia dute. Gaur

egun, noizbehinka aktiboak diren bi rift sistema daude: Jordan Valley-a eta Afrikako ekialdeko rift sistema.

Rift hauek nola osatzen diren zazpigarren irudian ikus dezakezu. Lehen etapan lurrazala sabeldu egiten da mantuko goranzko korronteak direla medio. Bigarren etapan, gertatuko diren distentsio-indarren ondorioz sortutako domoak ondoratu egiten dira. Etapa honetan, rift-ak dortsalen antz handia hartzen du (mantuko goranzko korronte berberak, distentsio-indar berdinak, etab.). Hurrengo etapetan, lurrazal ozeaniko gehiago eratu da, bi kontinente-zatiak gero eta gehiago urrunduz. Nahikoa lurrazal ozeaniko eratu denean, itsasoa sartzen da. Rift-a aktiboa den bitartean, lurrazal ozeanikoa sortuz joango da eta itsasoa gero eta sakonagoa egingo da. Prozesu horren guztiaren azken emaitza itsaso batez banaturiko bi kontinenteak izango dira.

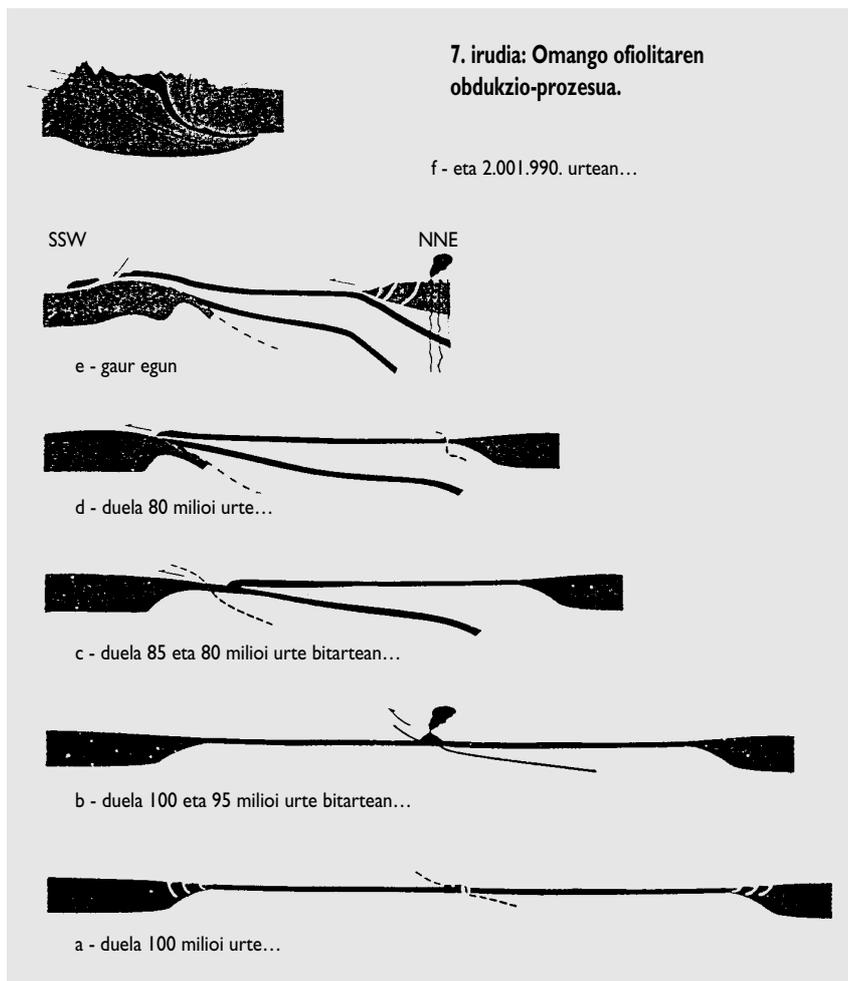
## Dortsalen hidrotermalismoa eta "Black Smokerrak"

1979. urtean, Alvin urpekuntzi estatubatuarrak Ozeano Bareko ekialdeko dortsalean berebiziko aurkikuntza egin zuen: tximinia

batek isurtzen zuen ur beltzezko ingurunean karramarroz, txirlaz eta beste zenbait izakiz osaturiko oasi txikia ediren zuen. Hori zela eta, dortsaleko alderdi beroenetara hurbildu ziren eta beste iturri hidrotermal anitz aurkitu zituzten, bai Ozeano Bareko dortsalean bai Atlantikokoan. Gerora jakin dugunez, dortsalak hozten dituen zirkuitu hidrotermal honek dortsalen inguruan neurtutako anomalia termikoen zergatia azaltzen du.

Ozeano Bareko ekialdeko ur beltzezko iturri bero hauei "Black smoker" deritze. Ur hauen temperatura 350 °C-tara iristen da eta sulfuro metalikoetan aberatsak direlako azaltzen dute kolore ilun hori. Black smokerrek isurtzen dituzten bero eta gatz mineralek bakterioen ugalketan laguntzen dute eta hauek, aldi berean, kolonia bizien hedapena errazten dute.

Gorago aipatu dugunez, failak dortsalak zeharkatzen dituzte. Faila hauetatik itsasoko ura sartzen da eta lurrazaleko 2-3 km-taraino iritsi daiteke; hemen 400-500 °C-tara berotzen da eta berriro gorantz abiatzen da, smokerretik ateraz. Goranzko bidaia honetan, ur beroak lurrazala eragiten duten arroak disolbatzen ditu partzialki, ura meta-



letan aberastuz. Ondoren, black smokerretik irtetea eta hoztean, disolbatutakoa hauspeatzen da mineral-hobiak eratuz, kuprezkoak nagusiki. Hidrotermalismoak ekar ditzaketen beste hainbat ondorio oraindik ikertzen ari dira. Hala ere, prozesu horren garrantzia ukazina da milioi urte batzuetan soilik itsasoko ur guztia birzikla daitekeela kontuan izaten badugu.

### Dortsalen inguruan sortu ote zen bizitza?

Dirudenez, black smokerren inguruko baldintza fisikoak animozido eta beste molekula prebiotikoen sintesi ez-organikorako aproposak dira. Gainera, oso zelula primitiboak aurkitu dira horien inguruan. Bestalde, hauek

dira Lurreko eremu bakarrak non, energia fotosintesiaren bitartez Eguzkitik atera beharrean, Lurraren barnetik konposatu sulfuratu erreduzituen oxidazioaren bitartez ateratzen den.

### Dortsalen azterketa-metodoak

Dortsalen tamaina itzela eta urpean egotea eragozpen handiak dira ikerketarako; horregatik da, hain zuzen ere, duela gutxira arte hauek ikertu ez izana. Zorionez, aurrerapen teknologikoek dortsalak ezagutzea erraztu egin du. Zundaketak, urpekuntziak, profil sismikoak, anomalia termikoen neurketak eta anomalia grabimetrikoen neurketak dira, besteak beste, erabiltzen diren teknikak. Baina horiek guztiak oso gares-

tiak dira eta, urpekuntziak izan ezik, beste guztiak zeharkako informazioa besterik ez dute ematen. Hots, datuak interpretatu egin behar dira eta horrek arrisku handia du.

Urpekuntzirik famatuena Nautila da. Horren bidez, faila batean zehar barneratu eta lurrazal ozeanikoaren zeharkako ebakidura bat egitea lortu zuten. Zeharkako ebakidura honek esanahi geologiko handia du, arroka bakoitza baldintza berezi batzuetan eratzen delako. Adibidez, konplexu filoniarren mantuko materialen goranzko kanalen adierazleak dira. Baina bada zaharrago eta merkeagoa den ikerketa-sistema bat: ofioliten ikerketa, alegia. Ofiolitak gaur egun lurrazal kontinentalaren gainean dauden antzinako lurrazal ozeanikoen zatiak dira. Uretatik kanpo daudenez, urpekuntzirik gabe lurrazal ozeanikoa ikustea posible da. Hauek ikertuz lortu da lurrazal ozeanikoari buruzko informazio gehien. Lurrazal ozeanikoa kontinentalaren gainean eratzeko prozesuari obdukzio deritzo. Bederatzigarren irudian azaldu da hori eskematikoki, Omango eremuan oinarrituz. Izan ere, gehien aztertu den ofiolita horixe da, Omangoa, handiena delako batetik, eta bestetik, landaretzarik ezak azalerrate ezin hobea ekarri duelako, osorik ikus daitekeelarik. Gainera, beste ofiolita gehienetan ez bezala, plaken konbergentzia ez da oraindik amaitu eta plaka horiek daramatzaten kontinenteek ez dute oraindik talka egin. Pare bat milioi urtetara talka egingo dutela kalkulatu da; horren ondorioz, Alpeen moduko mendikatea eratuko da plaka arabiar eta eurasiarraren artean eta ofiolita guztia apurtu egingo da, bi kontinenteen artean zegoen itsasoaren arrastoa ezabatuz.



\* CAF-Elhuyar Sariak