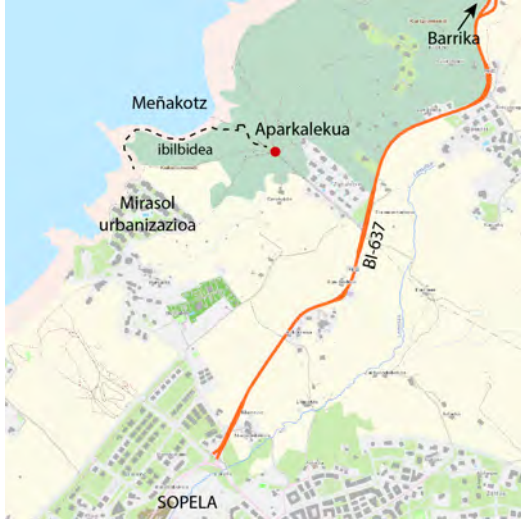


MEÑAKOTZ: ITSASPEKO KOLADA BASALTIKO IKUSGARRIA

Egileak: ARTURO APRAIZ eta AINHOA ALONSO (arturo.apraiz@ehu.eus)

ABIAPUNTUAREN KOKAPENA



IBILBIDEAREN EZAUGARRIAK

Luzera: 1460 m joan-etorria

Desnibela: 52 metro

Zailtasuna: erraza

Irisgarritasuna: ez dago prestatuta

Denbora: 3-4 ordu

Abiapuntua: Arrigorri hondartzako parkina

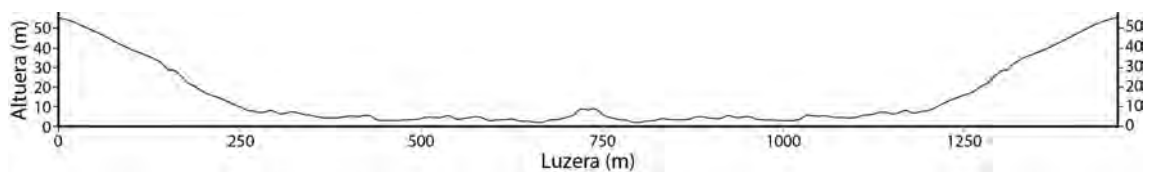
X: 501436; Y: 4804603; Z: 56 m

Oharrak: Marea behean dagoenean joatea beharrezkoa da

IBILBIDEKO GELDIUNEEN KOKAPENA



PROFILA



IRTEERAREN HELBURUAK

Euskokantauriar arroko (EKA) bolkanismoa aspaldikoa izanik ere azaleramendu ikusgarriak ditu. Horri esker ikerketa zehatzak burutu ahal izan dira eta oso ondo ezagutzen dira bertako arroka igneoen jatorria eta eboluzioa.

Irteera honetan azaleramendu ikusgarrietariko bat aztertuko da, mundu-mailan horrelako gutxi ezagutzen dira. Bertan, itsasazpiko isurketa bolkanikoen ezaugarri ugari ikusteaz gain, laba-kolada taulakaren, megapillow-laben eta pillow-laben arteko harremanak azter daitezke.

Hasiera batean, EKA-ko itsasazpiko bolkanismoaren ezaugarri nagusiak azalduko dira, ulertzeko bolkanismoa non eman den, noiz garatu zen, magmen jatorria edota magmatismoaren zergaitia. Ondoren, Meñakotzeko kalan ikusten diren hainbat azaleramendu aztertuko dira. Alde batetik, arroka bolkanikoen ezaugarriak deskribatzeko (pillow-laben geometria, barne egitura, megapillow-labak, kolada taulakarak,...) eta, bestetik, arroka bolkanikoaren gainetik eta azpitik agertzen diren sekuentzia sedimentarioak aztertuko. Sekuentzia sedimentarioaren azterketak, prozesu bolkanikoak zein inguruetan eta noiz gertatu ziren zehazten laguntzen du.

1. EKA-ko ITSASAZPIKO BOLKANISMOAREN EZAUGARRIAK

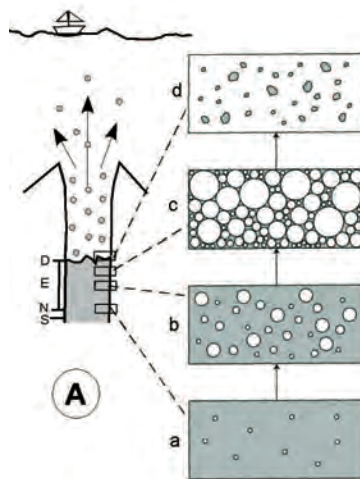
Airepeko eta itsaspeko baldintzetan isurtzen diren magmak antzekoak izan daitezke, baina erupzioak desberdinak dira, begien bistakoa denez, batzuk uretan gertatzen direlako eta besteak airepean. Uraren eta airearen ezaugarri fisikoak (dentsitatea, biskositatea, bero-ahalmena, eroankortasun termikoa,...) hain dira desberdinak, ezen desberdintasun handiak eragiten baitituzte erupzioen eta haien produktuen garapenean. Erupzio-estiloari dagokionez, desberdintasunak erlazionatuta daude presio hidrostatiakoaren eraginarekin, materia lurrunkor magmatikoen hedapen leherkorra mugatzen duelako, eta uraren eta magmaren arteko interakzioarekin.

Ohikoa da bi motatako itsaspeko erupzioak bereiztea. Batetik sakonera txikian gertatzen direnak (< 700 m) eta, bestetik, ingurune sakonetan gertatzen direnak (> 700 m). Lehenak, efusiboak edo leherkorrak izan daitezke. Leherketen arrazoiak gas magmatikoaren hedapena eta/edo magmarekin kontaktuan dagoen pila bolkanikoan barneratutako itsasoko ura bat-batean lurruntzea dira. Sakonera handiagoetan, presio hidrostatiako handiaren eraginez erupzio leherkorrak garatzea gero eta sailagoa da eta gehienak erupzio bareak izaten dira, ez leherkorrak, eta laba-koladak isurtzen dituzte. Hala ere, azken ikerketei esker sakonera handiagoetan (4 km arte) gertatutako erupzio leherkorrei buruz gero eta datu gehiago ageri dira.

Itsasazpiko erupzio efusiboek, isuritako laba kopuruaren arabera, egitura desberdinak sortzen dituzte. Isurketa-tasak handiak direnean (>1 m³/s) laba-lakuak eta hainbat motatako laba-kolada taulakarak sortzen dira. Aldiz, isurketa-tasa txikia denean (<1 m³/s) pillow-laba motako egiturak sortzen dira nagusiki.

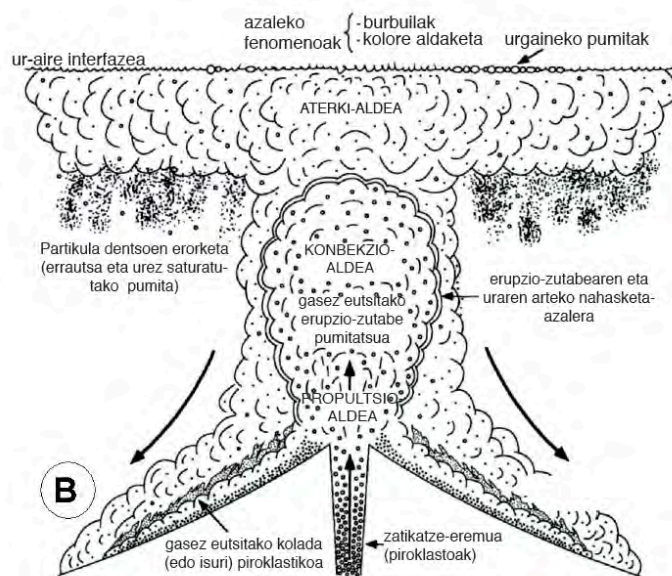
Itsasazpiko erupzio leherkorrak gertatzen dira, galdatuan exsolbatuak dauden ur-lurrunaren eta CO₂ burbuilen bolumena nabarmen handitzen denean magma igo ahala (presioaren jeitsieraren eraginez). 1. irudian azaltzen da itsaspeko erupzio leherkor

magmatikoen arrazoia eta prozesua. Hasiera batean, magman disolbatutako materia lurrunkorraren (H₂O, CO₂, etab.) exsoluzioa gertatzen da, magman besikulak sortuz, gaseko saturazio-maila (S) eta besikulen nukleazio-mailaren (N) artean. Ondoren, exsoluzioa areagotu egiten da, eta gas-besikulak hedatu egiten dira E tartean gora joan ahala. Azkenik, besikulen bat-bateko koaleszentziak magma puskatzen du, eta gasak izugarri eta bortizki hedatzen dira; erupzio leherkor bat eragiten dute. Frgmentazio-mailaren (D) azpitik, magma fase likido jarraitua da, gas-besikulak sakabanatuak dituena. Maila horretatik gora, fase gaseoso jarraitua eratzen da, magma zati sakabanatak dituena.



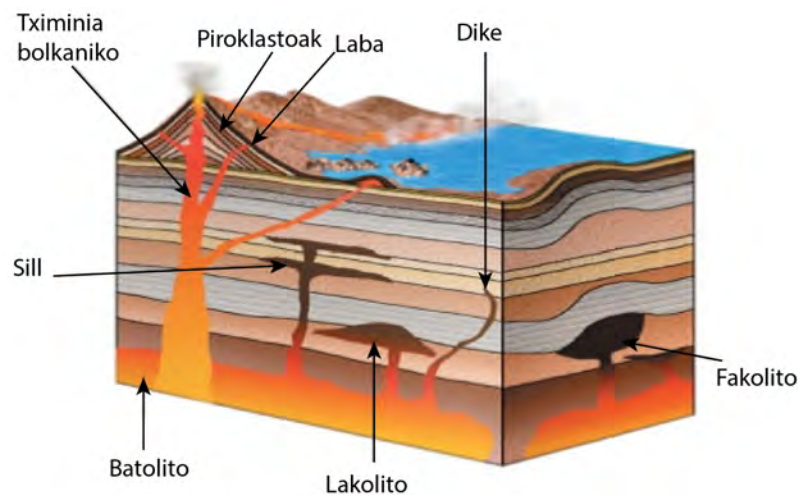
1. irudia. Itsaspeko erupzio leherkor magmatikoaren garapena.

Itsasazpian leherketa gertatzen denean erupzio-zutabe bat sortzen da, atal desberdinak dituena eta produkto piroklastiko desberdinak eratzen dituena (2. ird.).



2. irudia. Erupzio-zutabea garatzen duen itsaspeko erupzio leherkor magmatikoaren eskema idealia.

EKA-ko jarduera magmatikoaren eraginez, batez ere konposizio basaltikoa duten arroka bolkanikoak eta arroka intrusiboak garatzen dira. Arroka bolkanikoak azaleraino iritsitakoak dira eta erupzio efusiboak (pillow-laben koladak, kolada taulakarak) zein leherkorrak (metakin piroklastikoak) eragin zituzten. Produkto piroklastikoek askotariko granulometriak dituzte: blokea/bonba (>64 mm), lapillia (2-64 mm) eta errautsak (<2 mm). Arroka intrusiboak aldiz, ez dira azalera iristen eta arroka sedimentarioetan edota arroka bolkanikoetan intruitutako eta gabroz edo dolerita/diabasaz eratutako pilaketa igneo txikiak (stock, lakolito eta sillak) eta izaera basaltiko edo trakitikoko dikeak dira (3. ird.). Sill, lakolito edo stock txikietan galdatuak pixkanaka hoztuz gabroak moduko arrokak eratu zituzten. Ganbera magmatiko horietako batzuetan, magma basaltikoaren muturreko kristaltze zatikatuko prozesuak garatu ziren, eta konposizio trakitikoko galdatuak eratu. Hau da, magmaren hozketa progresiboaren ondorioz, lehendabizi mineral basikoenak kristalduko dira, eta kristaldu gabe gelditzen den magma konposizio azidoagoa izango du. Izaera azidoagoa duen magma horrek mugitzeko aukera izanez gero, beste nonbait kristalduko da eta, basaltoen orde, trakitak eratuko ditu.



3. irudia. Prozesu magmatiko intrusibo eta extrusiboaren bitartez sor daitezkeen hainbat egitura.

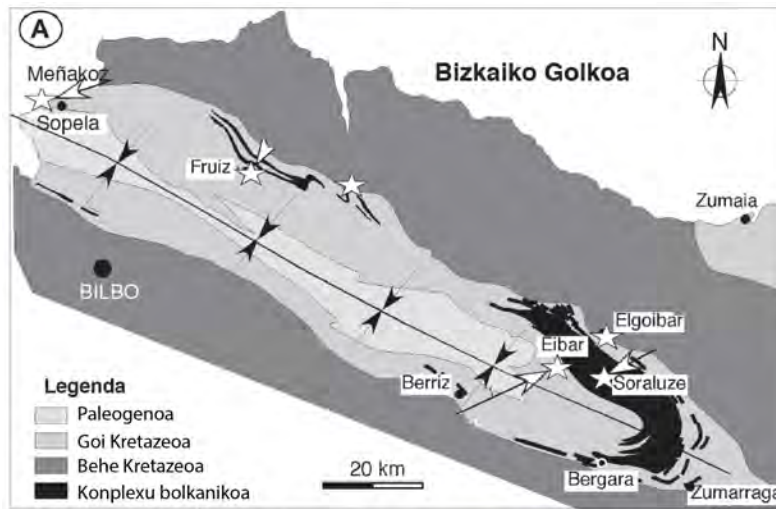
1.1 Non?

Galdera bi eratara uler daiteke. Alde batetik, zein izan zen bolkanismoa sortu zeneko ingurunea eta, bestetik, gaur egun non agertzen ote diren bolkanismoaren aztarnak.

Gaur egun, EKA-ko arroka igneo gehienak Bizkaiko sinklinorioaren bi alpeetan eta bere itxiera periklinalan azaleratzen dira (4. ird.), Goi Kretazeoko sekuentzia sedimentarioan tartekatuta edota intruituta. Sinklinorioan zehar, sekuentzia bolkanikoen lodiera zein alboetaranzko jarraipena oso aldakorrek dira. Pilaketa igneo lodiena eta jarraituena itxiera periklinalaren inguruan eta iparraldeko alpean aurki daiteke, aldiz, hegoaldeko alpean azalaramenduak askoz murrizagoak dira. Eibar, Elgoibar, Zumarraga, Bergara eta Azkoitia bitartean 2500 m lodi den sekuentzia ignea agertzen da.

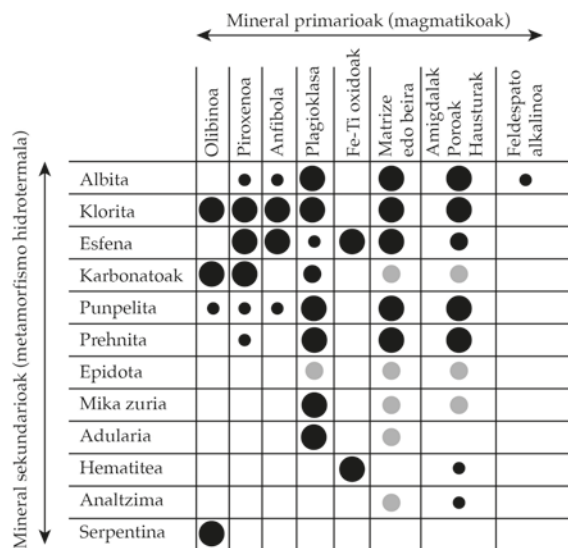
Prozesu magmatiko horiek guztiak Ipar-Pirinioetako Kretazeoko bolkanismoaren W-

rengo aztarnak dira, eta inguru osoan nagusi ziren estentsio-prozesuen ondorio dira.



4. irudia. Bizkaino sinklinorioren eskema geologikoa eta bertan azaleratzen diren arroka magmatikoek betetzen duten esparrua.

Arroka bolkanikoen faziesak, mineralogia eta egiturak zein arroka bolkanikoen inguruko arroka sedimentarioen ezaugarriak aztertuta prozesu bolkanikoak itsasazpian gertatu zirela oso argi dago. Alde batetik, pillow-labak ur-azpian baino garatu ezin direlako, eta bestetik, arroka bolkanikoak itsasoan metatutako sedimentuekin baino ez direlako tartekatzen, sarritan flysch sekuentziekin. Horrela, arroka bolkanikoetan tartekatutako foraminifero-elkarteen bitartez kalkulatu da pilaketa bolkaniko nagusiak 900 m inguruko sakoneran gertatu zirela, eta gehien jota 1.100 m-ko sakoneran. Labetako besikularitate handiak eta material piroklastikoen agerpenak adierazten dute ere bolkanismoa 900-1100 m inguruko sakoneran gertatu zela, non fluidoetan aberatsa den mota honetako magma batek erupzio leherkorrak eragin baititzakeen.

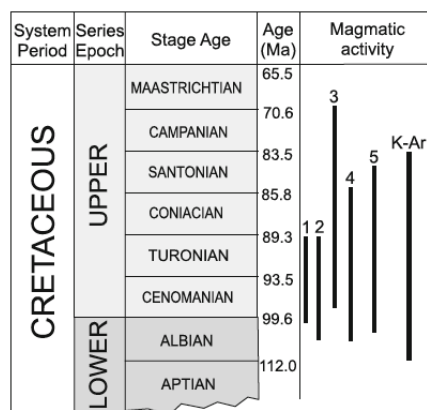


5. irudia. Euskokantauriar arroan Kretazeoko laba-kolada, metakin bolkanoklastiko eta intrusioen mineral primarioen (magmatikoak) metamorfismo hidrotermalez eratuta mineral sekundarioak.

Gainera arroka bolkaniko guztiek itsas-azpiko metamorfismo hidrotermalaren eragina jasan dute neurri desberdinetan. Magmak tenperatura altuan kristaltzen direnean ($\approx 800 - 1200^\circ\text{C}$) mineral igneo primarioak (olibino, piroxeno, anfibol eta plagioklasak adibidez) sortzen dira, baina hoztu ahala gradu oso baxuko metamorfismoa ($\approx 200^\circ\text{C}$ eta 1 kbar) jasaten dute eta, hidratazio zein karbonatazio erreakzioen bidez, tenperatura baxuko beste zenbait mineralen bitartez ordezkatuak dira (klorita, kaltzita, albita,...) (5. ird.). Ondorioz basaltoek erakusten dituzten mineralogiaren arabera espilita gisa izendatzen dira. Aldaketa mineralogiko horiek arroka bolkanikoen eta itsasoko uraren arteko elkarrenerginak baino ezin ditu sortu.

1.2 Noiz?

Bolkanismoa noiz gertatu zen zehazteko aukera desberdinak daude. Arroka bolkanikoarekin ukipenean dauden gaineko eta azpiko, zein arroka bolkanikoetan tartekatuta dauden arroka sedimentarioen datazio mikropaleontologikoek adierazi dute prozesu bolkanikoak Goi Albiarrean hasi eta Santoniarra arte luzatzen direla. Arroka igneoetan egindako datazioa geokronologikoek emaitza aldakorak ematen dituzte, baina bat datozenak datazio mikropaleontologikoekin (110-85 Ma). Ikertzaile desberdinek bolkanismoaren adinari buruz plazaratutako proposamenak oso antzeko dira (6. ird.).



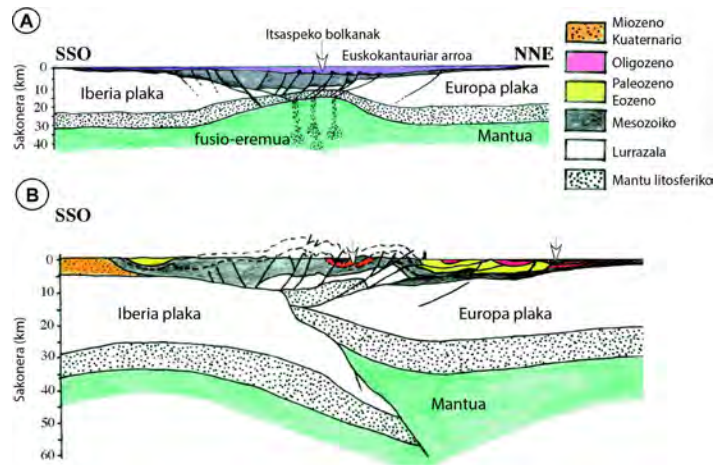
6. irudia. Egile desberdinek EKA-ko bolkanismo-faserako iradokitako adina.

Denbora tarte horretan bolkanismoa ez da jarraitua, pultsoka ematen da, jarduera biziko sasoiak magmatismorik gabeko sasoiakin tartekatuz. Goi Albiarra, behe Turoniarra eta behe Santoniarra dira bolkanismo sasoirik aipagarrienak.

1.3 Zergaitik?

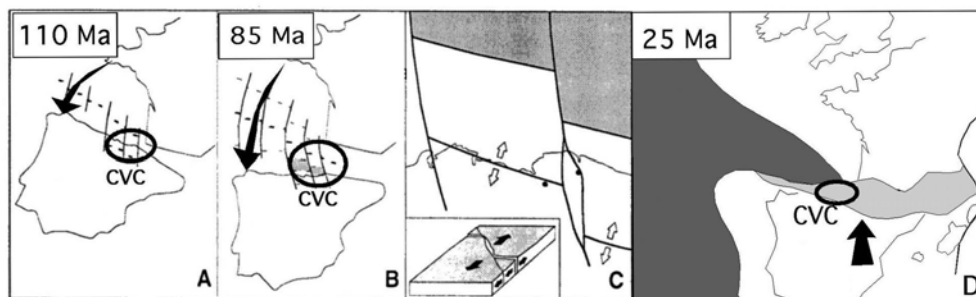
EKA-ko materialak Pangearen sakabanatzearekin batera hasi ziren metatzen. Superkontinentea estentsioaren eraginpean arrakalatu eta sakabanatu ahala, EKAren zabalera eta sakonera handituz joan ziren. Kretazeoan zehar, EKA-k subsidentzia nabarmena pairatu zuen, 17.000 m-ko sekuentzia sedimentarioa pilatu arte. Subsidentzia nabarmenena Albiarrean gertatu zen, orduan EKA ingurune kontinentalez inguratutako WNW-ESE orientazioa zuen itsas-arro nahiko sakona eratu zuen. Goi Albiarretik eta Santoniarra bitartean, Iberia eta Europako plaken arteko bereizketa areagotu egin zen eta bien arteko itsasoak inoizko

dimentsiorik handienak lortu zituen (7. ird.). Albiarrean, bi plaken artean uhertasun korronteak eta, ondorioz, flysch sekuentziak garatzeko beste sakonera lortzen da estrainekoz eta horrela, itsas sakoneko sedimentazioa eta itsaspeko bolkanismoa tartekatu egiten dira. Iberia plakak Europa plakarekiko sasoi horretan zuen SE-ranzko mugimenduaren eraginez sortu ziren Bizkaiko golkoaren ozeanizazioa eragin zuten estentsio-indarrak (8. ird.). Estentsio bortitzaren eraginpean, hiper-estentsioa deritzo fase horri, litosfera izugarri mehetu zen, mantuko arroken fusio partziala abiaraziz eta sortutako magmei gorazko bidea erraztuz.



7. irudia. Goi Kretazeorako EKA-ko zehar-ebaki geologiko eskematikoa; orduan gertatu ziren erupzio bolkaniko gehienak. B: EKA-ko gaur eguneko egitura idealizatua, Alpetar orogeniaren ondoren.

Goi-Kretazeoaren bukaeran, Afrika plakaren bultzakadaren eraginpean egoera alderantzikatu egin zen eta estentsioaren eraginpean zegoen EKA, konpresioaren eraginpean egotera igaroko da. Denborarekin konpresioak Europa eta Iberiaren arteko talka eragingo du Eozenoaren eta Oligozenoaren artean (≈ 25 Ma). Esfortzu tektonikoen aldaketa nahiko izan zen mantuan aurretik sortutako magmen garapena ekiditzeko eta magmek goranzko bidea egiteko erabilitako arrakalak desagertarazteko. Bi plaken arteko konbergentzia eta kolisioaren eraginpean EKA metatutako materialak tolestea, haustea, goratzea eta urgaineratzea gertatu ziren. Horrela, kolisioaren osteko higadurari esker, itsaspeko arroan sortutako produktu bolkanikoak ikus ditzakegu, uretan murgildu beharrik gabe.



8. irudia. Albiarretik Santoniarretera Iberiar plakaren erlojuaren kontrako errotazioaren eraginez eratutako Bizkaiko Golkoa. Iberiar plakaren errotazio-mugimenduaren eraginez estentsioa da nagusi EKA-n. Kretazeoaren bukaeran egoera aldatu eta Pirinioen sorrerarekin amaituko den konpresio-fasea abiatzen da.

1.4. Nola?

Kontinente-litosferaren mehetze edo hipermehetzearen eraginez mantuko arroken fusio partziala abiatu zen deskonpresio adiabatikoaren bidez (7. ird.). Mehetzearen eraginez mantuko arroak sakonera txikiagoan kokatzen dira eta jasaten duten presioa berehala jeitsi egiten da baina tenperatura bera mantentzen dute, kondukzioaren eraginpean beroa oso motel disipatzen baita. Egoera horretan, galdatu basaltiko alkalinoak garatu ziren, kontinente litosferaren estentsioak sortutako arrakalak baliatuz erraztasunez iristen zirenak itsasoaren hondoraino. Bertan, erupzio bolkaniko efusiboak eta leherkorrak eragiten zituzten 900 eta 1100 m bitarteko sakoneran. Bolkanismoak izaera alkalino sodikoa du, eta batez ere, besikulen proportzio aldakorreko basaltoak eratzen dira, trakitak eta trakiandesitak askoz proportzio baxuagoeta agertzen dira.

Izaera alkalinodun magmak plaken barneko eremuetan, ingurune orogenikoetatik at, eta kontinente-riftekin lotutako prozesu bolkanikoetan oso arruntak dira. Basaltoak eta arroka basiko intrusiboak (dike, sill, lakolitoak,..) kogenetikoak dira eta antzeko magma primitiboetatik sortuak dira. Magmaren jatorria litosferaren azpian aurkitzen da. Bestalde, arroka azidoenak (trakitak), magma primitiboen kristaltze frakzionatuaren bidez bereizitako magmetatik eratzen dira.

GELDIUNEAK MEÑAKOTZEKO KALAK

Ondoren agertzen diren hiru geldiueneak ez dira puntualak eta bakoitzean hainbat gauza daude ikusteko. Geldiuneeen antolaketak kasu honetan ez du helburu didaktikorik eta gomendagarria da hirugarrena marea behean dagoenean egitea, zenbait egitura orduan baino ezin direlako ikusi. Era berean, argazkietan jarritako adibideak ez dira ez bakarrak ez eta segurazko onenak ere, inguruan begiratuta beste hainbat adibide aurki daitezke eta arroken artean "begirada geologikoarekin" ibiltzea iradokitzen da (9. ird).

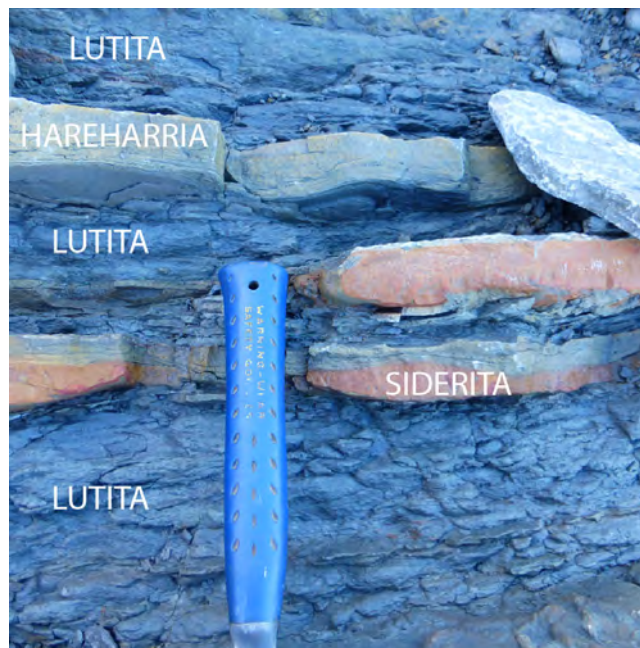


9. irudia. Iradokitako 3 geldiueneen esparruak. Bakoitzean hainbat gauza ikus daitezke.

1. GELDIUNEA: KOLADA BASALTIKOAREN GAINEKO SEKUENTZIA SEDIMENTARIOA

(X: 547246; Y: 4796763; Alt.: 10 m)

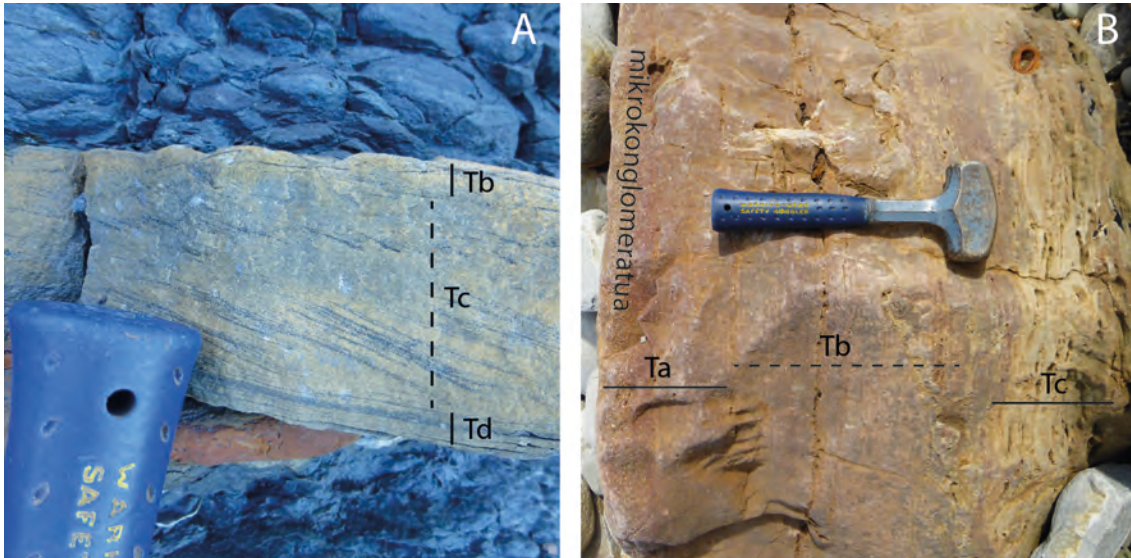
Kolada bolkanikora iritsi aurretik, Meñakotzeko kalaren bukaeran, bi litologiaren arteko txandakapena ikusten da (10. irud.). Geruza gogorrenak (10-100 cm) hareharriz eratuta daude eta biguinenak (20-50 cm) lutitaz. Biak ala biak arroka sedimentario detritikoak dira, tamaina desberdineko pikorrez eratutakoak. Sarritan hareharrien alde batera gorritutako geruza finak (1-4 cm) antzematen dira, sideriten oxidazioz inpregnatutako eremuak dira eta hareharrien gainan kokatu ohi dira.



10. irudia. A: Lutita eta hereharrien arteko txandakapena Flysch Beltzean. Sideritaz inpregnatutako bandak arruntak dira hareharrizko geruzen gainan.

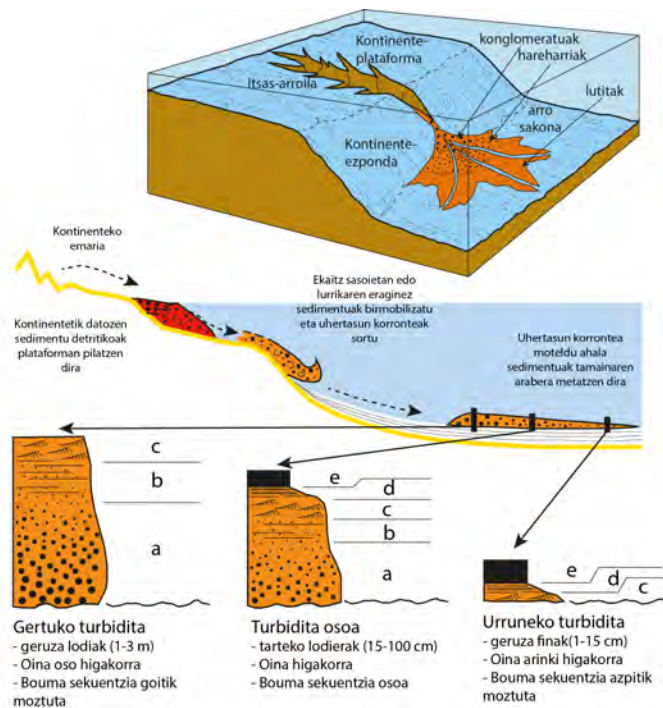
Hareharrien barneko egitura aztertuz gero, erraz bereizten dira ezaugarri desberdineko eremuak. Hareharri lodienetan agian nabarmenagoa da mikrokonglomeratuz osatutako eremu baten ondoren laminazio paralelo difusoa erakusten duen beste bat eta laminazio gurutzatua duen beste bat gainera (11B. irud.). Zenbaitetan, laminazio gurutzatuaren gainera berriro laminazio paraleloa duen beste eremu bat bereizi daiteke (11A. irud.). Egitura horiek, prozesu turbiditikoaren adierazgarri den Bouma sekuentziaren parte dira (Ta, Tb, Tc eta Td).

Bouma-sekuentziak bost atal ditu baina sekuentzia osoa turbiditatearen erdiko aldean, baldintza zehatzetan eratutako arroketan baino ezin da ikusi. Bouma-sekuentziaren hasierako atalak baino agertzen ez direnean turbiditatearen barne-eremuetako adierazle izango dira eta azkeneko atalak garatzen direnean, aldiz, turbiditatearen kanpo-eremuetako adierazle (12. irud.). Bouma-sekuentzia hareharrietan alderantziz kokatuta dagoela ikusten da, beraz, sekuentzia osoa alderantzuta dagoela, oina goiko aldean eta gaina beheko aldean, adierazten du. Siderita ugariko eremuen agerpenek hareharrien azpitik ere gauza bera adierazten dute, arruntena hareharrien gainaren ondoren agertzea baita.



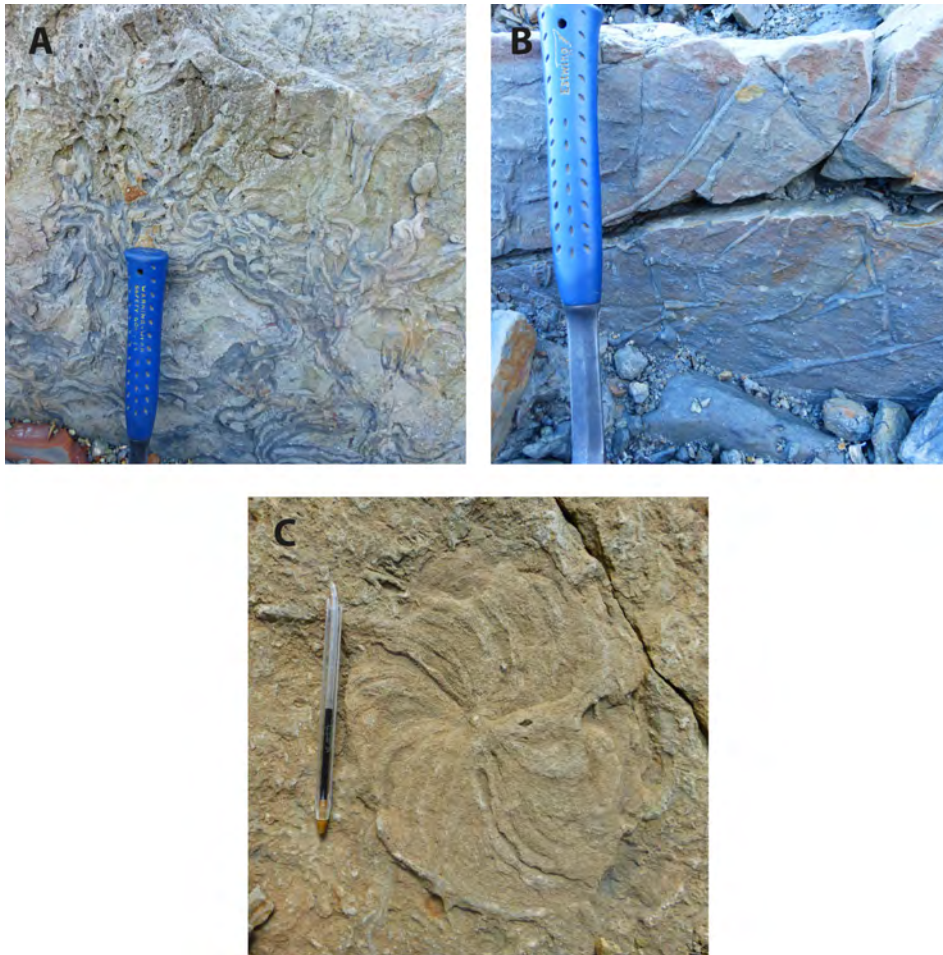
11. irudia. Bouma sekuentziaren atalak erakusten dituzten adibideak. Sekuentzia alderantzuta dagoela jakin daiteke sekuentzia buruz behera agertzen delako.

Hareharrietek zenbait cm-ko landare-zatiak barneratzen dituzte, ikatz bihurtuta eta piritazko noduloak erakusten dituztenak. Bouma-sekuentzian bereizten diren kolore iluneko bandek materia organiko ugari pilatzen dute. Hareharrizko geruzen oinan sarri iknofosilen aztarnak agertzen dira (13. ird.). Deigarrienak agian *Thafrelmintosis* (13A. ird.) eta *Thalasinoides* (13B. ird.) izenekoak dira, baina beste zenbait ere aurki daitezke (*zoophycus*; 13C. ird.).



12. irudia. Bloke-diagraman uhertasun-korronteak itsas azpian non gertatzen diren erakusten du eta sortutako korronte bakoitzean nola banatzen diren sedimentuak pikor-tamainaren arabera. Azpiko irudiak uhertasun-korronte bakarrean sortutako abaniko turbiditikoan Bouma-sekuentzia nola banatzen den erakusten du. (Baceta et al., 2012-tik eraldatutako irudia).

Bouma-sekuentziaren zati baten agerpenak argi erakusten du sekuentzia turbiditiko baten aurrean gaudela eta materia organiko ugariaren zein sideritazko geruzen agerpenak adierazten dute Flysch Beltzari dagokion sekuentzia sedimentarioan gaudela. Azterketa paleontologikoez ondorioztatu dute goi-Albiarra eta Turoniarra (105-90 Ma) bitartean metatutako materialak direla, 800 eta 1000 m bitarteko sakoneran.

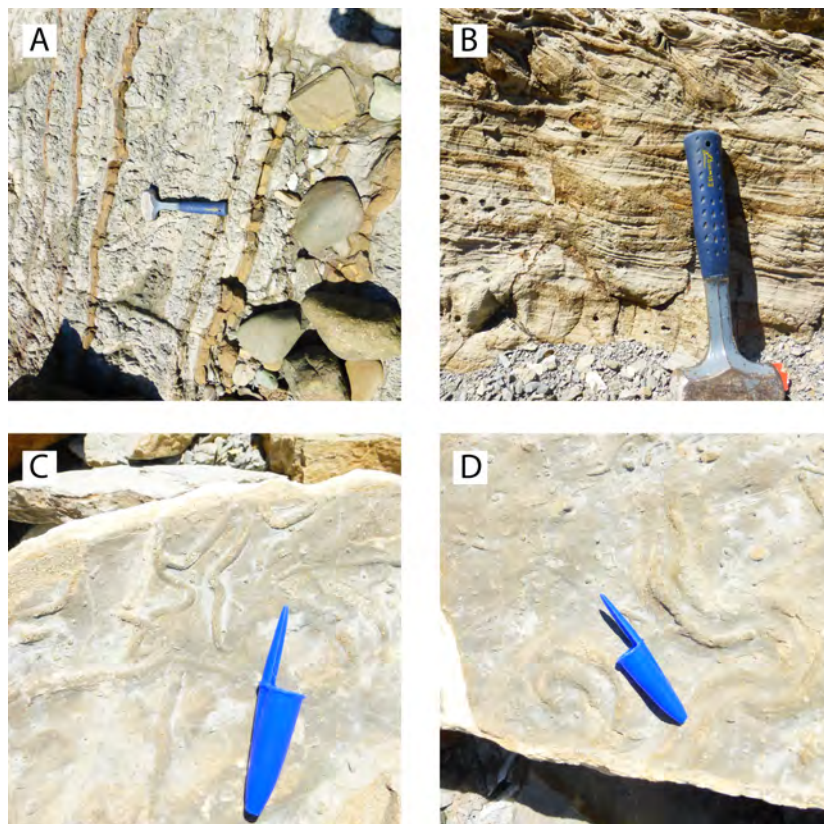


13. irudia. Iknofosilen arrastoak hareharrizko geruzen oinatan. A: *Thafrelmintosis?*. B: *Thalasinoides?*. C: *zoophycus?*.

2. GELDIUNEA: KOLADA BASALTIKOAREN AZPIKO SEKUENTZIA SEDIMENTARIOA (X: 547379; Y: 4796715; Alt.: 9 m)

Arroka bolkanikoak zeharkatu eta hurrengo kalara iritsi bezain laister ohartzen gara sekuentzia sedimentarioa ez dela berdina. Hemen ere geruzen arteko txandakapen nabarmena dago baina txandakapenaren izaera eta itxura guztiz desberdinak dira, oraingoan geruza biguinak eratzen dituzten tupak nagusi dira (10-70 cm) eta hareharriak askoz urriagoak eta askoz geruza finagoak (1-10 cm) eratzen dituzte (14A. ird.). Geruza horietan ugariak dira inozeramidoen eta ekinodermatuen aztarnak. Kasu honetan ere flysch sekuentzia baten aurrean aurkitzen gara, hareharrizko geruzetan ikus daitekeen barne-egiturek adieraten duten bezala (14B. ird.), baina tupen nagusitasunak adieraten du uhertasun-korrenteetatik askoz urrunago aurkituko ginatkeela, uhertasun-korronteen aztarnak askoz urriagoak direlako eta daudenean

askoz ere material gutxiagoz eratuta daudelako. Harearrizko geruzetan iknofosilen aztarnak ere aurki daitezke (14C eta D irdk.). Aurreko segida turbiditikoarekin erakusten duen beste desberdintasun nabarmena, sideritazko mailen agerpen eza da.



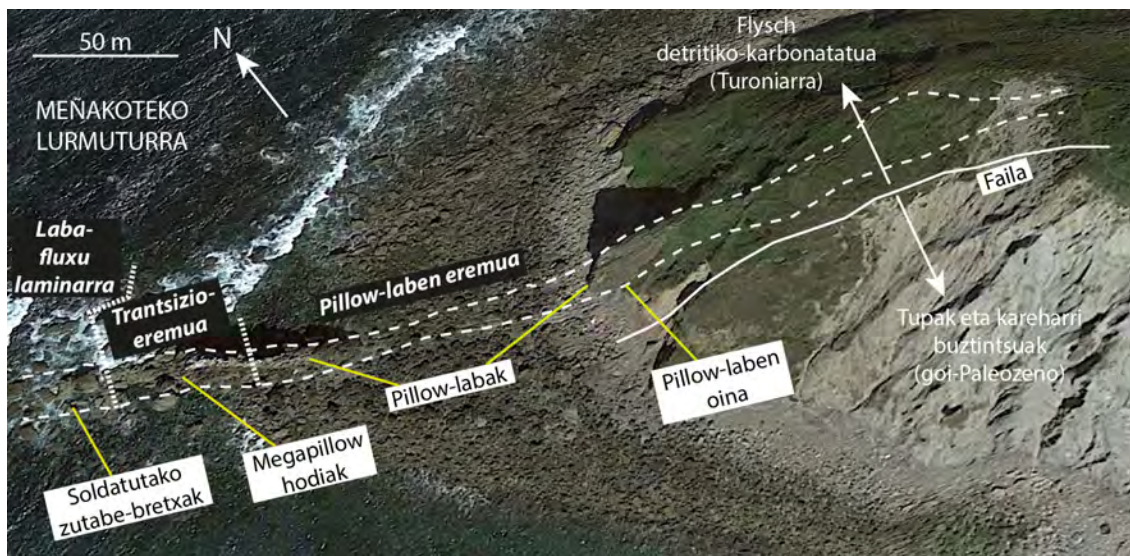
14. irudia. Arroka bolkanikoen S-ko kalan agertzen diren arrokak, egiturak eta iknofosilak. A: Tupen eta hareharrien arteko txandakapenaren izaera. B: Hareharrizko geruzek izaera turbiditikoaren aztarnak erakusten dituzte. C: *Helminthoida?* arrastoa hereharrietan. D: *Thafrelmintosis?* arrastoa hareharrietan.

Azterketa paleontologikoez adierazi dute arroka hauek aurrekoak baino askoz gazteagoak direla, goi Paleozenoan (60-56 Ma) metatutakoak. Horren adin desberdineko arrokak bata bestearen alboan agertzeko faila baten beharra dago. Faila koladaren oinatik gertu dago kokatuta eta hegoaldeko blokea hondoratuko luke, horrela gainetik egon beharko ziren material gazteagoak, azpitik egon beharko ziren material zaharragoen pare kokatuz.

3. GELDIUNEA: KOLADA BASALTIKOA

Itsaspean kolada basaltikoak fluxu laminar moduan (kolada taulakarak) edo pillow-laben moduan (tutu formako morfologiak) pilatu daitezke, batez ere laben fluxu-proporzioaren arabera. Isuritako laba basaltikoen proportzioa neurrikoa denean (<1 m³/s) pillow-laba egiturak sortzen dira, baina isurketa basaltikoaren fluxua handiagoa denean egitura masiboa edo zutabe-disjuntzioa erakusten dituzten koladak garatzen dira. Urpekuntzien bitartez egindako behaketetan baieztatu ahal izan da pillow-labak, fluxu laminarrak edota laba-lakuak arruntak direla ozeanoetako prozesu bolkanikoetan. Ozeano-gandorretan adibidez, hiru egitura-mota horiek txandakatu egiten dira denboran eta espazioan aho-bolkanikotik isuritako laba-proporzioen arabera.

Meñakotzeko lurmuturrean kolada taulakarak eta pillow-labak eta beraien artean dagoen harremana azter daitezke. Bertan ondorioztatu daitezkeen erlazioak eta kolada basaltikoaren egitura munduan bakarrenetarikoak dira. Baina egitura orokorra berezia azaldu aurretik koladaren barruan ikusten diren hainbat ezaugarri deskribatuko ditugu. Egitura bolkaniko bereizgarriak banan-banan ikusten eta deskribatzen joango gara, bakoitzaren esanahia argituz. Hurrengo irudian argazkietan erakutsitako egitura berezigarrien gutxi gorabeherako kokapena adierazten da, baina egitura berdinak edo antzekoak hainbat lekutan ikus daitezke (15. ird.).



15. irudia. Meñakotzeko lurmuturreko kolada bolkanikoaren ezaugarri nagusiak eta ondoren argazkietan agertuko diren egitura bolkanikoen kokapena.

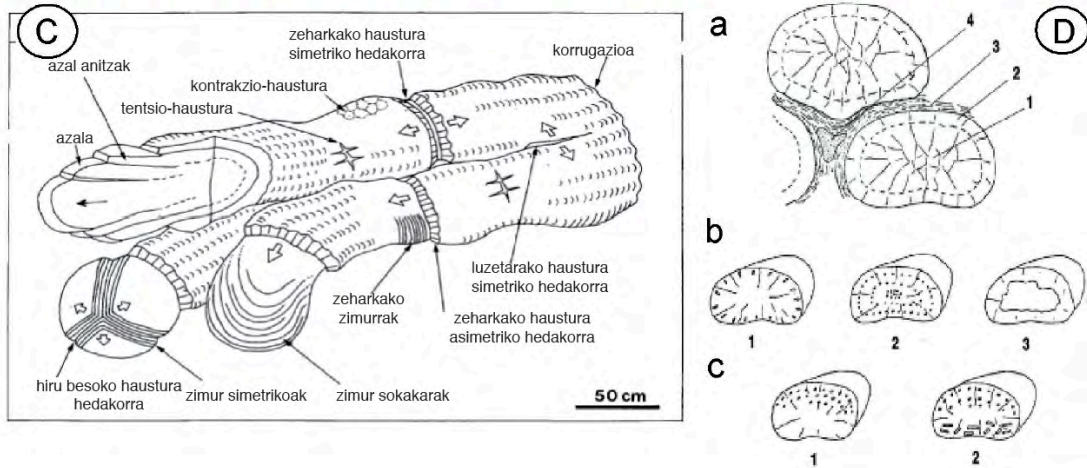
3a. Pillow-labak edo kuxin-labak

Pillow edo kuxin modura, labaren fluxuak sortutako hodia/tutua ulertu behar dugu, zabal bezain lodi dena gutxi gorabehera. Geometria eliptikotik hurbil dauden pillow- edo kuxin-geometriak, beraien artean lotutako laba-hodien mozketa transbertsalak dira, hiru dimentsio dituen bi dimentsioetako irudia (16. ird.). Pillow-labek, oro har, 30-150 cm-ko diametroa izan ohi dute, tamaina handiagokoak (>150 cm) megapillow gisa definitzen dira.

Pillow-laben azaleramendu ikusgarria da labarrean agertzen dena. Laba-hodiz eratutako azalerameduan oina zuzena eta gaina askoz irregularragoa dela somatzen da (17A. ird.). Itsaso aldera higatutako hodietako forma biribilduen sekzio ikusgarriak ageri dira. Horietan tutuen azala zimurra edo leuna izan daiteke, eta tutuen artean arroka autoklastikoz eratutako eremu meheak ikus daitezke edo bata bestearik nola moldatu egiten diren. Azal leuneko pillowek ez dute ia irregulartasunik kanpoko azalean; azal zimurrekoek, berriz, badituzte dordoka oskolaren itxurako uzkuertze-hausturak eta, batzuetan, tentsio- eta hedapen-hausturak eta luzetarako ildaskak (corrugations).

Tutuen zeharkako mozketek, pillow-laben barne-egitura kontzentriko edota erradialak erakusten dute. Egitura orokorra ondoren aipatzen den elementuren batek edo gehiagok markatzen dute: haustura kontzentriko edota erradialak (17C. ird.), azalera kontzentrikoetan

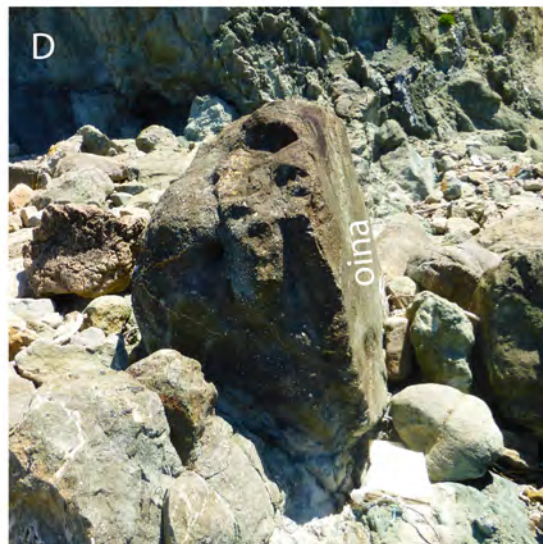
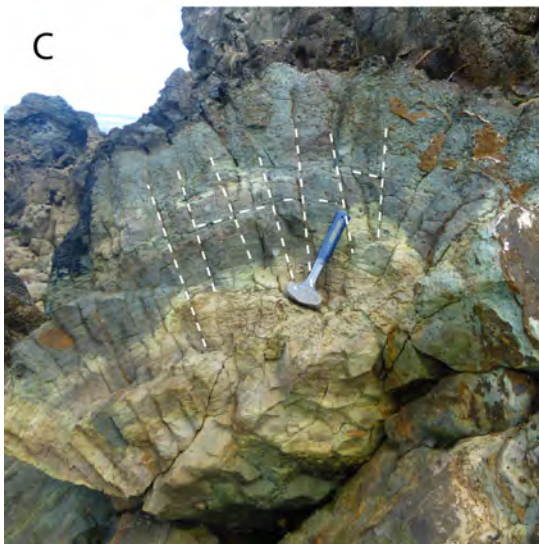
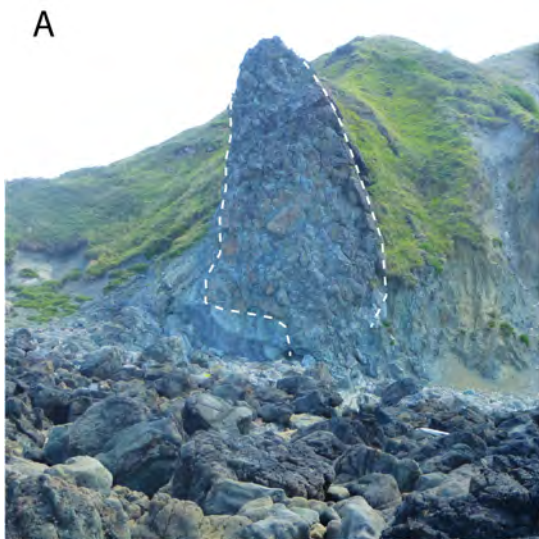
antolatutako 1-8 mm-ko diametroan besikula/amigdalak (18. ird.), erradialki orientatutako tutu motako besikula/amigdalak (< 7 cm luzera) (18. ird.), erdiko geodak amigdalaren pilaketaz zein drainatze-barrunbe hustuz eratutakoak (17B. ird.), kristalinitate gradua handitu egiten da gunerantz.



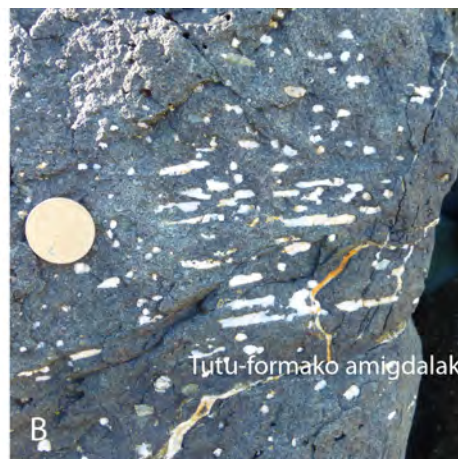
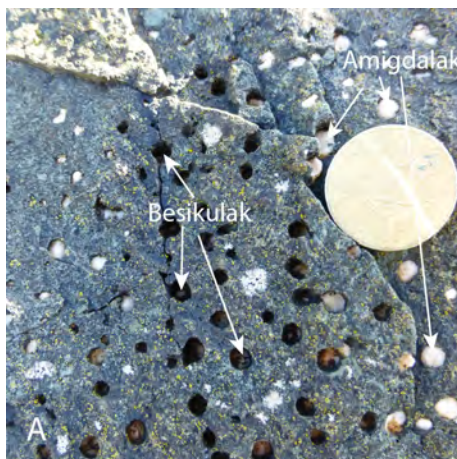
16. irudia. A) Pillow-laba hodiak eta bertan gara daitezkeen hainbat egitura. B) Pillow-laba hodiaren barne-egitura. a1, nukleoa; a2, azala; a3, matrizea; a4, zementua. b1, azaleko haustura erradialak; b2, amigdala-fronteak; b3, besikulen koaleszentziarengatik garatutako erdiko geoda. C1, amigdala-pilaketa laba-hodiaren goiko aldean; c2, fenokristalen metaketa laba-hodiaren beheko aldean eta amigdalaren pilaketa goiko aldean.

Oso deigarriak dira zenbait pillow-egituretan agertzen diren besikula edo amigdalaren ugaritasuna (18. ird.). Besikulak labetan gasak osatzen dituen burbuilen arrastoak dira, gaur egun hutsik agertzen direnak. Aldiz, amigdala deritze burbuila horiek gaur egun mineral sekundarioaren baten bitartez beteta daudenean. Meñakotzen bata zein bestea oso ugari dira, 1-8 mm bitarteko diametroa dute, eta kaltzita izan ohi da amigdaletan ageri den mineral sekundarioa (18A. ird.). Zenbaitetan burbuletako gasek pillow-egituraren kanpo alderantz ihes egiteko joera dute, eta orduan, tutu motako besikula edo amigdalak garatzen dira, 7 cm luze eta 1,5 cm zabal diren tutu-geometriak garatzen dituzte (18B. ird.). Deigarria da laba hauek erakusten duten besikula/amigdala kopuru izugarria, ezin dana soilik erupzioaren sakonera txikiaren bitartez azaldu. Baliteke gas-kopurua izugarri handitzea koladak karbonato ugariaren sedimentuak barneratzen dituenean, orduan tenperatura altuaren ondorioz, karbonatoa zuzenean kare eta CO₂-ra eraldatzen da.

Oro har, pillow-laben artean bi mota bereizten dira sortu diren lekuaren arabera. Lehen taldekoak emisio bolkanikoak neurrikoak direnean sortutakoak dira eta lotura zuzena dute labaren isurketa-gunearekin, hau da, elikatze-dikeekin edo emisio-kraterrekin. Bigarren taldekoak dira tutu handiagoetan (megapillowak, 1-15 m-ko diametroa) edo kolada taulakartan sustraitutakoak, emisio-lekutik urrunduta. Hauek, gero ikusiko dugunez bigarren motakoak dira.



17. irudia. A) Pillow-laba sekzioaren panoramika, eremua marra ez-jarraituarekin inguratuta dago. Fluxuaren oina eskuineko eremu laua da. B) Pillow-laba hodiak erdian jatorriz hutsik egon zitekeen drainatze-tutua erakusten du. C) Haustura erradialak eta kontzentrikoak erakusten duen pillow-laba sekzioa. D) Pillow batek azpiko sekuentzia sedimentarioaren gainean garatzen duen oin planarra.



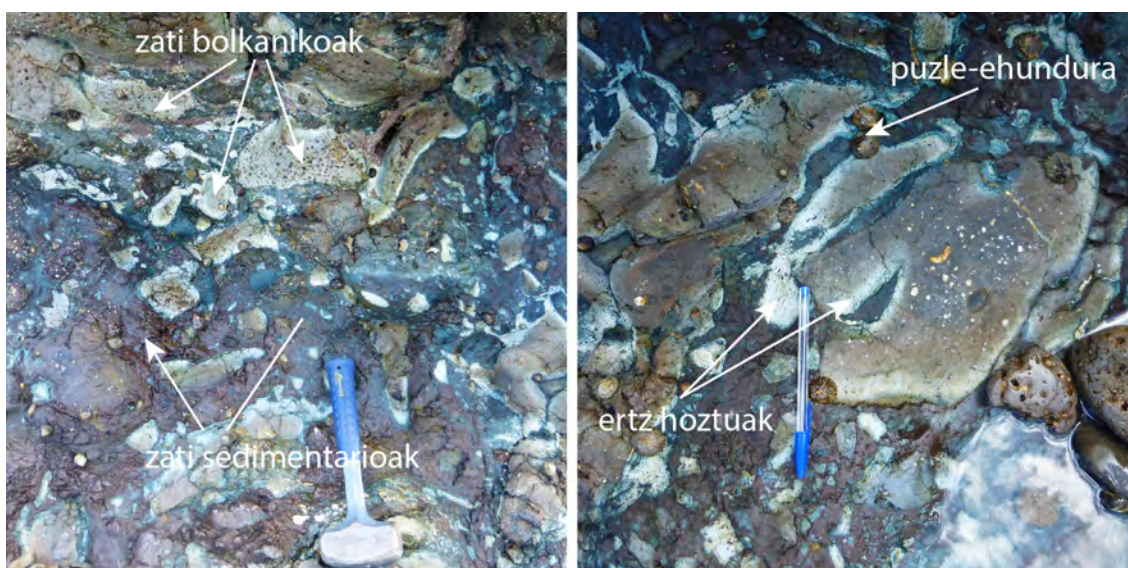
18. irudia. A) Besikulak eta amigdalak. B) Tutu-formako amigdalak.

3b. Koladaren oina eta peperitak

Koladaren eta azpiko sedimentuen arteko ukipena planarra da, eta ukipenaren gainetik agertzen diren lehenengo pillow-labek azpiko aldean planarra dute ere eta mozketak transbersal semizirkularra (17D. ird.). Detailean, aldiz, ukipena zeharo konplexua da. Zenbaitetan laba eta azpiko sedimentuen artean nahasketa eta elkargurutzatzeak antzematen diren bitartean, besteetan nahasketarik gabeko ukipen garbiak ikusten dira.

Laba azpiko kontsolidatu gabeko sedimentu karbonatatu hezeekin nahasten denean peperitak bezalako arroka bereziak sortzen dira (19. ird.). Peperitak arroka bolkanoklastikoak dira, zeinetan arroka sedimentario baten barruan jatorri bolkanikodun arroka gazteagoen zatiak barneratzen baitiren. Oro har, zati igneoak ehundura beirakara dute eta ertz hoztuak erakusten dituzte sedimentuekin duten mugetan.

Magma azpiko sedimentu hezeekin kontaktuan jartzen denean zenbait prozesu gertatzen dira arroka sedimentarioaren eta zati igneoen arteko nahasketa emateko. Prozesu horiek beharrezkoak dira bai magmaren desintegrazioa edo zatikatzea emateko eta zatien eta sedimentuen arteko nahasketa gertatzeko. Magmaren zatikatzea azaltzeko zenbait mekanismo iradoki dira; hozketa azkarrak eragindako zatikatzea, autoapurketa fluxu jarraituaren ondorioz, poroetako uraren leherketa txikiak, edota magma eta sedimentuen arteko dentsitate kontrastea. Nahasketa aldiz, fluxu baten eraginpean sortutakoa dela onartzen da, zati bolkanikoak fluxu bat pairatzen dute oso moldakorrek diren sedimentu hezeen barnean.



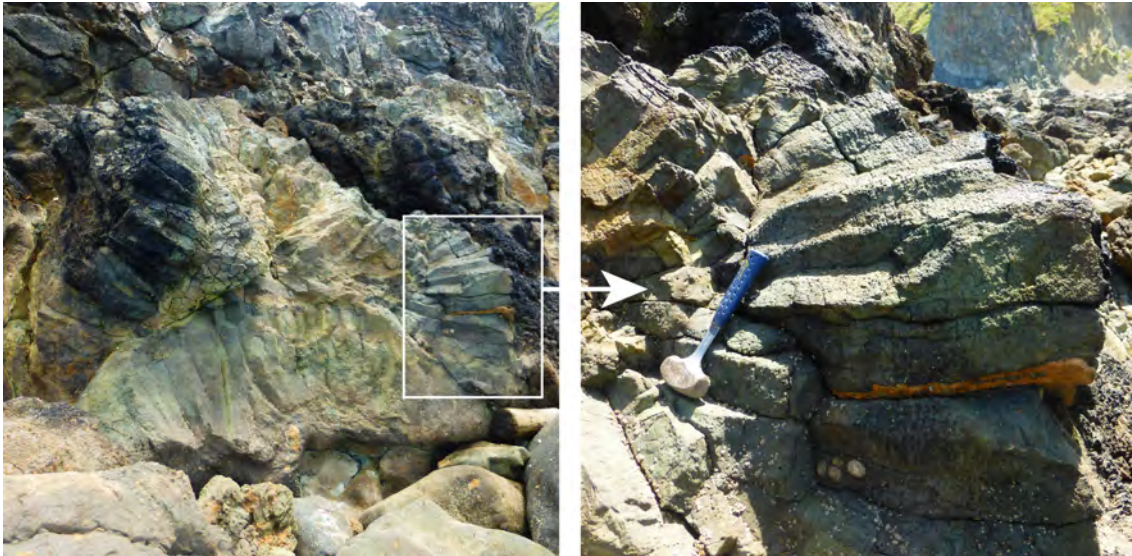
19. irudia. Peperitak Meñakotzeko fluxu basaltikoaren oinan. Peperiten zati bolkanikoak kolore argikoak dira eta beira bolkanikoz daude eratuta, sedimentuak, aldiz, askoz ilunagoak dira. Puzle-ehundurak eta ertz hoztuak peperiten ezaugarriak dira.

3d. Megapillow-labak

Megapillow-labak 150 cm baino diametro handiagoko hodiak dira. Sarritan beraien artean soldatuta ageri dira eta orduan zaila da egitura indibidualak bereiztea eta fluxu

bolkanikoa masiboa izan dela dirudi, baina beti ikus daitezke pillow-laben zenbait ezaugarri: hodian aztarnak, haustura erradial edo kontzentrikoak, besikula-fronteak,...

Tamaina honetako pillowak itasasoan barneratzen den azaleramenduaren erdiko aldean ikus daitezke (14. ird.). Bertan 5 m-tik gorako diametrodun tutuak ikusten dira, hialoklastitez (arroka bolkaniko beirakaren zati angelutsuak pikor finagoko matrize beirakara batean sartuta) eratutako eremu mehe batengatik bereiztuta edo beraien artean soldatuta. Soldatuta dauden kasuetan haustura kontzentriko eta erradialak dira hodi indibidualak bereizteko aukera egokiena (20A, B. irdk).

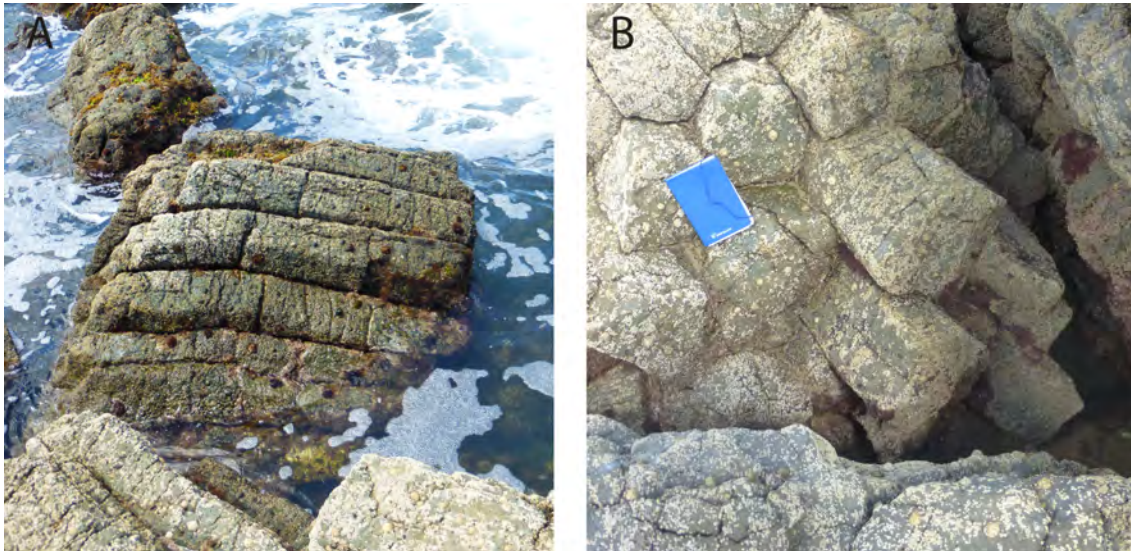


20. irudia. Irudiko megapillow-labak 2 metro inguruko diametroa du. Ertzetan haustura erradialek zutabe-disjuntzio moduko egitura garatzen dute.

3e. Zutabe-disjuntzioa erakusten duten koladak

Mota honetako koladak itsaso aldera barneratzen den azaleramenduaren azken muturrean baino ez dira ikusten (14. ird.). Eremu horretan arrokek eliza-organoetako tutuen zutabe-geometria erakusten dute, labaren fluxuarekiko perpendikularki garatutakoa. Zutabeak 7 m-tik gorako luzera eta 50 cm-tik gorako diametroa izan dezakete, oinarri pentagonal edo hexagonal homogeneoekin (21.A, B irdk.).

Laba-koladen inguruan eroritako zenbait laba-bloke ikusten dira azaleramenduaren azken muturrean. Bloke horiek bertxa bolkanikoz eratuta daude eta barne-egitura kaotikoa dute. Zenbait cm eta zenbait metro arteko izaera bereko klastoz eratuta daude inolako barne egiturarik gabe. Bloke handienetan 4 m-tik gorako zutabe-zatiak bereizten dira, beraien artean soldatuta baina zementurik gabe. Zutabe-zatiak eta beste zati bolkaniko angelutsuak soldatuta ageri dira ere. Honek erakusten du bretxak zutabe-disjuntzioa erakusten duen koladaren arrastoak direla, bertatik eroritakoak eta sakabanatutakoak.

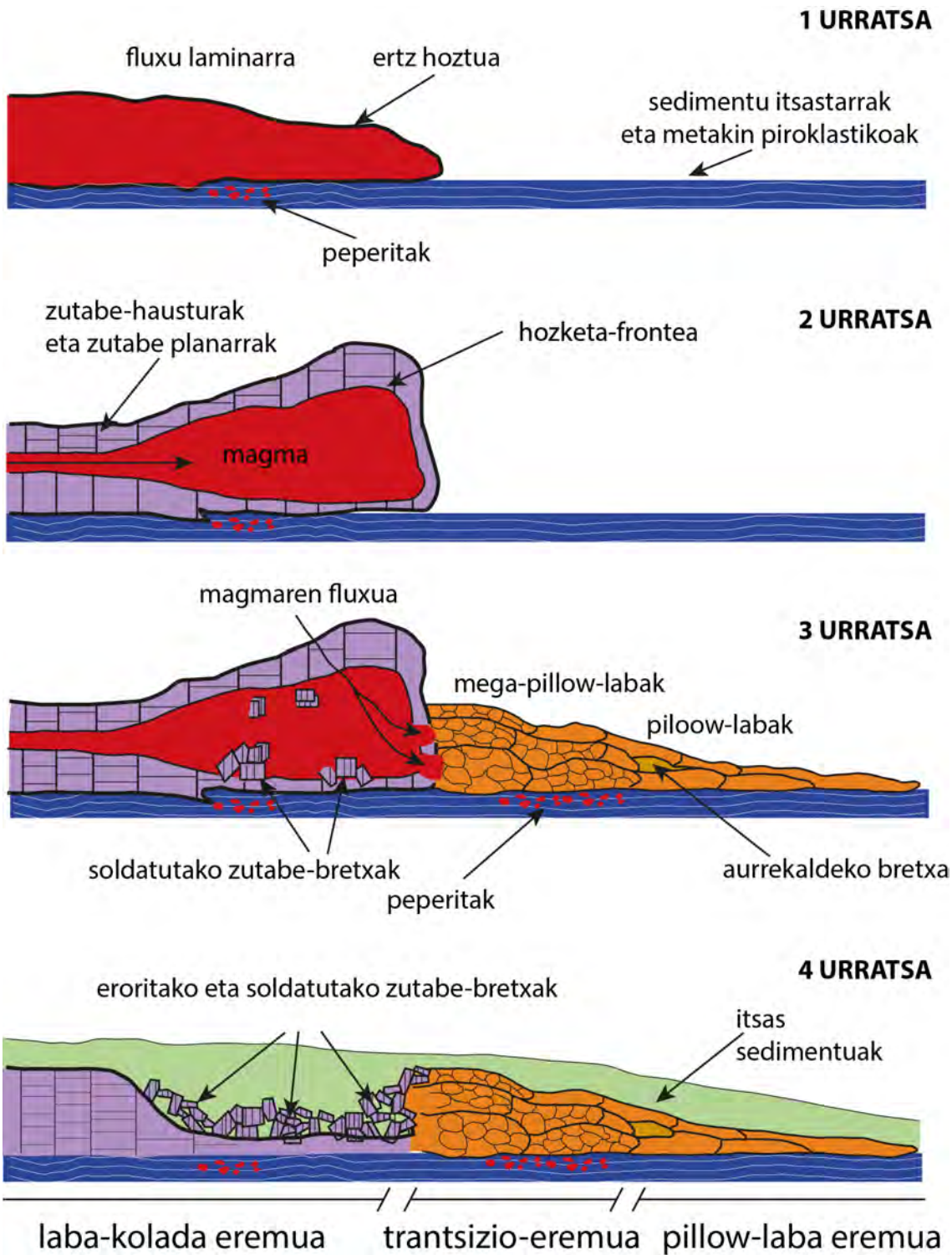


21. irudia. Laba taulakararen eremuan ikus daitezkeen egitura bolkaniko arruntenak fluxu masiboaren hozketaren eraginez garatutako zutabe-disjuntzio ikusgarriak dira.

MEÑAKOTZEKO KOLADA BASALTIKOAREN SORRERA-PROZESUA

Meñakotzeko hondortzan ageri den laba-kolada bakarraren 200 m inguruko luzeran 4 morfologia desberdindu dira: (1) zutabe-disjuntziodun laba-kolada taulakarak, (2) soldatutako zutabe-bretxak, (3) megapillow-labak, eta (4) pillow-labak megapillow-labaren batekin. Morfologia horietan oinarrituta koladaren-fluxua azaltzeko, 4 urratsetan banatutako prozesua iradokitzen da (22. ird.).

1. urratsa: Biskositate txikiko eta temperatura altuko laba-fluxu taulaka sortzen da erupzio-kraterretik, efusio-abiadura handiarekin ($1-3.000 \text{ m}^3/\text{s}$). Efusio-abiadura txikiagoa balitz, zuzenean pillow-laba egiturak garatuko ziren.
2. urratsa: Fluxu bolkanikoaren abiadura moteldu ahala fluxuaren hozketa abiatzen da eta zutabe-disjuntzioa garatzen duten basalto masiboak sortzen dira. Zutabe-disjuntzioa fluxuaren kanpo-aldeko kontrakzio-termikoaren ondorioa da, barne-eremuetan oraindino egoera magmatikoa mantentzen den bitartean.
3. urratsa: Laba-fluxu taulakararen aurreko aldean, barrutik bidaiatzen duen magmak, egitura taulakara apurtu eta megapillow-laba soldatuak edo soldatu gabeak garatzen ditu. Laba-masiboaren barruko aldetik, labek erupzio-kraterretik koladaren aurreko alderaino bidaiatzeko tunelak garatzen dituzte. Tunelen goiko aldeak, zutabe-disjuntzioa garatu duenak, desegonkortu eta tunelera erortzen da, zutabe-disjuntzioa erakusten duten blokeen pilaketa sortuz. Tunelaren barruko temperatura altuaren eta magma berrien eraginez eroritako bloke zatiak soldatu egiten dira, soldatutako zutabe-bretxak sortuz. Koladaren barruko tutuetatik kanalizatutako laba-fluxuek gero eta indar gutxiagoarekin iristen dira koladaren frontera eta gero eta tamaina txikiagoko pillow-laba egiturak sortzen dira.
4. urratsa: Tunelaren kolapsoak soldatu gabeko bretxak sortuko zituen. Egitura horiek bereizterik ez dago, baina bukaera logikoena litzateke.



22. irudia. Meñakotzeko kalan ikusitako egitura bolkanikoetan oinarritutako itsas-azpiko laba-koladaren propagazio-eredua.

Meñakotzen zehaztutako eredua munduan beste pare bat lekuetan baino ez da deskribatu eta garbi erakusten du pillow-laba egiturak erupzio-gunean bertan sortu beharrean kolada taulakara baten aurreko aldean ere sor daitezkeela, erupzio-gunetik urrun.

BIBLIOGRAFIA

Carracedo Sánchez, M., Sarrionandia, F., Juteau, T. eta Gil Ibarguchi, J.I. (2012). Structure and organization of submarine basaltic flows: sheet flow transformation into pillow lavas in shallow submarine environments. *International Journal of Earth Sciences*, 101, 2201-2214.

Carracedo Sánchez, M., Mendiá, M., Sarrionandia, F. eta Juteau, T. (2014). Kretazeoko itsaspeko bolkanismoa Euskokantauriar arroan. *Non: Landa-Geologia: 12 irteera Euskokantauriar arroan zehar*. (A. Bodego, M. Mendiá, A. Aranburu eta A. Apraiz, Edtk). Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua, Bilbo, 33-50.

Carracedo Sánchez, M., Sarrionandia, F. eta Juteau, T. (2012). El vulcanismo submarino de edad cretácica de la Cuenca Vasco-Cantábrica. *Macla*, 16, 260-267.