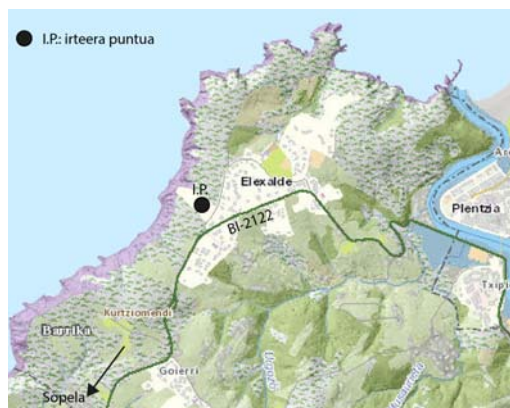


BARRIKA: FLYSCHAREN LIBURUA KORAPILATU EGITEN DENEAN

Egilea: ARTURO APRAIZ (arturo.apraiz@ehu.eus)

ABIAPUNTUAREN KOKAPENA



IBILBIDEAREN EZAUGARRIAK

Luzera: 1225 m

Desnibela: 75 m

Zailtasuna: ertaina, arroka artean ibili beharra dago

Irigarritasuna: ez dago prestatuta

Denbora: egun erdi luzea.

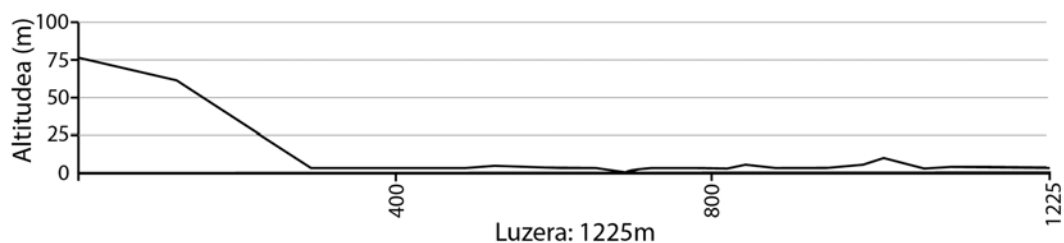
Abiapuntua: Hondartzako aparkalekua
X: 502348; Y: 4805770; Z: 75 m

Oharrak: Mareak kontutan hartu eta oinetako egokiak eraman

IBILBIDEKO GELDIUNEEN KOKAPENA



PROFILA



IRTEERAREN HELBURUAK

Barrika eta Sopela (Bizkaia) herrien arteko kostalerroko labarrak ezin hobeak dira flysch motako serieak eta beraietan garatutako egitura sedimentarioak ikusteko. Toki ezin hobeak dira, halaber, askotariko deformazio-egitura geologikoak (tolesak, failak, diaklasak,...) ikusteko, deskribatzeko, analizatzeko eta interpretatzeko. Egitura horien ikuspegiak gure lurraldeko gaur egungo barne antolaketaren irudi ahaztezina uzten du.

IBILALDIAREN HELBURU NAGUSIA labarretako egitura tektoniko garrantzitsu batzuk ikustea eta aztertzea den arren, geologiako beste alderdi batzuk ere lantzeko aukera dago. Adibidez, hasteko, flysch motako segidaren analisisa egiten da. Horretarako, flysch-segidaren ezaugarriak aztertzen dira eta jatorria interpretatzen da. Amaitzeko, aldiz, orain dela gutxi hainbat gertaera geologiko azaltzen dira, oso adierazgarriak direnak eta labarretako gaur egungo morfologia guztiz baldintzatzen dutenak. Gure arbaso urrunenak labar hauetatik pasatu zirela adierazten duten datu batzuk ere azalduko dira.

Tolesekin eta failekin erlazionatutako terminologia nahiko aspergarria da ikasgela barruko azalpen teorikoetan, baina erakargarria eta ulerterraza izan daiteke landan, benetako egiturei begira. Irteera honetan, tolesei zein failei lotutako oinarritzko terminologia berrikusiko da (adibidez, tolesen ingurukoak dira alpe, gontz, ardatz, ardatz-plano, etab., eta failen ingurukoak, berriz, diaklasa, faila, faila-ildaska, bloke, etab.); bestalde, haiek deskribatzeko erabiltzen diren irizpide batzuk definituko dira, eta normalean haiek sailkatzeko erabiltzen diren parametroak erabili ere bai. Oinarritzko kontzeptuak barneratutakoan, egitura konplexuagoen analisisa eta interpretazioa egingo da (duplex tektonikoak, toles-interferentziak, inbertsio tektonikoak, etab.).

MATERIALAK ETA SEDIMENTAZIO BALDINTZAK

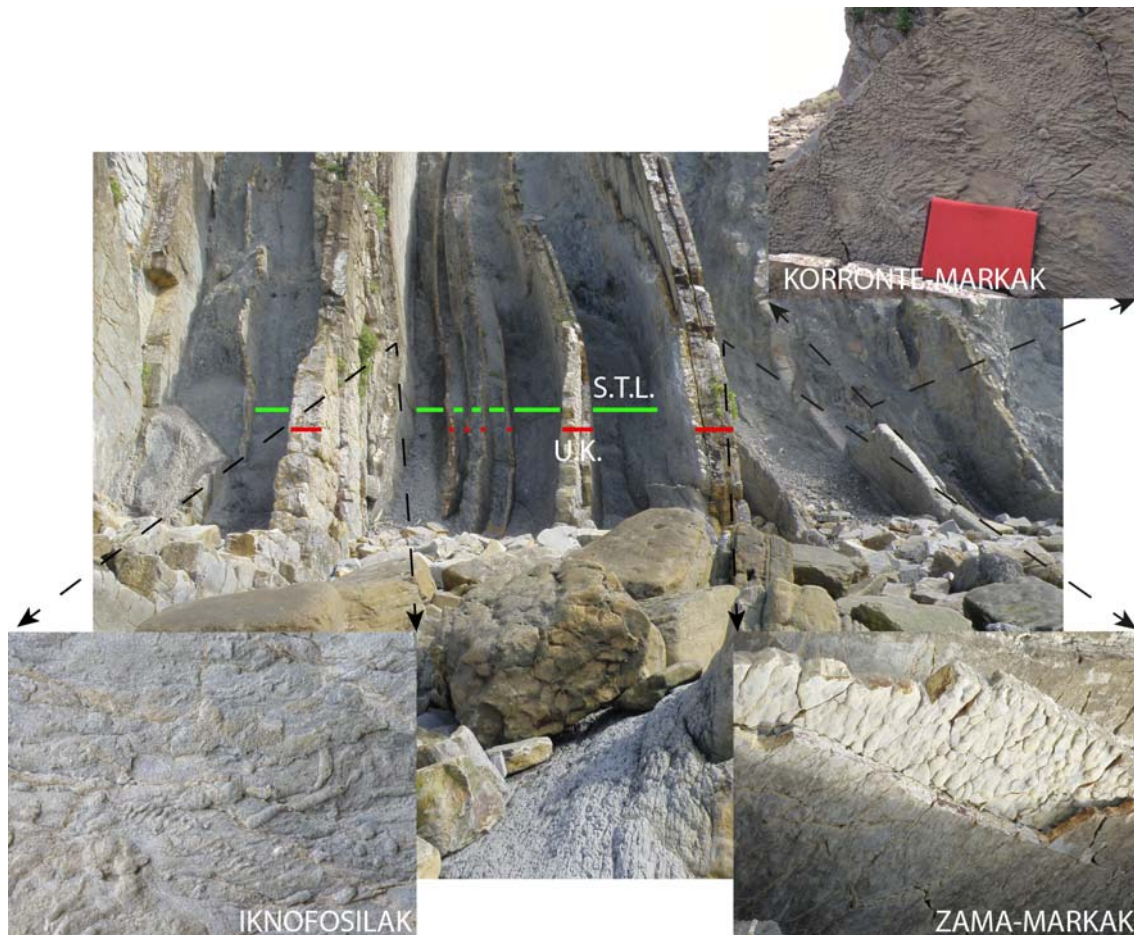
1. GELDIUNEA (X: 502156; Y: 4805788; Alt.: 3 m)

Material gogor eta biguinen arteko txandakapenaren, turbiditen ezaugarrietako baten, azterketa. Material gogorrak kalkarenitak dira eta biguinak tupak³. Material gogorrak metatzeko orduak behar dira eta biguinak aldiz urteak (ehundaka edo milaka urte behar dituzte). Geruza gogor bakoitzak uhertasun-korrante bati dagokio eta geruza biguinak aldiz bi uhertasun-korranteen arteko tartean metatutako materialak dira (1. irudia). Uhertasun-korranteak itsasoan gertatzen dira, sedimentuak urarekin nahastuta malda handiagoko eremuetan behera erortzen direnean (2. irudia).

¹ *Turbidita*: Uhertasun-korranteek metatzen duten sedimentuzko gorputza.

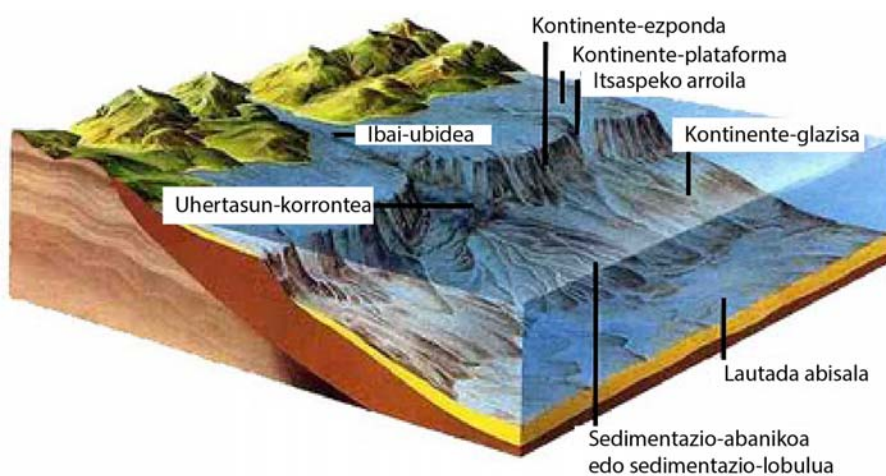
² *Kalkarenita*: Nagusiki (%50tik gora) harearen tamainako (1/16-2 mm) kaltzita partikula birziklatuez osatutako kareharria.

³ *Tupa*: Kaltzitaz eta buztinez eratutako arroka sedimentarioa.



1. irudia: Kalkarenitazko geruza gogorak (lerro gorriak) uhertasun-korronteen (U.K.) ondorio dira eta tupazko geruza biguinak (lerro berdeak) bi uhertasun-korronteen arteko sedimentazio tarte lasaiagoetan (S.T.L.) metatu dira.

Kontinente-plataforman metatutako sedimentuak ekaitzen, lurrikaren edo sedimentu pilaketa handiaren eraginez, kontinente-ezpondan behera abia daitezke. Horrela sortutako uhertasun-korronteek abaniko edo lobulu sedimentarioak eratzen dituzte kontinente glazisean (2. irudia).

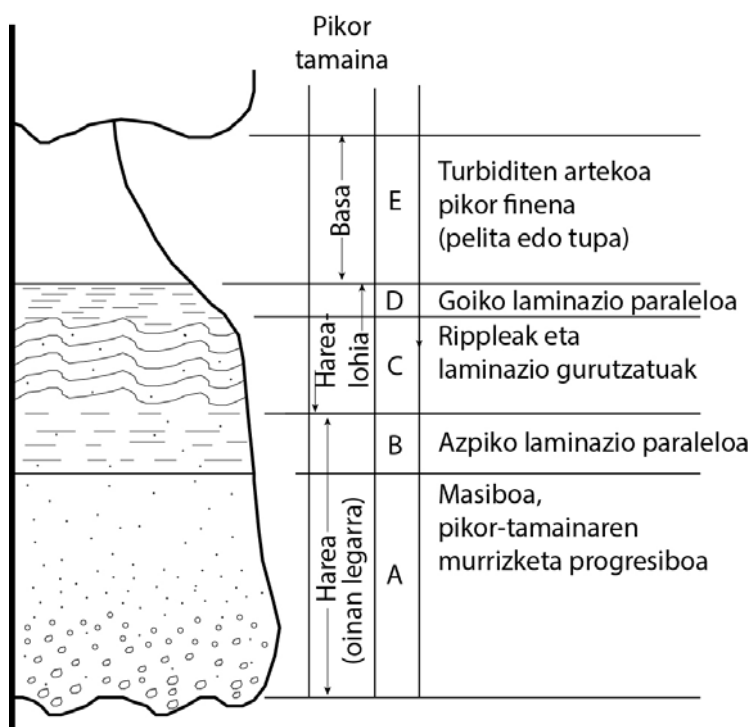


2. irudia: Uhertasun-korronteak eta ondorioz turbiditak eratzen diren ingurune sedimentarioa erakusten duen irudia.

Azaleramenduan arroka sedimentarioetan gordetako iknofosilen⁴ aztarnak eta zama-markak⁵ ikusten dira (1. irudia).

2. GELDIUNEA (X: 502119; Y: 4805678; Alt.: 4 m)

Sekuentzia turbiditikoaren barne-antolaketa. Uhertasun-korrontearen eraginpean material sedimentarioa kontinente-ezpondaren oinan metatzen denean pikor-tamainaren arabera antolatzen da eta une bakoitzaren garraio-energiaren arabera egiturak sortzen dira. Boumaren sekuentziak adierazten du turbidita perfektuak 5 atal dituela, bakoitzak erakusten dituen materialen eta egituren arabera (3. irudia).

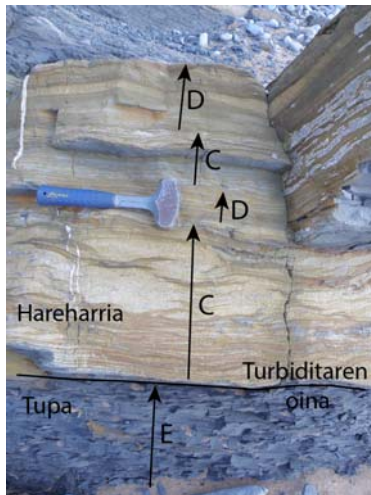


3. irudia: Bouma-sekuentzia teorikoaren eremu guztiak eta eremu bakoitzeko ezaugarri nagusiak.

Boumaren sekuentzia osoak aurkitzea sarritan ez da erraza. Sedimentazio-lobuluetan, uhertasun-korrontetik gertu materialak lodiagoak direnez eta energia handiagoaren eraginpean metatu direnez Boumaren sekuentziako lehenengo atalak baino ez dira agertuko. Uhertasun-korrontearen kokapenetik zenbat eta gehiago urrundu material finagoa agertuko da eta egiturak gero eta energia txikiagokoak izango dira, ondorioz Boumaren sekuentziako azken atalak baino ez dira garatuko. Geldiunean bereizten diren Boumaren atalak C, D eta E atalak dira (4. irudia). Honek adierazten du ingurua uhertasun-korrontearen kokapenetik urrun aurkitzen dela eta ondorioz ez dituela A eta B atalik garatzen.

⁴ *Iknofosila*: Bizidunen jarduerak edo hazkuntzak eragindako egitura fosilizatua.

⁵ *Zama-marka*: Batez ere hareharrien oinan garatutako egitura konkordunak dira, hareharriak dentsitate gutxiagoko sedimentuen (tupak, buztinak) gainean metatzean sortutakoak. Geruzaren oina eta gaina zein den bereizteko erabiltzen dira.



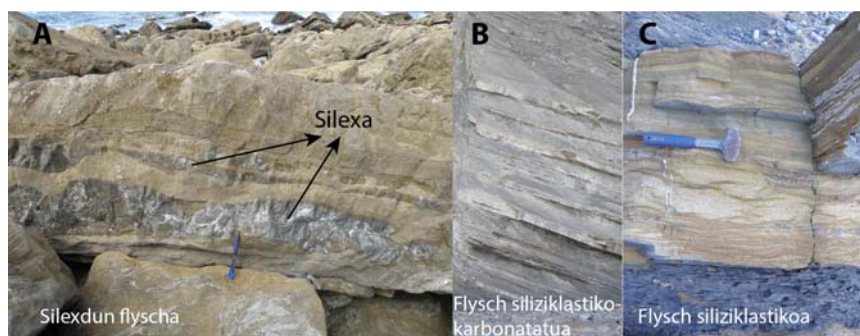
4. irudia. Geldiuneko turbiditan bereizten dituen Bouma-sekuentziako atal desberdinak.

3. GELDIUNEA (A. X: 501614; Y: 4805369; Alt.: 6 m; B. X: 502160; Y: 4805741; Alt.: 6 m; C. X: 502119; Y: 4805678; Alt.: 4 m)

Turbidita mota desberdinen bereizketa. Kontinente-ezpondan behera uhertasun-korranteetan karbonatozko pikorrak nagusi direnean flysch karbonatatuak sortzen dira. Jatorri kontinentaleko material detritikoen eragina handiagoa denean, flysch siliziklastiko-karbonatatuak eratzen dira. Aldiz, kontinentetik datozen sedimentu detritikoak nagusi direnean turbiditak konglomeratu- eta hareharri-mailez daude eratuta (flysch siliziklastikoa).

Barrikako labarretan azaleratzen diren arroak, oro har, flysch siliziklastiko-karbonatatuaren adierazle dira (5B. irudia). Nagusiki, kalkarenita-geruzak eta tupa grisezko geruzak txandakatuz osatutako turbidita-segidak dira. Hala ere, tarteka hareharri-mailaren bat ere agertzen da, orduan turbiditak izaera siliziklastikoa duela esaten da (5C. irudia).

Aldiz, geldiuone honetan ikusten dena flysch berezia da, nodulu edo geruza jarraitu modura tartekatuta ikusten den material ilunagoa silexa baita. Ondorioz, silexdun flyscha deritzo (5A. irudia). Silexa belakien espikula silizeoetatik dator eta diagenesian⁷ zehar pilatu eta geruzak edo noduluak sortzen ditu.



5. irudia. Barrikako labarretan agertzen diren flysch mota desberdinak. A: silexdun flysch; B: flysch siliziklastiko-karbonatua; C: flysch siliziklastikoa.

⁶ *Silex*: SiO₂. Kuartzoaren aldaera kriptokristaltso pikortsua. Oso gogorra da eta haustura konkoieadu. Historiaurreko industrian gehien erabilitako lehengaia.

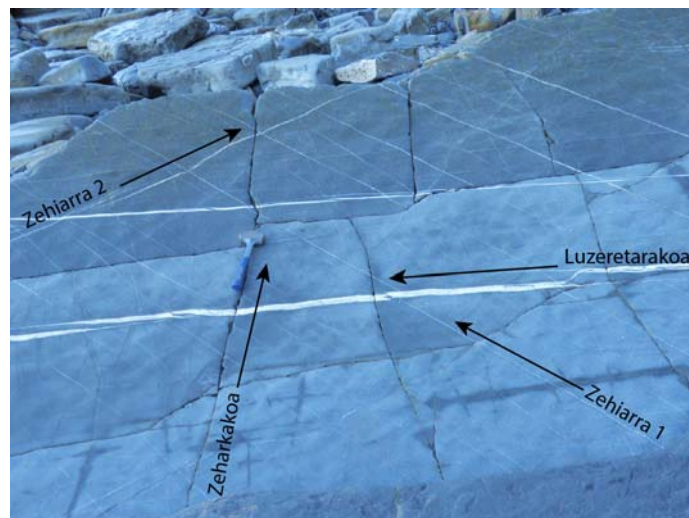
⁷ *Diagenesia*: Sedimentuetan edo arroka sedimentarioetan ematen diren prozesuak arroka eraketan (litifikazioa) zehar edo ondoren, 150-200°C harrapatu bitartean.

Labarraren gaineko aldean, historiaurreko hominidoen jardueraren aztarnak daude. Gezi-puntak eta silexean egindako beste harri-landuak aurkitu dira, Dirudienez, neandertalek inguru hauek okupatu zituzten. Uste da silexa ateratzera etortzen zirela eta hemen bertan lantzen zutela.

EGITURA HAUSKORRAK: DIAKLASA ETA FAILAK

4. GELDIUNEA (X: 502150; Y: 4805729; Alt.: 3 m)

Diaklasak identifikatu eta ezaugarritu. Material konpetentez edo zurrunez eratutako geruzak okertzen hasten direnean orientazio desberdineko hausturak garatzen dira bere baitan. Hausturak estratifikazioarekiko perpendikular kokatzen dira, eta bereizten dituzten blokeen arteko desplazamendurik eragiten ez dutenez diaklasa deritze. Diaklasak nahiko tarte konstantetan agertzen dira, eta geruza batzuetan lauadura ikusgarria eratzen dute. 4. geldiunean hainbat diaklasa-familia bereiz daitezke: tolesen ardatzekiko paraleloa den bat (luzeretakoa), perpendikularra den beste bat (zeharkakoa) eta tolesen ardatzekiko diagonalak diren bi (zehiarrak) (6. irudia). Kareharrietan disolbatutako kaltzio-karbonatoa diaklasetan hauspeatzen denean kaltzitaz betetako diaklasak (kolore zuriak) sortzen dira.

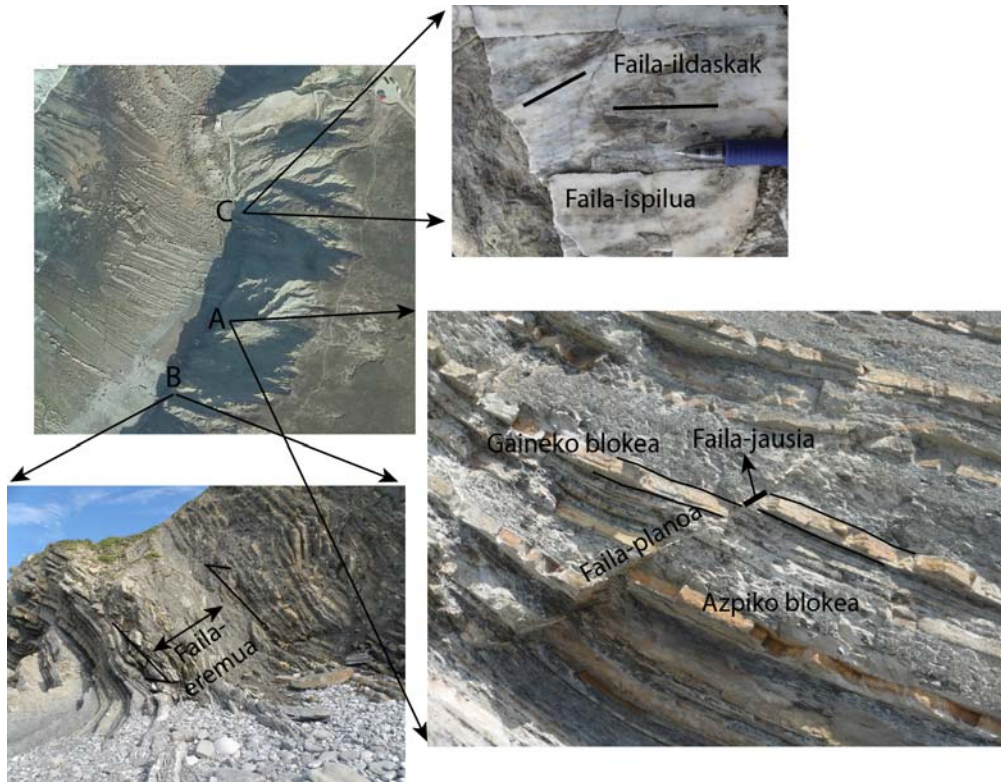


6. irudia. Familia desberdineko diaklasak erakusten dituen azaleramendua.

5. GELDIUNEA (A. X: 502154; Y: 4805725; Alt.: 11 m; B. X: 501842; Y: 4805462; Alt.: 11 m; C. X: 5021639; Y: 4805762; Alt.: 4 m)

Failak identifikatu eta failen elementuak definitu. Eskailerak jeitsi orduko dagoen kalan barreiatuta failen elementu nagusiak identifikatzen dira (7. irudia). *Failak*, diaklasen antzera, arroketan bereizten diren hausturak dira, baina kasu honetan blokeen artean desplazamendu bat dago, normalean hausturaren norabidearekiko paraleloa dena (7A. irudia). Faila-planoa bertikala ez denean, failaren gaineko eremuari *gaineko bloke* eta azpikoari *oin-bloke* deritze. Failak eragiten duen mugimendua ondo bereiztutako azalera batean edo *faila-planoan* edota lodiera

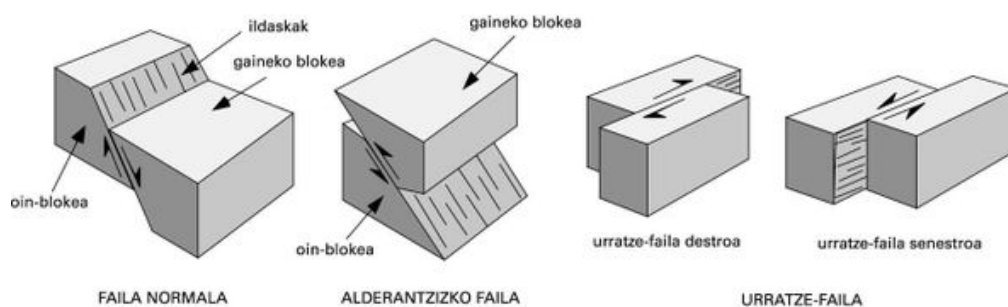
aldakorreko eremu batean zehar edo *faila-eremuan* gerta daiteke (7B. irudia). *Faila-jausiak* failaren mugimenduak sortu duen desplazamenduaren zenbatekoa adierazten du. Sarritan, faila-planoetan zehar azalera distiratsuak bereizten dira, *faila-ispiluak*, bi blokeen arteko marraskudurak eraginez (7C. irudia). Faila-planoan egitura lerrokara bereziak egon daitezke, mugimenduaren norabidea adierazten dutenak. Horiek arraste-markak (*faila-ildaskak*) edo desplazamenduaren orientazioan haztako mineral-zuntzak (*faila-zuntzak*) izan daitezke.



7. irudia. Lehen kalan failen elementu nagusiak bereizteko iradokitako behaketa-puntuak. A: Failetak hainbat elementu daude adierazita (*faila-planoa*, *gaineko eta oin-blokeak* eta *faila jausia*). B: Failak eragindako mugimendua plano batean izan beharrean eremu zabalagoan denean eremuari faila-zona deritzo. C: Faila-planoetan sarritan kaltzita hauspeatzen da eta gainean bi blokeen arteko marraskaduraren eraginez *faila-ispilua* garatzen da. Faila-ispiluan agertzen diren ildaskek bi blokeen arteko mugimendu erlatiboaren norabidea adierazten dute. Kasu honetan faila bi orientazio desberdinetan mugitu da.

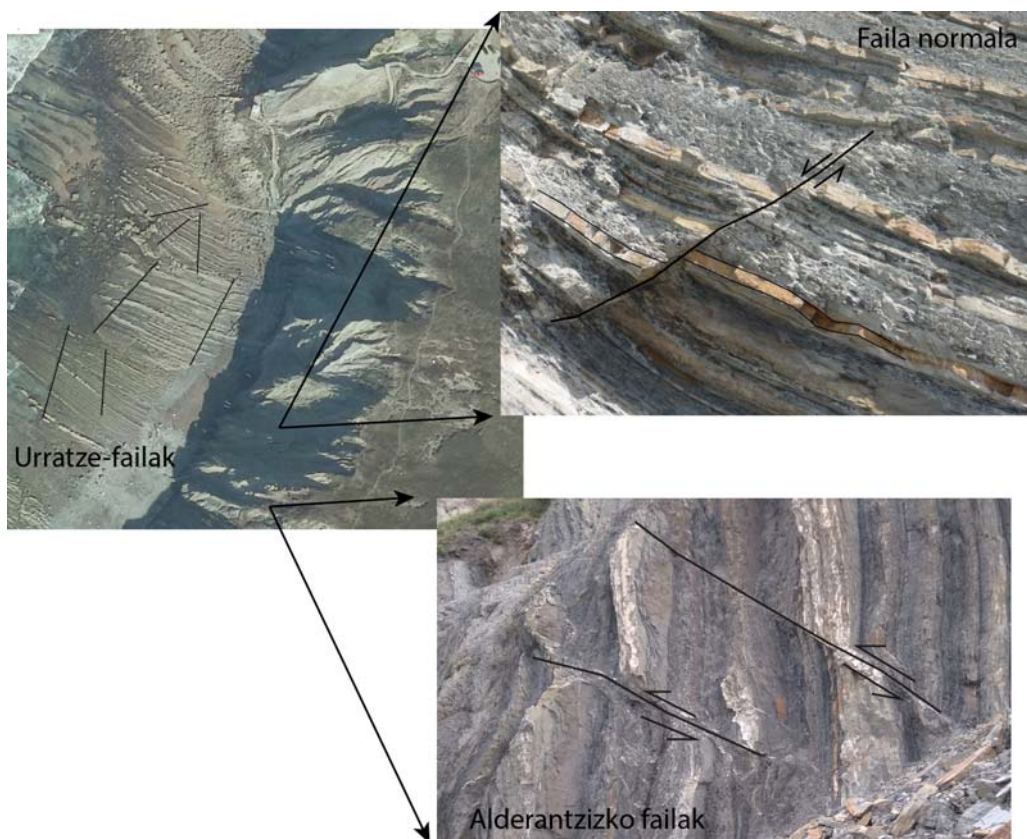
6. GELDIUNEA (A. X: 502154; Y: 4805725; Alt.: 11 m; B. X: 501963; Y: 4805515; Alt.: 15 m)

Failak identifikatu eta faila motak definitu. Failetak geometriaren arabera muturreko hiru faila mota bereizten dira (8. irudia). Alde batetik, *faila normalak* daude (9A. irudia), horietan faila-plano okertuaren gaineko blokea oin-blokearekiko beherantz desplazatzen da. Bestetik, *alderantzizko failak* daude (9B. irudia), horietan faila-plano okertuaren gaineko blokea gorantz desplazatzen da oin-blokearekiko. Hirugarren muturra *norabide-failak* edo *urratze-failak* dira (9. irudia) eta horietan failen mugimendua horizontala da. Faila normalak tentsio-esfortzuen eraginez sortzen dira, alderantzizko failak konpresio-esfortzuen eraginez eta urratze-failak norabide-mugimenduen eraginez.



8. irudia. Failetak geometriaren arabera bereizten diren muturreko hiru faila mota. Beraien arteko mugimendu-konbinazioak eman daitezke faila konplexuagoak sortzeko.

Barrikako labarrak eta marearteko zabalgunea toki egokiak dira faila mota desberdinak bereizteko. Haustura ugari eta mota askotakoak daude. Hemen faila mota bakoitzeko adibide bakarra aukeratu da, baina failak aurkitu eta zein motatakoa den asmatzera jolas daiteke.



9. irudia. Eskailerak jaitsi ondorengo kalan dauden faila mota desberdinen kokapena eta argazki interpretatiboak.

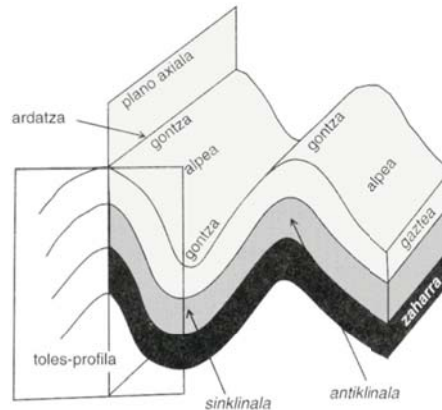
EGITURA MOLDAKORRAK: TOLESAK

7. GELDIUNEA (X: 501891; Y: 4805482; Alt.: 3 m)

Tolesak identifikatu eta tolesen elementuak definitu. Tolesekin lotutako hainbat termino daude eta normalean oso korapilotsua egiten da elementu bakoitzaren definizioa argi azaltzea ikasgelan (10. irudia). Aldiz, benetako tolesen aurrean oso erraza da, ikusgarria izateaz gain (11.

irudia). Ondoren, tolesekin lotutako termino arruntenen definizio teorikoa gehitzen da.

Tolesaren gontza tolesaren kurbadura maximoko eremua da eta bi tolesetako gontzen artean gelditzen den eremu zuzenagoari *alpe* dieritzo. Tolesaren *plano axiala* alpeen arteko angelua erdibitu egiten duen irudimenezko plano litzateke eta *tolesaren ardatza*, aldiz, gontza eremuaren eta plano axialaren arteko intersekzio-lerroari dagokio. Tolesaren *inflexio-puntua* tolesetako alpeen erdialdeko puntua da non okerdura ganbila izatetik ahurra izatera igarotzen den. Tolesak *antiklinalak* direla esaten da geruza zaharrenak tolesaren barneko aldean kokatzen direnean, aldiz, erdian agertzen diren geruzak gazteagoak direnean tolesa *sinklinala* dela esan ohi da.



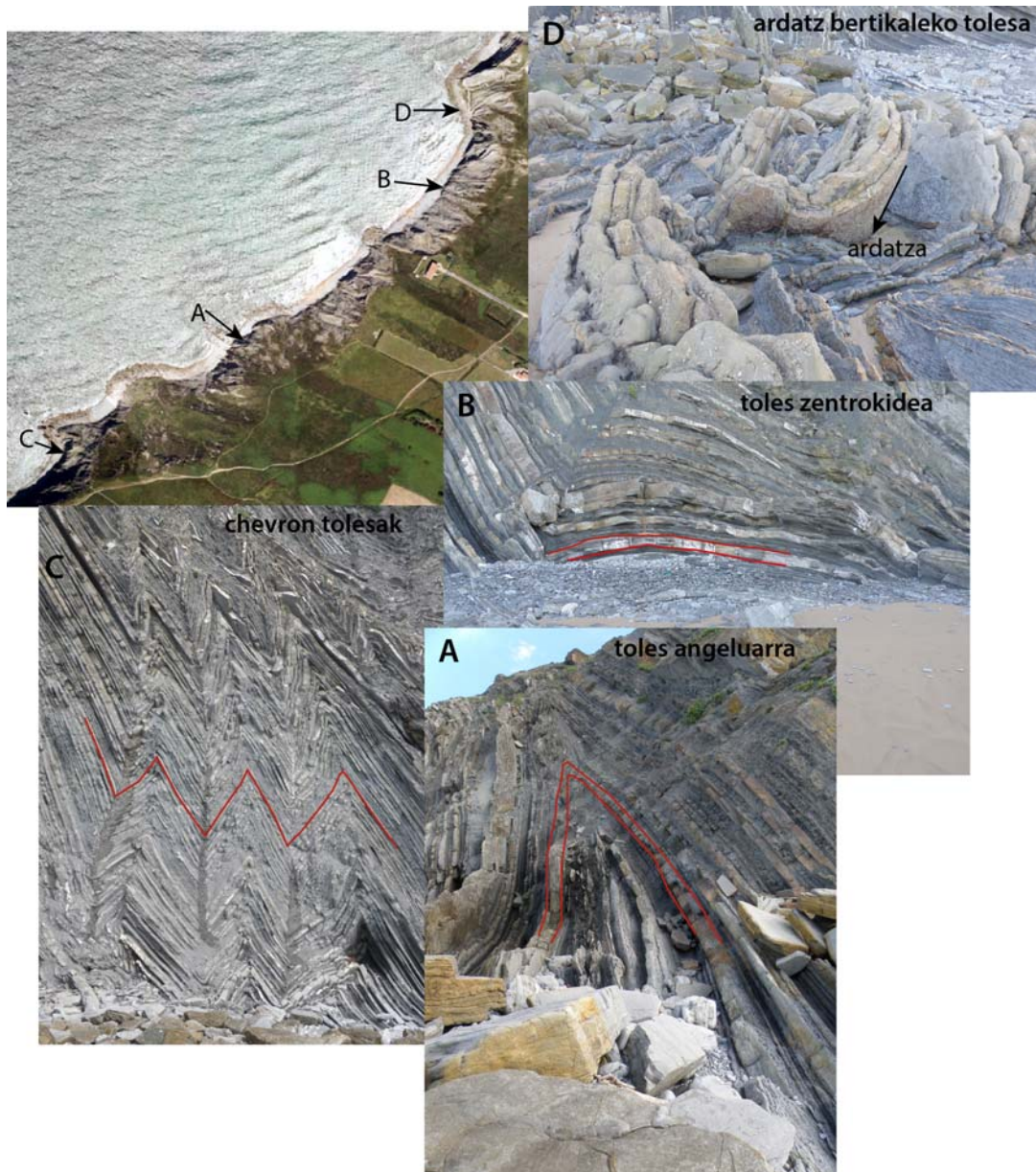
10. irudia. Tolesen deskribapenerako erabiltzen diren elementu nagusien eskema teorikoa.



11. irudia. Tolesen deskribapenerako erabiltzen diren elementu nagusien kokapena 7. geldiuneko tolesetan.

8. GELDIUNEA (A: X: 501798; Y: 4805432; Alt.: 7 m; B: X: 501982; Y: 4805554; Alt.: 5 m; C: X: 501516; Y: 4805247; Alt.: 6 m; D: X: 502140; Y: 4805762; Alt.: 1 m)

Geometria desberdineko tolesak identifikatu eta tolesen sailkapenerako irizpideren bat aipatu. Barrikako labarrak toki ezin hobea dira geometria desberdineko tolesak behatzeko. Maila kompetenteak eta inkompetenteak txandakatuta egoteak deformazioa kontrolatzen du eta tolesen identifikazioa errazten du. Barrikako tolesen geometria oso aldakorra izan daitekeen arren, zenbait multzotan sailka daitezke (12. eta 13. irudiak).



12. irudia. Barrikako labarretan ikus daitekeen geometria desberdineko tolesak eta bakoitzaren kokapen zehatza.

Toles angeluarrak (12A. irudia): Ugarienak dira, eta estratuak lodiera uniformez txandakatzen diren tokietan agertzen dira. Zenbait metrotako zabalera izaten dute. Maila kompetenteetan, tolesak paraleloak edo isopakoak dira (geruzen lodiera ez da toles osoan

aldatzen); maila tupatsuetan, berriz, gontzak lodiagoak dira eta alpeak meheagoak. Egitura horiek ipar-ekialderanzko bergentzia⁸ nabarmena dute; alegia, plano axialak hegomendebalderantz okertzen dira. Gainera, ardatz ia horizontalak dituzte, eta alpe luzea laburra baino askoz ere etzanagoa eta luzeagoa da.

Toles zentrokideak (12B. irudia): Geruza konpetente lodiagoak dituzten eremuetan agertzen dira eta lotura zuzena dute alderantzizko failekin.

Chevron tolesak (12C. irudia): Maila konpetenteen eta inkompetenteen segida erritmiko eta monotonoa duten eremuetan agertzen dira. Batez beste, 2-3 m-ko zabalera dute, alpe planarrak eta oso gutxi garatutako gontzak dituzte, geometria angelutsu oso markatua dutenak. Plano axial bertikalak eta ardatz azpihorizontalak dituzte.

Murgildura handiko ardatzak dituzten tolesak (12D. irudia): urratze-failek eragiten duten mugimenduekin lotutako tolesak dira.

Tolesak sailkatzeko eredu desberdinak daude, baina bisualenak ondoren aipatzen diren irizpideetan oinarritutakoak dira. Tolesaren profilaren⁹ arabera toles paraleloak, similarrak edo angeluarrak, zentrokideak eta chevron tolesak bereizten dira. Tolesaren alpeek eratzen duten angeluaren arabera toles zabalak, irekiak, itxiak, estuak eta isoklinalak bereizten dira. Aldiz, tolesen plano axialeko okerdura erreferentziatzat hartuta toles zuzenak, okerdura handikoak, bitarteko okerdurakoak, okerdura txikikoak eta etzanak bereizten dira.



13. irudia. Tolesen sailkapenerako erabiltzen diren bi eredu. Lehenengoan alpeen arteko angelua erabiltzen da eta bigarrean plano axialaren okerdura.

KARTOGRAFIA GEOLOGIKOAREN HASTAPENAK

9. GELDIUNEA (X: 501766; Y: 4805444; Alt.: 1 m)

Egitura geologikoen 3 dimentsioak aztertu. Marearteko zabalgunean egitura geologikoak plantan ikusten dira eta labarretan, aldiz, bertikalean. Horri esker, labarretan ikusten diren egiturak (ohikoa ez dena), plantan nola bereizten diren ikus daiteke, ariketa oso erraz baten bitartez.

Argazkian marearteko zabalgunearen zati bat agertzen da eta bertako 4-5 geruza

⁸ *Bergentzia*: Tolesak norantz okertzen edo etzan egiten diren eta failak norantz desplazatzen diren adierazteko erabiltzen den terminoa.

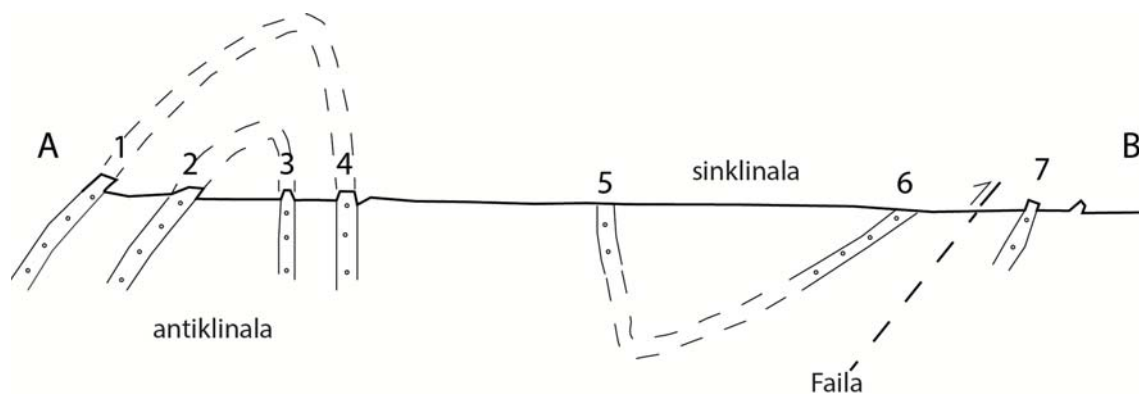
⁹ *Tolesaren profila*: Ardatzarekiko perpendikularra den planoan tolesak duen geometria.

aukeratu eta gainera lerro bat irudikatzea iradokitzen da (14. irudia). Nabarmena da ez dutela orientazio berdina eta alde batera edo bestera geruzek elkartzeko joera dutela.



14. irudia. Geruzen gainetik lerroak irudikatzean gelditzen den irudia eta hurrengo irudian agertzen den soslai topografikoaren kokapena (A-B lerroa).

Ondoren, A eta B puntuen arteko soslai topografiko eskematikoa altxatu eta 1-7 puntuetan geruzek duten okerdura gutxi gorabehera profilean irudikatu 15. irudian ikusten den bezala. Geruzak irudikatu ostean interpretazioa egitea baino ez da falta, horretarako “zentzu geologikoa” erabilia irudian ikus daitekeen zehar-ebakia lortzen da. Bertan, geometria angeluarreko antiklinala eta sinklinala islatuta daude, geruzen jarraitasuna bukatzen denean kokatuta dagoen failarekin batera. Zehar-ebakia ondo dagoela baieztatzeko labarretan agertzen diren egitura behatzea baino ez da gelditzen; baietz irudikatutakoaren antza izan?



15. irudia. Aurreko irudiko 1-7 puntuetan geruzek duten okerdura irudikatu ondoren (lerro jarraitua), datu horien interpretazio geologikoa (lerro ez-jarraitua) burutu da. Zehar-ebakian oso nabarmena da bi toles eta faila baten agerpena.

Kartografia geologikoa horretan datza, lurraren azalean ikusten diren arroak eta arroken orientazioak tentu handiz aztertuz, sakonean arroka horiek izan dezaketen geometria lortzeko asmoa du, beste hainbat helbururen artean.

DEFORMAZIO-EGITURA KONPLEXUAGOAK

Barrikako labarrak arroken deformazioa aztertzeko laborategi naturala dira. Egitura sinpleenetatik abiatu eta egitura konplexu samarrak ere aurki daitezke. Ondoren, nolabaiteko konplexutasuna erakusten duten hiru egitura aztertuko dira.

10. GELDIUNEA (X: 5015974; Y: 4805230; Alt.: 8 m)

Chevron tolesetako interferentzia-irudia. Chevron tolesen azaleramendua bikaina da, eta haren ikuspegia ahaztezina. Hala ere, azaleramendu horrek badu beste sekretu bat, sarri oharkabean pasatzen dena, baina oso adierazgarria. Hala, 16. irudian, chevron tolesak birtolestutako toles etzana ageri da. Hau da, hasiera batean NE-ranzko bergentzia duen toles angeluarra garatu zen, plano axiala gutxi gorabehera 45° hego-mendebalderantz okertua duena (P1). Ondoren, hainbat miloi urtetara baldintzak aldatu zirenean, toles hori plano axial ia bertikaleko eskala txikiagoko (P2) eta anplitude txikiagoko tolesen bitartez birtolestu zen, tolesen interferentzi-irudia¹⁰ garatuz.



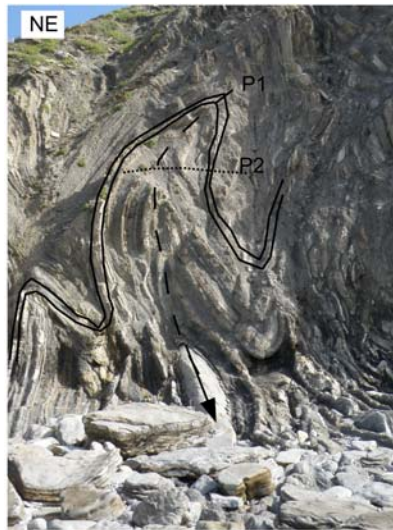
16. irudia. Tolesen arteko interferentzia-irudia. Lehendabizi, plano axiala 45° inguru okertuta zuen toles angeluarra garatu zen (P1), ondoren plano axial bertikaleko chevron geometriako tolesak (P2) gainjarri ziren. Hau da, tolesa birtolestu egin zen beste konpresio-esfortzu baten eraginpean.

11. GELDIUNEA (X: 502002; Y: 4805569; Alt.: 13 m)

Tolesen arteko beste interferentzia-irudi bat. Hemen, jatorriz geometria angeluarra duen tolesa, deformazio-prozesu berantiar batean birtolestua da ere. Erraz ondoriozta daiteke jatorrizko egitura toles angeluar estua dela, alpeen artean $20-30^\circ$ -ko angelua duena. Plano axialaren lerro irudikaria marraztuz gero, ikusiko dugu nola gora egin ahala haren orientazioa pixkanaka aldatzen den, kontrako noranzkoa duen okerdura bat izan arte (17. irudia). Aldaketa

¹⁰ Tolesen interferentzia-irudia: Lurralde batean tolesak sortzen dituzten prozesu bat baino gehiago gertatzen direnean geometria desberdineko tolesen gainjartzeaz sortzen diren irudiak dira.

hori toles zaharrak jasandako tolesturaren ondorioa da, non askoz ere toles irekiagoa eratzen baita, plano axial eta ardatz ia horizontalak dituen.



17. irudia. Toles angeluar birtolestua. Hasierako tolesa angeluarra da eta NE-ranzko bergentzia nabarmena du. Aldiz, birtolestua izan ondoren tolesaren goiko aldeak SW-ranzko bergentzia lortzen du, badirudi indarren batek goiko aldea bultzatu egin duela SW-rantz.

12. GELDIUNEA (X: 502137; Y: 4805699; Alt.: 5 m)

Duplex tektonikoa. Bloke batzuk bata bestearen gainean pilatzea eragiten duen faila-segida bati dagokio duplex motako egitura (18. irudia). Pilatutako bloke bakoitzari *horse* deritzo, eta failaz mugatua dago. Egitura osoa ere bi failak mugatua dago: gaineko faila eta oinako faila. Mota honetako egiturak oso eraginkorrak dira konpresio-prozesu batek eragindako laburdura egokitzeke. Irudiko duplex tektonikoa 8 horsez osatua dago, eta oso laburketa handia metatzen du. Pilatutako maila, orain gutxi gorabehera 4 m-ko luzera duena, jatorrizko kokapeneraino luzatuko bagenu, 16 m luze izango litzateke; alegia, % 75 laburragoa.



18. irudia. Duplex egitura. Markatuta dauden eremu guztiak geruza berekoak dira eta bata bestearen gainean kokatu dira laburdurak eragindako alderantzizko failen bitartez. Zati bakoitza hurrengokoaren azpian kokatuz gero jakin daiteke geruzaren hasierako luzera.

MAREARTEKO ZABALGUNEAREN BILAKAERA

13. GELDIUNEA (X: 502212; Y: 4805859; Alt.: 48 m)

Gaur eguneko eta iraganeko marearteko zabalguneen¹¹ bilakaera. Buelako bidean eskailerak igo bitartean, une batez gelditu eta gaur egungo marearteko zabalguneari begiratuko diogu. Nabarmena da geruzak plano gutxi gorabehera horizontal batez moztuta ageri direla. Labarraren goiko aldeari begiratzean eta erliebeari erreparatuz, erraz imajina daiteke noizbait marearteko zabalgune bat izan zela altuera horretan, labarreko estratuak ebakiak ageri baitira beste plano horizontal baten aurka. Beraz, gaineko plano iraganeko marearteko zabalgunea izan zela iradoki daiteke, azken milaka urteetan higadura-eragileek desitxuratu dutena.

Marearteko zabalgune zaharra gaur egungo itsas-mailatik 70 m-ra dago (19. irudia). Itsasoak atzera egin ondoren eratutako haitzuloetan espeleotemak datatuz, marearteko zabalgune zaharraren adina 350.000 urte baino zaharragoa dela neurtu da. Jakina da itsas-mailak gorabehera garrantzitsuak izan dituela Kuaternarioan (azken 2.5 Ma): gaur egungo maila baino 120 m beherago zegoen azken glaziazioan, eta gaur egun baino 60 m inguru gorago egongo litzateke Lurreko izotz guztia urtuko balitz. Beraz, jakin badakigunez azkeneko 350.000 urteetan poloetako izotza ez dela inoiz guztiz urtu, ezinezkoa da gorabehera horietan itsas-maila marearteko zabalgune zaharrera iristea. Horrela, onartu beharra dago prozesu tektonikoak aktiboak izan direla Kuaternarioan eta marearteko zabalgune zaharraren goratze erlatiboa eragin dutela.



19. irudia. Argazkiko ikuspegian oso erraz bereiz daiteke iraganeko marearteko zabalguneak gaur egungoaren ezaugarri berdinak dituela, geruzak plano horizontal batengatik moztuta ageri direlako. Marearteko zabalgunea 350.000 urteetan 70 m beheratu bada, zatiketa baten bitartez kalkula daiteke iraganeko marearteko zabalguneak, batz besterik 0,2 mm egin duela gora.

¹¹ *Marearteko zabalgunea*: Arrokez eratutako kostaldeko labarren aurrean marea beherako mailan eratzen den plataforma arroksua.

IKUSITAKO MATERIALEN ETA EGITUREN INTERPRETAZIO GEOLOGIKOA

Labarretan nagusi diren arroka sedimentarioek segida turbiditiko jarraitua eratzen dutenez onartu beharra dago arro ozeaniko sakonetan metatu direla, kontinente-ezpondaren oinean. Sakonera kalkulatzeko sakonera zehatzetan bizi diren fosilak erabiltzen dira, bereziki ammoniteak, eta inguru hurbilean lortutako datuek adierazten dute Barrikako sedimentuak metatu zirenean arroak 800-1000 m inguruko sakonera izan zezakeela. Labarretan zehar barreiatuta zenbait arroka bolkaniko ere azaleratzen dira, itsas azpiko eremu sakonetan bolkanismoa aktiboa zela iradokiz. Barrikako labarretatik oso gertu dagoen Meñakozeko kalako kuxin-labak bolkanismoaren aztarna ikusgarriak dira.

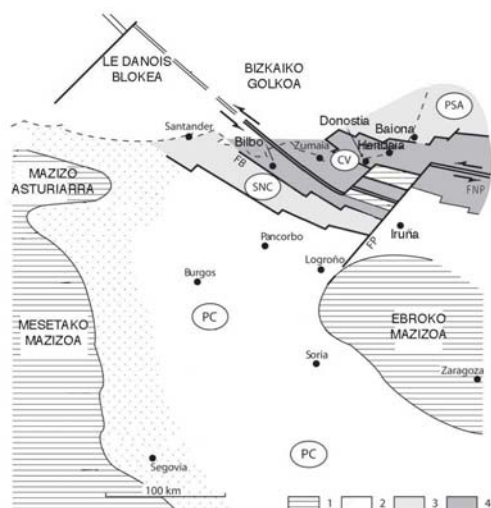
Baina ikusitako turbidita guztiak ez dira berdinak, turbidita siliziklastikoak, siliziklastiko-karbonatatuak eta silexdun turbiditak bereiztu dira. Ondorioz, kontinente-plataformatik behera uhertasun-korronteen bidez garraiatzen diren materialak jatorri desberdina dutela onartu beharra dago. Badirudi, garai horretan kontinente-plataforman material karbonatua zela nagusi, baina ibaiek garraiatutako material detritikoa ere iristen zela bertara. Ondorioz, uhertasun-korronteek material karbonatua zein detritikoa, proportzio desberdinetan, barneratzen zuten eta flysch siliziklastiko-karbonatatuak sortu ziren. Noizean behin aldiz, ibaiek garraiatutako sedimentu kopurua handitzen zelako edo zenbait tokitan sedimentu detritikoak baino metatzen ez zirelako, hare pikorrez osatutako uhertasun-korronteak eratu ziren, flysch siliziklastikoaren aztarnak utziz. Silexdun flyschak beste zerbait adierazten du. Jatorriz flysch siliziklastiko-karbonatua da baina belakien espikula silizeo ugari barneratzen ditu. Belaki horiek sarritan lotura estua dute itsas azpiko prozesu bolkanikoekin. Sedimentuen litifikazio eta diagenesi prozesuan zehar silizea mobilizatu eta silex-geruza planokarak edo silex-noduluak emanez pilatzen da.

Turbiditetan behatu daitezkeen Bouma-sekuentziako atalak aztertuz uhertasun-korrontearekiko distantzi erlatiboa zehaztu daiteke. Turbiditetan, batez ere, Bouma-sekuentziaren C, D eta E atalak bereizten direnez, ondoriozta daiteke turbidita hauek uhertasun-korrontetik urruti aurkitzen direla, energia handieneko ingurutik kanpo.

Labarretan fosilen zenbait aztarna, batez ere iknofosilak aurki daitezke, baina materialen dataziorako oso ugari diren mikroorganismoak erabili dira, foraminiferoak¹². Horiek adierazten dute Barrikako labarretan ageri diren materialak Goi-Kretazeokoak direla, gehiago zehaztearren erdi-Cenomaniarra eta Santoniarra bitartekoak. Garai horretako paleogeografiaren¹³ arabera kostaldea urrun zegoen hegoalderantz, Euskal Herriko hegoaldea kontinente-plataforma zabal baten parte zen eta Bizkaiako eta Gipuzkoako gehiengoa, Barrikako sedimentuak metatu zireneko sakonera handiko itsasoaren parte ziren (20. irudia).

¹² *Foraminifero*: Errizopodo oskolduna. Protisto zelulabakar, heterotrofo, pseudopododun eta oskoldun hauek *Foraminiferida* ordenaren barruan sartzen dira. Ur-ingurune guztietan bizi daitezke eta gehienak 1 mm baino txikiagoak dira.

¹³ *Paleogeografia*: Denbora geologikoan lurrazaleko geografiaren ezaugarriak definitzen dituen geologiaren adarra.



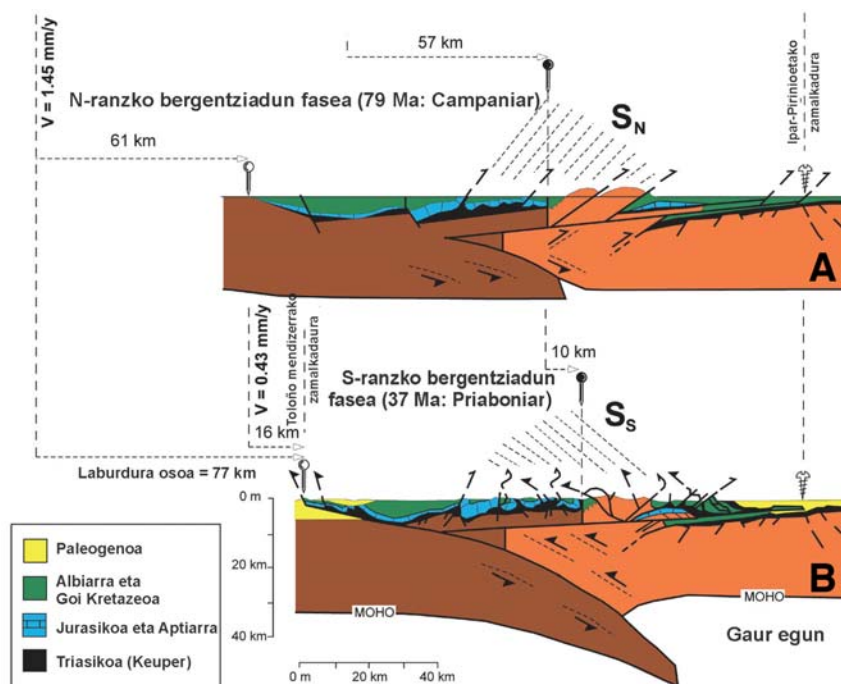
20. irudia. Euskokantauriar arroaren Santoniarreko paleogeografia sinplifikatua. 1) Itsas-mailaren gaineko eremuak, 2) Sakonera txikiko kontinente-plataforma, 3) Kontinente-ezponda, 4) Flysch ildoak edo eremu sakona. Floqueten lanetik (2004) moldatuta.

Labarretako geruzen antolaketari dagokionez badirudi anabasa ederra dagoela, geruzak edonola antolatuta daudela, edozein okerdura izan dezaketela edo ausazko orientazioa duten failaz zeharkatuta daudela. Ez da egia, arrokek antolaketa zoragarria erakusten dute, baina jakin egin behar da antolaketa hori argitzen. Tolesak eta, era berean, failak neurtzen hasiz gero berehala ikus daiteke geometria bereko tolesak plano axialaren edo ardatzen orientazio berdintsua erakusten dutela eta failak ere, familia desberdinetan antolatuta daudela.

Geometria angeluarreko tolesak dira zaharrenak eta adierazgarrienak. Denek S-ranzko okerdura duten plano axialak dituzte, hau da, N-ranzko bergentzia erakusten dute inguruko alderantzizko faila nagusien antzera. Tolesetako plano axialen eta alderantzizko failen orientazioa parekoa denez deformazio-fase berean sortu direla ondorioztatzen da. Aldiz, chevron tolesak eta hegoalderazko bergentzia duten alderantzizko failak gazteagoak dira, aurreko egiturak birtolestu edo apurtu egiten dituztelako. Ondorioz, bigarren deformazio-fase baten eraginez sortu direla onartzen da, aurrekoaren orientazio guztiz desberdina duena. Bestalde, toles zentrokideak zamalkadurekin¹⁴ lotutako egitura bereziak dira eta ardatz bertikaleko tolesak urratze-failekin lotutako egitura gazteenak dira.

Gaur egun, aipatutako ezaugarri geometrikoak azaltzeko eredu hedatuena ondorengoa da. Egitura hauek guztiak Iberiako eta Europako plaken arteko kolisioaren ondorioa dira, Pirinioetako W-ranzko jarraipenean. Kolisioaren hasieran Europako plaka meheagoa Iberiako plakan ezpal baten antzera barneratu zen, lehenengo deformazio-fasean garatutako N-ranzko bergentziadun egiturak sortuz (21.A irudia). Plaken arteko hurbilketak jarraitu egin zuen eta konbergentzia behar besteko izan zenean Iberiako plakan haustura jarraitua eratu zen (Toloño mendilerroko zamalkadura). Harrez geroztik, jada N-ranzko bergentziadun egitura gehiago ez ziren sortu eta garatutako egitura geologiko bakarrak hegoalderazko bergentziadunak izan ziren (21.B irudia).

¹⁴ Zamalkadura: Okerdura txikiko (<30°-ko) alderantzizko faila.



21. irudia. Barrikako labarretan agertzen diren egiturak azaltzeko erabiltzen den plaka-tekonikaren eredua. N-ranzko bergentziadun egiturak azaltzeko Europako plaka ezpala baten antzera barneratzen da Iberiako plakan. S-ranzko bergentziadun egiturak aldiz, Toloñoko mendizerrako zamalkadura eratu ondoren baino ez dira garatzen. Martínez-Torres eta Eguíluzen lanetik (2014) moldatuta.

BIBLIOGRAFIA OSAGARRIA

- Apraiz, A. (2014). Tolesen eta failen ikuskizuna: Barrika, flyschak dar-dar egiten duen tokia. Non: Landa-Geologia: 12 irteera Euskokantauriar arroan zehar. Euskal Herriko Argitalpen Zerbitzua, Bilbo, 103-120.
- Cuevas, J., Eguíluz, L., Ramón-Lluch, R. eta Tubía, J.M. (1982). Sobre la existencia de una deformación tectónica compleja en el flanco norte del sinclinal de Oiz-Punta Galea (Vizcaya). Lurralde, 5, 47-61.
- EVE (1993). 1:25.000 mapa geologikoa. Getxo (37-IV).
- Floquet, M. (2004). El Cretácico Superior de la Cuenca Vasco-Cantábrica y áreas adyacentes. Non: Geología de España (Ed.: J.A. Vera). Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 299-306.
- Martínez-Torres, L.M. eta Eguíluz, L. (2014). Dinamika kortikala eta pultso termotektoniko alpetarrak Euskokantauriar arroan eta mendebaldeko Pirinioan. Non: Euskokantauriar arroko eboluzio geologikoa. Euskal Herriko Argitalpen Zerbitzua, Bilbo, 105-118.
- Ríos-Garaizar, J., Libano, I. eta Garate, D. (2012). El yacimiento chatelperroniense al aire libre de Aranbaltza (Barrika, Euskadi). Munibe, 63, 81-92.