

AIAKO HARRIA: EUSKAL HERRIKO BILAKAERA GEOLOGIKOA BERTAN HASTEN DA

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

ABIAPUNTUAREN KOKAPENA



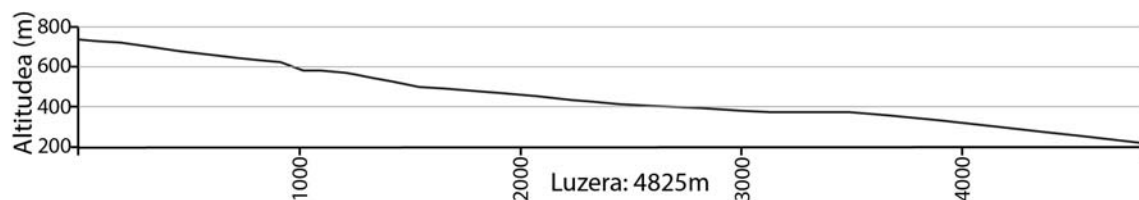
IBILBIDEAREN EZAUGARRIAK

Luzera: 11 km luzeak, 2.300 m laburrak
Desnibela: 516 m luzeak, 131 m laburrak
Zailtasuna: Luzea ertaina, laburra erraza
Irisgarritasuna: ez dago prestatuta
Denbora: Luzea egun osoa, laburra egun erdi
Abiapuntua: Arrixulo aterpetxea
X: 597703.78
Y: 4791756.30
Z: 418 m

IBILBIDEKO GELDIUNEEN KOKAPEN



PROFILA (1 eta 7 geldiueneen artekoa)



IRTEERAREN HELBURUAK

Aiako Harriaren inguruan iradokitako ibilbidean Euskal Herrian dagoen granitoide bakarra eta berarekin lotutako hainbat prozesu eta ezaugarri geologiko aztertzen dira. Lehendabizi, granitoidea osatzen duten arroka deskribatzen dira, arroka desberdinen arteko harremanak aztertu eta datu horietatik magmaren bilakaerari buruz lor daitekeen informazioa aipatu. Ondoren, magmek Pangearekin duten harremana aipatuko da eta granitoidea sortzeko zer-nolako baldintzak bete behar izan ziren labur deskribatu.

Arroka plutonikoak¹ arroka ostalarien² lekutzen dira eta beraiekin harreman estua dute. Arroka ostalariak deskribatuko dira eta arroka plutoniko eta ostalarien artean dagoen ukipena aztertu. Arroka plutoniko eta ostalarien artean dagoen tenperatura desberdintasunak ukipen-metamorfismo³ eragin dezake granitoidearen inguruko arroketa eta bertako azalaramenduak erabiliko dira ukipen-metamorfismoaren ezaugarriak deskribatzeko eta ukipen-metamorfismoaren garapenean eragina duten baldintza nagusiak aipatzeko.

Irteera bukatzeko arroka ostalarien gainetik ageri diren arroka sedimentarioak deskribatuko dira. Beraz, irteeran zehar arroka igneo, sedimentario eta metamorfikoak ikusiko dira eta arroken zikloa osatzeko parada emango du.

Aipatutakoaz gain irteerak geologiako beste hainbat gai aipatzeko aukera ematen du: Pangearen apurketa eta Euskokantauriar arroaren sorrera, arroka plutonikoen jatorria eta bilakaera, kontinenteen arteko talka eta Pirinioen sorrera, granitoidearekin lotutako mineralizazioak (Arditurriko mehategiak),

IRTEERARI BURUZKO OHARRAK

Irteera egiteko baldintzen arabera (taldeko ezaugarriak, eguraldia, denbora) 2 aukera proposatzen dira. Irteera luzeak egun osoa eskatzen du eta paisaia ikusteko moduko eguraldia behar du lagun. Irteera laburra egiteko 3-4 ordu nahiko dira.

Irteera luzeak bi geldialdi gehiago baino ez ditu baina muturrekoak izaki denbora luzez oinez egitea eskatzen du. Lehendabiziko geldiuena, Aiako Harriaren tontorren oinean dago kokatuta eta bertan dagoen ikuspegiak Pirinioetako eta Euskokantauriar arroko orokortasun geologikoak aipatzeko toki egokia da. Aiako Harriaren tontorrak osatzen dituzten arrokek azalaramendu ikusgarriak osatzen dituzte, hala ere antzeko zerbait ikus daiteke 1' geldialdian. Azkeneko geldialdian, aldiz, Euskokantauriar arroko hastapenekin harremana duten arroka sedimentarioak ikusten dira eta bertara iristeko bidean granitoidearen arroka ostalarien ezaugarriak deskriba daitezke. Azken geldialdia arroken zikloa osorik ikusteko eta Euskokantauriar arroaren sorrera ulertzeko beharrezkoa litzateke. Beraz, bitarteko aukera bat ere badago, 1' geldiuenean hasi eta 7.an bukatu.

1. GELDIUNEA (X: 598386,89; Y: 4792569,63; Alt.: 734 m)

¹ *Arroka plutonikoa*: Arroka igneo intrusiboa, beraz lurrazalaren azpitik lasai hozten den magmatik garatzen dena.

² *Arroka ostalaria*: Magmak sakonean hozten direnean inguruan duen arroken multzoa.

³ *Ukipen-metamorfismo*: Magmak lekutzean inguruko arroka berotu egiten direnez, berotze horren eraginez sortutako aldaketa mineralogikoak eta ehundura-aldaketak.

Bertoko ikuspegiarekin erraz ulertzen da nola geologiak paisaia guztiz baldintzatzen duen. Ekialderantz begituz Pirinioetako tontorren ikuspegi ederra dago. Baina, tontorren altuera iparralderantz progresiboki moteldu egiten da eta muga batetik aurrera Akitaniako edo Landetako lautada ageri da. Edozein orogenoan bereiz daitezkeen hiru eremu morfologiko nagusiak ikusten dira bertatik. Erliebe altueneko ingurunea *barne eremu kristalinoari* edo *eremu axialari* dagokio, arroka plutoniko eta metamorfiko ugari barneratzen duen eremuari. Erliebe motelagoko eremua, *toles eta zamalkadura gerrikoari* dagokio eta bertako arroka sedimentario gazteagoek deformazio nabarmena pairatu dute, tolesak eta zamalkadurak dira deformazio-egitura arruntenak eta mantuko peridotita⁴ azaleramendu isolatuak ezaugarri bereizgarrienetarikoa. Iparraldean ikusten den lautada Akitaniako arroa da, geologikoki Pirinioetako iparraldeko *lurraldeaurreri* dagokiona, hau da, Pirinioetako higaduraren ondorioz sortutako higakinez dago eratuta eta bertako material sedimentario gazteek apenas dute deformazioaren arrastorik.

Aldiz, mendebalderantz begiratuz gero, hainbat aldaketa ikusten dira. Aipagarrienak, agian, itsasoaren agerpena iparraldetik eta erliebearen moteltze nabarmena. Ikusten ari garen guztia Euskokantauriar arroari dagokio, eta zapaltzen ari garen granitoidea Euskokantauriar arroko bakarra da. Euskokantauriar arroa Pirinioetako toles eta zamalkadura gerrikoaren mendebaldeko eremuari dagokio, Iruñako failatik mendebaldera dagoen eremua da. Bi eremuak prozesu geologiko berdinen ondorioz sortuta daude eta elkarrekin Pirinioetako mendilerroa osatzen dute (1. irudia).



1. irudia. Pirinioetako mendilerroa geologikoki deskribatzeko erabiltzen den terminologiari hedatua. (Bodego et al., 2014)

Euskokantauriar arroko ezaugarri geologiko adierazgarriena zalantzarik gabe, Mesozoikoko materialen lodiera handia da (15 km-tik gora), bereziki Kretazeokoarena. Horregatik, hemendik dugun mendebaldeko ikuspegiaren gehiengoa Kretazeoan metatutako sedimentuz dago osatuta.

Baina, Pirinioak eta Euskokantauriar arroa prozesu berdinen bitartez eratuta badaude, zergaitik desberdintasunak? Bi eremuen arteko desberdintasunak, batez ere Iberia eta Europaren arteko kolisio prozesuaren ezaugarrietan bilatu behar dira. Alde batetik, kolisioa ekialdetik hasi zen, Kataluina aldean eta progresiboki mendebalderantz dator, beraz,

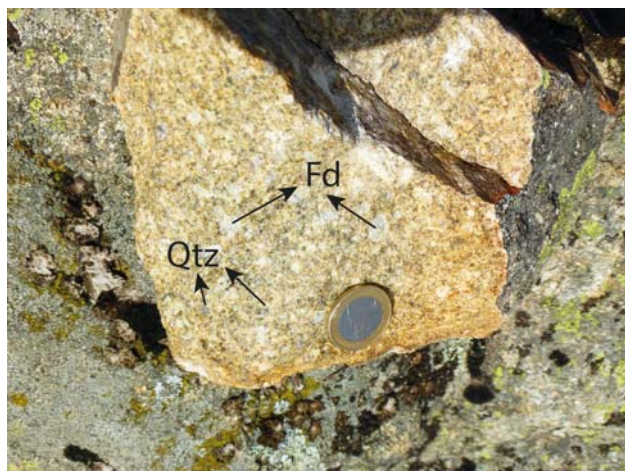
⁴ *Peridotita*: Pikor larriko arroka igneo oso dentsua, batez ere olibinoz eta piroxenoz eratutakoa. Mantuaren goiko aldeko arroka nagusia.

Pirinioetan kolisio prozesuak Euskokantauriar arroan baino iraupen luzeagoa du. Bestetik, kolisioan parte hartzen duten kontinente-lurrazalaren ezaugarriak ez dira berdinak. Pirinioetan kolisioa pareko lodiera duten bi kontinente-lurrazalen artekoa da (Frantzia eta Espainia), aldiz, Euskokantauriar arroan Iberiako kontinente-lurrazalaren lodiera parekoa litzateke baina, iparraldetik, Europako plaka (Kantauriar itsasoan) nabarmen meheagoa da. Baldintza horietan erraz uler daiteke Pirinioetako mendiak askoz altuagoak izatea eta bertan sakonagoko arroak azaleratzea, alde batean eta bestean kolisioan parte hartu zuten blokeak ez zirelako berdinak izan.

1 edo 1'. GELDIUNEA (X: 597833; Y: 4792002; Alt.: 557 m)

Argi dago aurrez aurre dauden tontorrak inguruko materialik gogorrenak direla higaduraren aurrean. Baina ibilaldia hasi den tokian granitoidea dago ere eta ekialderantz dagoena granitoidea da ere, eta ez du horren tontor alturik ematen. Granitoide guztia konposizio eta ezaugarri berekoa balitz antzeko erliebea emango luke, baina horrela ez denez, granitoidearen barnean izaera desberdineko arroak daudela iradokitzea logikoa da.

Tontor hauek izaera masiboa dute eta ikusten diren haustura-planoak diaklasak⁵ dira. Esku-lagina aztertuz gero pikor ertaina-finekoa eta ekigranularra dela esan daiteke. Plagioklasak eta feldespatok dira kristal handienak (<0.5 cm) eta izaera euhedrala⁶ dute, tamaina txikiagoko kuartzo, feldespato eta plagioklasa anhedralen⁷ artean (2. irudia). Kolore iluneko kristal isolatuak biotitak dira. Oro har, arroak kolore argia duela esan genezake. Kolore argiak eta duen osaera mineralogikoaren ondorioz *leukogranito* deritzo granitoide-mota honi, eta erakusten duen pikor tamainaren arabera pikor larriko, ertaineko edo txikiko leukogranito gisa izenda daiteke. Noizean behin, moskovita eta fluorita bezalako mineralak aurki daitezke, beti oso proportzio txikietan.



2. irudia. Leukogranitoaren esku-lagina. Mineral nagusiak kolore griseko kuartzo eta kolore zuriagoko plagioklasak eta feldespatok dira. Biotita da, noizean behin agertzen den koloredun mineral bakarra.

⁵ *Diaklasa*: Arroka gorputzetan era naturalean garatutako ahustura, haustura planoarekiko mugimendurik erakusten ez duena.

⁶ *Euhedral*: Ondo garatutako aurpegiak erakusten dituzten kristalak edo mineralak.

⁷ *Anhedral*: Aurpegian ondo garatuta ez dituzten kristal edo mineralak.

2. GELDIUNEA (X: 597973; Y: 4791619,57; Alt.: 480 m)

Aurreko geldiuoneko azaleramenduekin konparatuta erliebearen morfologia zeharo desberdina da, azaleramenduak bilatu egin behar dira, ez daude nonnahi. Erliebearen formak askoz ere leunagoak dira, belarrez edo zuhaitzez estalitako muino borobilduak. Hala ere, nahiz eta arrokkak lur eta landaretza geruza fin batekin estalita egon, noizean behin azaleratu egiten dira. Iparralderantz begiratuz gero oso erraz bereizten da izaerea desberdineko arroken arteko muga, Aritxulegiko failak markatzen duenez bapatekoa delako.

Azaleramenduetako arroken eskulaginak aztertzen direnean azaleramenduen arteko eta azaleramendu bateko arrokkak ere, oso desberdinak direla ikus daiteke. Oro har, gehienak leukogranitoa baino ilunagoak dira, biotita edo anfibola bezalako mineral ilunak proportzio altuagoetan agertzen direlako (3. irudia); baina badaude arroka argiagoak ere, leukogranitoaren antza dutenak. Arroka ilun eta argiagoak nahastuta ageri dira, txabolaren parean dagoen bideko trintxeran ikusten den bezala. Pikor fineko arroka berdeek alterazio-gradu handiagoa dute eta pikor larriagoko arroka argiagoak, aldiz, alterazio-gradu txikiagoa.

Inguru honetako pikor fineko arroka erlatiboki ilunen mineralogia kuartzoz, feldespatoz, plagioklasaz, anfibolez eta biotitaz dago eratuta, mineral osagarri modura ilmenita, esfena, allanita, zirkoia eta apatitoa agertzen dira. Arroka hauek erraz bereizten dira leukogranitoetatik ilunagoak direlako, biotita eta anfibola bezalako mineral ilun gehiago dituztelako, baina iluntasun-mailaren edo mineral ilunen kopuruaren arabera hiru arroka mota bereizten dira Aiako granitoaren barne. Hemen inguruan ikusten diren gehienak *granitoak* dira aldiz, plutoiaren gunerantz arrokkak gehiago iluntzen dira eta *granodioritak* edo oso ilunak diren *dioritak* eta *gabroak* bereizten dira.



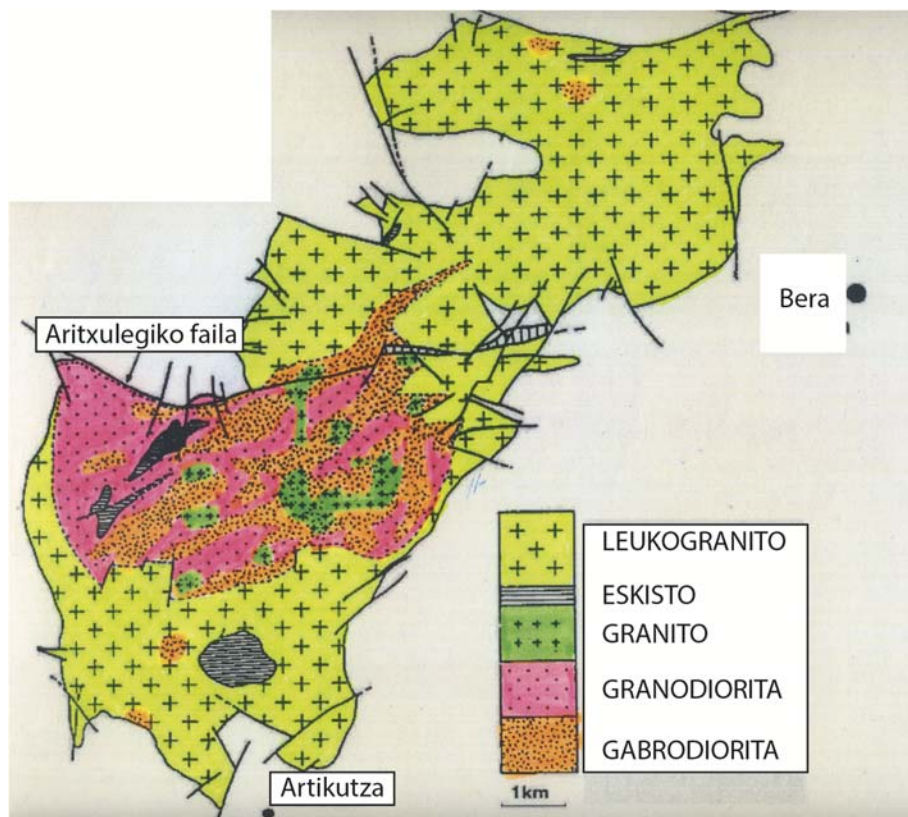
3. irudia. Granitoide mota desberdinen arteko ukipena, kolore argia leukogranitoari dagokio eta iluna diorita bati. Mikroskopioan dioritek leukogranitoak baino askoz mineral koloretsu gehiago dituzte, piroxenoak, anfibolak eta opakoak batez ere.

Gabro, diorita eta granodioritak piroxeno, anfibol, biotita eta plagioklasaz osatutako pikor fin-ertaineko arrokkak dira eta mantuko arroken fusioaren ondorio dira. Aldiz, kuartzoz, feldespatoz eta plagioklasaz eratutako leukogranitoak kontinente-lurrazalaren fusio partzialaren ondorio dira. Beraz, jatorri desberdineko bi magmek osatzen dute Aiako granitoidea, eta bigarren geldiuoneko azaleramenduak bi magmen arteko nahasketa eremuak izango lirateke.

Aiako granittoa eta sukaldaritza begetarianoa: Sukaldariek pure bat dastatuz osagaiak zeintzuk diren jakin dezaketen antzera geologoek granitoideen azterketa petrologikoaren bidez jakin dezakete zeintzuk izan diren granito hori sortzeko fusioa jasan duten mineralak eta bakoitzaren proportzioak. Ezagutza hori lortzeko laborategian “sukaldaritza-lana” egin dute, izaera desberdineko arroak labean tenperatura desberdinetan berotu dituztelako, nola eta zer galdatzen den eta zein izaerako magmak sortzen diren ikusteko.

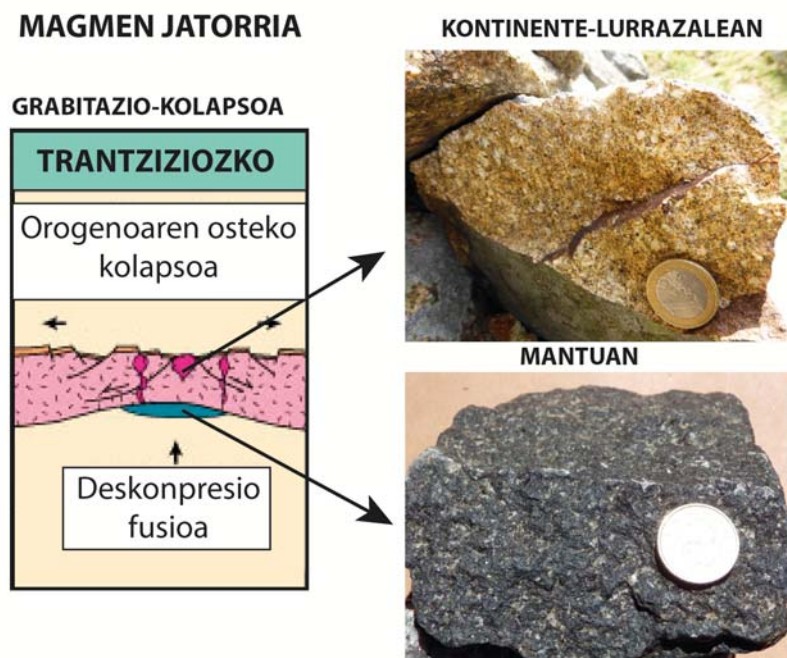
Patata, kalabazina eta kalabaza nahasten direnean kolore argiko purea lortzen da, eta kalabaza kopurua handitu ahala kolorea biziagotu egiten da. Aldiz, patatak, bainak eta azelga hostoak erabiltzen direnean purea askoz ilunagoa izango da. Era berean, mantuko arroken fusioa ematen denean piroxeno, anfibol eta plagioklasen fusioaz kolore iluneko magma garatuko da. Aldiz, kontinente-lurrazaleko fusioa gertatzen denean, kuartzoen, plagioklasen eta miken fusioz garatuko den magma askoz argiagoa izango da.

Prestatutako bi pureak bata bestearen gainean astiro botatzen badira, gehiago edo gutxiago nahastuko dira hainbat baldintzen arabera. Pureak gero eta zirinagoak izan edo tenperatura zenbat eta handiagoan elkartu gehiago nahastuko dira eta nahasketa homogeneoagoa sortuko da. Aldiz, pureak oso sendoak badira eta kontu handiz, hotzean nahasten badira, pureen arteko nahasketa oso txikia izango da, nahasketa heterogeneoa garatuz. Aiako granitoideari antzeko zerbait gertatu zaio, izaera eta osaera desberdineko bi magma elkarren ondoan jarri dira, magma ilun sendoa erdiko aldean eta magma argi arinagoa ertzetan (4. irudia) eta, bien artean, nahasketa-eremu bat garatu da.



4. irudia. Aiako granitoidearen barne bereizten diren arroka desberdinak erakusten duen mapa geologikoa (Pesquera, 1985).

Aiako granitoidearen ezaugarri geologiko orokorrak: Aiako granitoidea Bortzirietako mendigunean aurkitzen da eta Pirinioetako granitoideen artean mendebaldekoa da. Euskokantauriar arroan azaleratzen den bakarra da. Dituen dimentsioak kontutan hartuta (75 km² inguru) stock⁸ gisa sailkatzen da, geometria obalatu du NNE-SSW orientazioan luzatuta eta erditik, Aritxulegiko E-W failaren bitartez, bitan zatituta dago (4. irudia). Plutoiaren barruan aurki daitezkeen aldaera petrologikoak ugari dira, baina bi multzo nagusitan banatzen dira. Lehenengokoak, granitoidearen periferia estaltzen du, arruntagoa da iparraldeko erdian eta arroka azidoenak barneratzen ditu, kontinente-lurrazaleko fusio partzialaren bitartez sortutakoak. Bigarrenak, aldaera litologiko gehiago ditu, mantuko arroken fusio partzialaren ondorio diren gabroak, dioritak, granodioritak eta granitoak bereiztu dira, eta plutoiaren erdiko aldea betetzen du. Ugari dira eta oso hedatuta daude bi magmen artean nahasketa nabarmena egon dela adierazten dituzten ehundurak. Burututako datazio erradiometrikoek⁹ adierazten dute granitoidearen lekutzea orain dela 267 Ma gertatu zela, Permikoan, orogenia Hertziniarra bukatu ondoren. Kontinente-litosfera loditu zuten konpresio-indarrak desagertzean, mendikateak oreka isostatikoa berreskuratzeko jasaten dituen estentsioaren bidezko mehetze-prozesuarekin lotzen da granitoidearen jatorria. Kontinente-litosfera mehetzen denean mantuko zein lurrazaleko arroken deskonpresioa gertatzen da, hau da, sakonera txikiagoan kokatzen dira baina tenperatura mantenduz, eta baldintza berri hauetan abiatzen da arroken fusioa. Horrela sortu ziren Aiako granitoidea osatzen duten mantuko arroken fusio partzialetik eta, era berean, kontinente-lurrazaleko fusio partzialetik eratorritako magmak (5. irudia).



5. irudia. Aiako granitoideak prozesu orogenikoen ondorengo kolapsoaren ondorioz sortu ziren mantuko zein kontinente-lurrazaleko arroken deskonpresioaren eraginez.

⁸ Stock: azalean 100 km² baino gutxiago erakusten duen intrusio ignea.

⁹ Datazio erradiometriko: hainbat mineralen elementu erradioaktiboaren desintegrazio-abiadura oinarritutako datazio-metodoak.

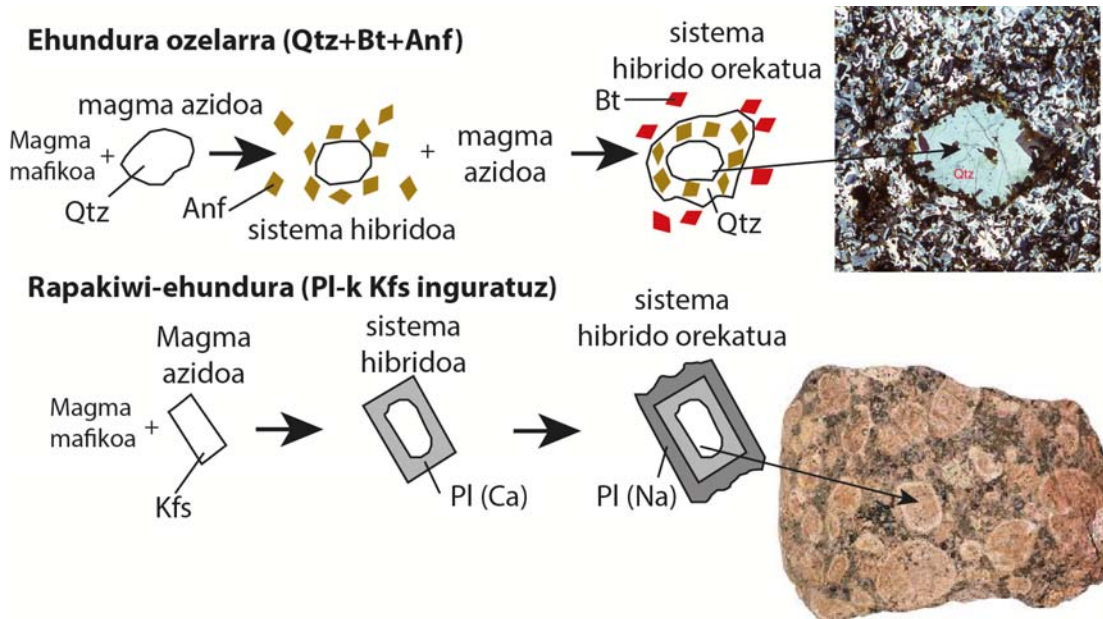
3. GELDIUNEA (X: 597692; Y: 4791653; Alt.: 417 m)

Beraz, argi dago oso jatorri desberdineko bi magma aurkitzen direla Aiako granitoidean, bata kontinente-lurrazalean du jatorria eta besteak mantuan. Baina biak toki berean aurkitzen direnez beraien arteko harremana aztertu daiteke. Izaera desberdineko bi magma elkartzen direnean beraien artean muturreko bi prozesu gerta daitezke. Alde batetik, bien artean nahasketa homogeneoa (*mixing*) gerta daiteke, ezaugarri propioak dituen hirugarren magma bat sortuz; kafea eta esnea nahasten direnean kafesnea sortzen den bezala. Bestetik, magmen arteko nahasketa heterogeneoa (*mingling*) gerta daiteke, erraz bereiztuz arrokaren zein eremu dagokion magma bati edo besteari. Olioia eta ura nahastean ere errez bereizten dira (6. irudia).



6. irudia. Magma azido eta basikoen arteko nahasketaz gerta daitezkeen bi muturreko prozesuak: nahasketa homogeneoa (*mixing*) eta heterogeneoa (*mingling*).

2. eta 3. geldiuenean artean bi nahasketa prozesuetako aztarnak aurkitzen dira. Nahasketa homogeneoa denean begi bistaz oso saila da prozesua bereiztea, granitoidea bi magmen arteko nahasketaz edo magma bakarraren ondorioz sortua ote den zehaztea. Baina magmak nahasten direnean bakoitzaren elementuen artean erreakzioak gertatzen dira eta hauek identifikatuz jakin daiteke magmen arteko nahasketa homogeneoa gertatu dela. Bidean zehar bi dira erraz ikus daitezkeen ehundura adierazgarriak; *ehundura ozelarra* eta *rapakiwi-ehundura*. Ehundura ozelarrean kuartzo argien inguruan mika edo anfibol txiki eta ilunen pilaketa gertatu ohi da (7. irudia). Aldiz, rapakiwi-ehunduran magma felsikoetan jatorria duten feldespato potasikoen inguruan magma basikoaren ondorioz sortutako plagioklasak garatzen dira (7. irudia).



7. irudia. Nahasketa homogeneousaren bitartez sortutako ehundura bereizgarriak, geldiunean ikus daitezkeenak.

3. geldiunean aldiz, parkinaren inguruko azaleramenduetan nahasketa heterogeneoaren aztarnak erraz bereziten dira. Bi magmen arteko mugak lerro baten bitartez bereiz daitezke.

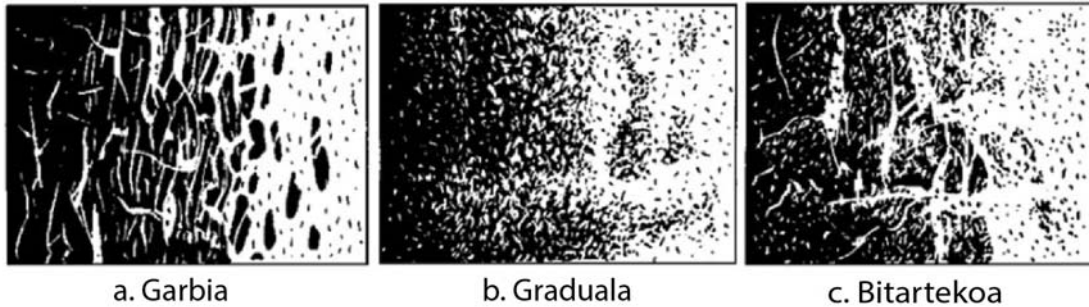
4. GELDIUNEA (X: 597463; Y: 4791795; Alt.: 411)

Aiako granitoideak duen berezitasunetarikoa bat fluoritaren agerpena da. Ez da ohikoa granitoideek fluorita barneratzea, baina hemengo kimismoa egoika da berau garatzeko. Ez da oso erraza fluoritak granitoan zehar aurkitzea baina azaleramendu honetan ugari aurkitu izan dira.

5. GELDIUNEA (X: 597366; Y: 4791842; Alt.: 407m)

Intrusio magmatikoen eta inguruko arroken artean bi ukipen mota nagusi bereiz daitezke. Inguruko arroak granitoidea baino gazteagoak direnean, gainean diskordanteki¹⁰ kokatuta agertuko dira. Aldiz, zaharragoak direnean granitoidea arroka ostalarietan lekutu edo intruitu egiten dela esaten da. Kasu hauetan, plutoia eta arroka ostalariaren arteko mugaren arteko ezaugarriak muturreko bi aukeren artean egon daiteke (8. irudia): garbia izan daiteke edo, bestela, graduala. Alde batetik, garbia izan daiteke magmaren eta ostalariaren arteko kontrastea oso handia delako eta magma azkar hozten delako. Bestetik, bi arroka moten ezaugarriak (temperatura, konposizioa,...) zenbat eta parekoagoak izan muga gradualagoa eta lausoagoa izango da.

¹⁰ Diskordantzia: Etengune estratigrafiko mota. Etengune-gainazala higakorra da eta azpiko eta gainekeo materialen artean angelu bat sortzen da. Diskordantziek faase-tektonikoa adierazten dutenez, azpiko geurazak deformatuta azalduko dira.



8. irudia. Granitoide eta ostalarien arteko muga motak bereizteko erabiltzen den erizpiderik ohikoena (Compton, 1962).

Aiako granitoideraren eta inguruko arroken arteko muga garbia da, zalantzarik gabe (9. irudia). Horrek adierazten du granitoidearen hozketa azkarra izan zela, temperatura desberdintasuna zenbat eta denbora gehiago iraun gero eta handiagoak izango direlako ostalariaren eta granitoidearen arteko mugan gertatzen diren nahasketa-prozesuak.



9. irudia. Granitoaren eta arroka ostalarien arteko muga garbia 5. geldinean.

Leukogranitotik gertu karreteran ikusten diren arrokek 4-5 zentimetrotara iristen ez diren klastoz osatutako konglomeratuak, batez ere kuartzoko pikorrak erakusten dituen grauvacka argi bat eta hareharriak dira. Horiekin batera, granitoidea inguratuz ageri diren arroka Devoniko eta Karbonifero guztiak granitoidearen arroka ostalaritzat jotzen dira. Beraz, arroka horiek granitoidea baino zaharragoak dira, bertan zeudelako granitoidea barneratu zenerako; ondorioz Euskal Herriko arroka zaharrenak ez dira Aiako granitoideak baizik eta horiek inguratuz aurkitzen diren paleozoikoko arroka ostalariak.

Ukipenaren inguruko arroka ostalariak aztertuz gero badirudi ez dutela granitoidearen inolako eraginik jaso, granitoidea intruitu aurretik zuten ehundura eta mineralogia nagusia mantentzen baitute.

6. GELDIUNEA (X: 597212; Y: 4791857; Alt.: 391m)

Aiako granitoideak "elgorria" kutsatzen die inguruko zenbait arrokei; ukipen-metamorfismoa: Egoera magmatikoan dagoen intrusioa lekutu egiten denean inguruko arrokek baino beroago dago eta arroka horiek berotzeko ahalmena du. Arroka ostalariaren tenperatura igotzean aldaketa mineralogikoak eragiten dituzten erreakzio metamorfikoak eta arroka ahundura-aldaketak gerta daitezke, prozesu horiei guztiei *ukipen-metamorfismo* deritze.

Geldiunean azaleratzen diren zenbait arroketan inolako antolaketarik ez duten puntu edo mota ilunak erraz bereiz daitezke, "elgorria" dutela dirudi. "Elgorriaren puntuak" zenbait arroketan oso ugariak dira, zirkularrak, orientatu gabeak eta 1-2 mm-ko tamainakoak (10. irudia), baina ez dira arroka guztietan agertzen, batzuk ez direla kutsatu dirudi. Motak pikor fineko eta fabrika¹¹ planokara nabarmena duten krema koloreko arroketan garatzen dira.



10. irudia. Ukipen-metamorfismoaren eraginez konposizio egokiko arroketan garatutako nodulu edo "spot"-ak.

Baina, orduan, zergaitik pairatzen dituzte arroka hauek ukipen-metamorfismoaren eragina eta aldiz granitoidetik gertuago daudenak ez? Argi dago granitoideraren eta arroka hauen artean kokatutakoak tenperatura igoera berdina edo handiagoa pairatu zutela, granitoidetik urruntzean tenperaturaren igoera progresiboki murrizten baita. Gakoa arroken konposizioan dago. Kuartzoz eta feldespatoz soilik eratutako arrokek ez dira egokienak erreakzio metamorfikoak garatu eta aldaketa mineralogikoak sortzeko. Aldiz, arroken izaera pelitikoagoa denean, hau da, buztin-mineralak ere arruntak direnean erreakzio metamorfikoak erraztu egiten dira eta aldaketa mineralogikoak askoz arruntagoak dira. Beraz, tenperatura-gehikuntza berdinarean aurrean zenbait arroketan aldaketa mineralogikoak gara daitezke eta beste zenbaitetan ez, arroka konposizioaren arabera.

Ukipen-metamorfismoa jasan duten arrokei *korneana* deritze eta jasandako tenperatura gehikuntzaren arabera korneana mota desberdinak bereizten dira. Aiako granitoidearen inguruan garatutako gradu handieneko korneanek zenbait zentimetroetako andaluzitik garatzen dituzte eta Artikutzako urtegiaren inguruan eta Domikon ageri dira (hornblendadun

¹¹ *Fabrika*: Arroken egitura osatzen duten elementu guztien ordenamendu geometrikoa. Fabrikaren elementuak planoak, lerroak edota plano eta lerroak izan daitezke.

korneanak). Hemen ikusten ditugunak gradu baxuagokoak dira, mineral opakoen pilaketaz osatutako nodulu edo "spot" zirkularrak baino ez dira garatzen (arroka motadunak deritze) eta albita-epidota korneanen taldean kokatzen dira.

Ukipen metamorfismoa eta eskualde metamorfismoa: Egoera solidoan arroketan gertatzen diren aldaketa mineralogikoei edota ehundura-aldaketei deritzo metamorfismoa. Aldaketak, nagusiki, tenperaturaren, presioaren eta kimikoki aktiboak diren fluidoen ondorio dira. Arroka metamorfikoak, oro har, diagenesiaren¹² (200°C) eta fusioaren (850°C) arteko baldintzapean sortzen dira. Metamorfismo mota desberdinak daude baina arruntenak *eskualde-metamorfismoa* eta *ukipen-metamorfismoa* dira.

Eskualde-metamorfismoak kontinente-lurrazaleko oso eremu zabaletan du eragina eta plaken arteko muga konbergenteetan sortutako mendikateetan garatzen da, batez ere. Beraz, eskualde-metamorfismoak lotura zuzena du deformazioarekin eta arroka metamorfikoek, sarri askotan, deformazioz sortutako egitura planokarak garatzen dituzte.

Ukipen-metamorfismoa, aldiz, arroka igneo intrusiboen aldamenean garatzen da, batez ere, magma-intrusioek inguruko arroketan eragiten duten tenperatura gehikuntzaren ondorioz. Ukipen-metamorfismoaren eragina jasaten duen intrusioaren inguruko lurraldeari *aureola-metamorfiko* deritzo, eta bertan eratutako korneanek ez dute deformazioarekin lotutako egituraren aztarnarik erakusten.

Bortzirietako mendigunea osatzen duten arroka paleozoikoek gradu baxu edo oso baxuko eskualde-metamorfismoaren eragina aurkezten dute, orogenia Hertziniarrearren garatutako. Aiako granitoidearen inguruko lehendabiziko 100-1000 m-tan, eskualde-metamorfismoaren gainean ukipen-metamorfismoaren eragina somatzen da, konposizio egokia duten arroketan.

Aiako granitoidearen arroka ostalariak, Bortzirietako mendigune Paleozoikoa: Bortzirietako mendigunea Pirinioko eremu axialaren mendebaldean dagoen azaleramendua da. Goi-Devoniarrean eta Behe-Karboniferoan metatutako arroka osatzen dute, nagusiki hareharriak, karearriak, dolomiak eta konglomeratuak, gehienak flysch detritiko bati dagozkionak. Bereizgarri modura, material hauetan Namuriarreko (Karboniferoa) itsas-fosilen aztarnak eta jatorri kontinentaleko landare-aztarnak aurkitu dira, kostaldea gertu zegoenaren seinale. Material horiek gradu baxuko eskualde-metamorfismoa dutenez pikor finenekoak arbel, filita edo, gehien jota, eskistoetara eraldatuta daude.

7. GELDIUNEA (X: 596009; Y: 4791787; Alt.: 236)

Buntsandsteineko hareharri eta lutita gorriak, Euskokantauriar arroko materialik zaharrenetariakoak: Bortzirietako mendigune ia osoa inguratuz geldiene honetan ikusten diren moduko hareharri eta lutita gorriak edo, ibilbidean agertzen ez diren konglomeratu gorri bereizgarriak azaleratzen dira (11. irudia). Hareharriek pikor larria dute begi bistaz bereziteko

¹² *Diagenesi:* Sedimentuetan edo jada arroka sedimentario direnetan beste arroka sedimentario bat sortzeko gertatzen diren aldaketak arroka sorrera prozesuan zehar (litifikazioa) edo sortu ondoren, beti metamorfismoaren eremuan sartzeko behar diren baino tenperatura eta presio baxuagoetan.

modukoa, 5-30 cm bitarteko geruzak eratzen dituzte eta kuartzo edo moskoviten pikorrak erraz ikusten dira.



11. irudia. Triasikoko Buntsandstein faziesa osatzen duten materialik arruntenenak, denek bereizgarri modura kolore gorrixka dute.

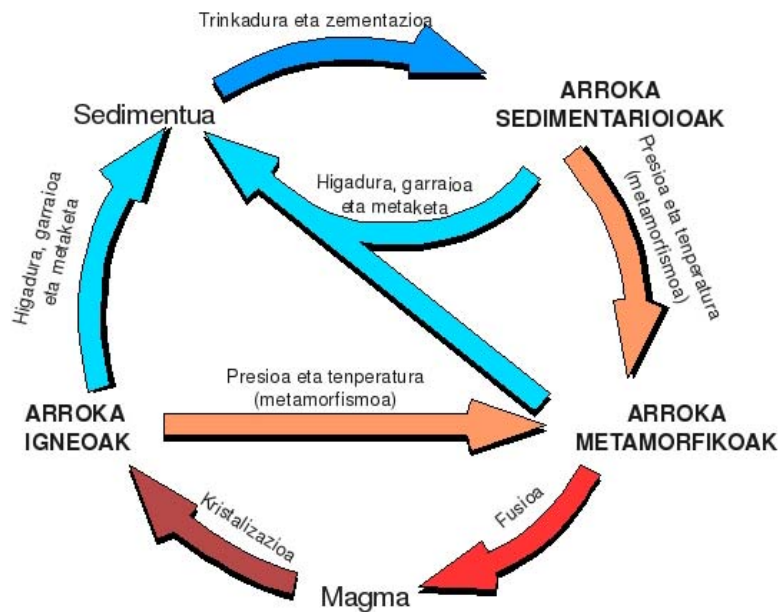
Ohikoa da, hareharrizko geruzetan alubioi-abanikoetan sortzen diren moduko laminazio gurutzatuen¹³ eta paraleloen aztarnak bilatzea eta, noizean behin, tamaina handiagoko kantu borobilduren bat ere aurki daiteke. Hareharriekin tartekatuta askoz pikor tamaina txikiagoko geruzak ere aurkitzen dira, begi bistaz ezin da ezer bereiztu eta hareharriak baino askoz ere ukipen leunagoa dute. Pikor tamaina honetako arroka detritikoak lutitak bezala sailkatzen dira.

Mota honetako arrokek osatzen duten sekuentzia sedimentarioari Buntsandsteineko faziesa deritzo eta Euskokantauriar arroaren arroka zaharrenetarikoak dira, Pangearen apurketa eta sakabanaketaren ondorioz sortu zireneko lehenengoetariko arroak. Pangearen apurketa abiatu zenean kontinente-lurrazalean faila normalek mugatutako arro luze eta estuak garatu ziren, aurretik sortutako erliebe nabarmenaren higakinak jasotzen zituztenak. Buntsandsteineko materialak baldintza kontinentaletan metatu ziren, ibai eta erreken garraio-gaitasunaren eraginpean. Ibaien garraio-energia handia zenean tamaina handiagoko legarrak ere garraiatzen zituen, energia motelagoarekin harea tamainako pikorrak, eta garraio-energia txikiarekin buztin-tamainako pikorrak baino ez. Horrela, garraio-energiaren araberako inguruneetan metatzen dira Buntsandsteineko konglomeratuak, hareharriak eta lutitak. Arroken kolore gorri bereizgarria sedimentazio garaiko baldintza klimatikoekin dago lotuta. Sedimentazioa baldintza lehor eta idorretan gertatzen denean, meteorizazio kimikoa urria izan ohi da eta metatutako materialek oxidazioz kolore gorrixka bereganatzen dute.

Arroken zikloa, arroka plutoniko, metamorfiko eta sedimentarioak: Ibilbidean zehar arroken zikloa osatzen duten arroka mota guztiak ikusten dira. Arroken zikloa denbora geologikoan zehar hiru arroka mota nagusien (sedimentarioak, igneoak eta metamorfikoak) arteko harremanak azaltzen dituen oinarritzko kontzeptu geologikoa da (12. irudia). Arroka mota

¹³ *Laminazio gurutzatu:* Geruza batean geruzapenarekiko okertuta ageri diren planoak, korronteen fluxuaren norabidearen, sedimentuen metatze-angeluaren eta sedimentuen proportzioaren ondorio dena.

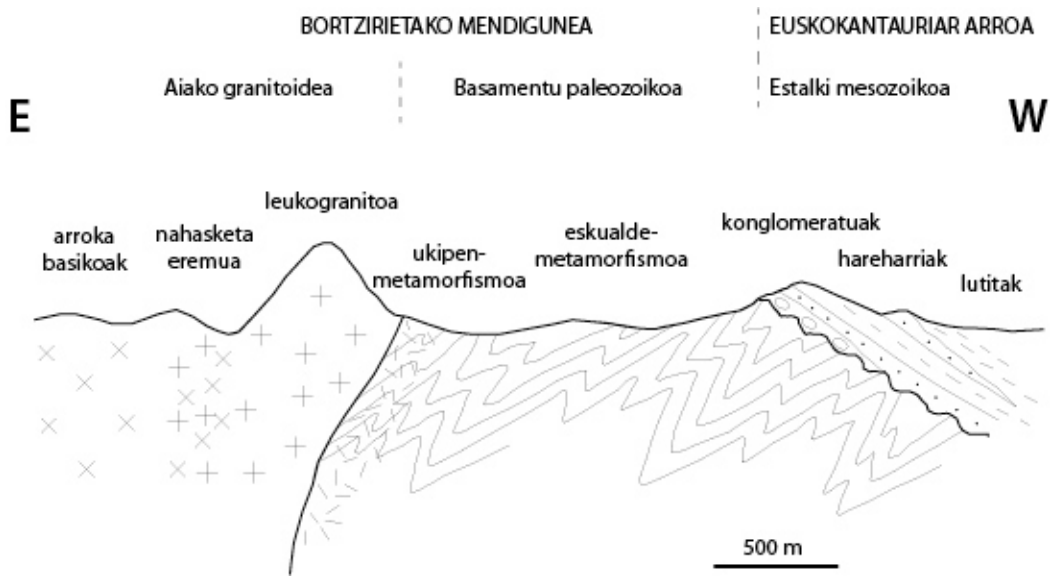
bakoitzak bere izaera aldatzeko gaitasuna du, arroka sortu zeneko oreka-baldintzak aldatu egiten direnean. Oreka-baldintzak aldatu egiten dira Lurraren izaera dinamikoari esker, plaka tektonikaren eta uraren zikloaren bitartez arrokek baldintza oso desberdinen eraginpean aurki daitezke, eta baldintza berrietara egokitzeko bere izaera, halaber, aldatu beharrean aurkitzen dira.



12. irudia. Arroren zikloaren adierazpen grafikoa.

Ikusitako arroka plutoniko, metamorfiko eta sedimentarioen arteko erlazio geometrikoak: Bereiztu diren hiru arroka-mota nagusien arteko erlazio geometrikoak oso era errazean islatu dira 13. irudiko zehar-ebaki eskematikoan. Arrokarik zaharrenak Bortzirietako mendigunearen arroka metamorfikoak dira eta orogenia Hertziniarrean jasan duten deformazio eta metamorfismoaren ondorioz oso tolestuta irudikatu dira. Orogenia Hertziniarreko mendikate izugarria sortu zuten konpresio-indarrak desagertu zirenean, orogenoa kolapsatu¹⁴ egin zen galdutako kontinente-lurrazalaren lodiera arruntaren bila, eta prozesuan zehar sortutako baldintza termikoek Aiako granitoidearen bi faziesetako sorrera eta lekutzea ekarri zuten. Aiako granitoideak aurretik deformatuta eta metamorfizatuta zeuden arroka zaharragoetan lekutu eta bere inguruan ukipen-metamorfismoko aureola sortu zuen. Ondoren, higadurak eta estentsio-indarrak aurrera egin ahala Buntsandsteineko konglomeratu, hereharri eta lutita gorriak failek garatutako sakonunetan metatu ziren, diskordanteki basamentu paleozoikoaren gainetik. Bukatzeko, orogenia Alpetarrak inguru honetan Buntsandsteineko geruzen kulunkamendua baino ez du eragin, horizontal zegoena 25-35°-ko okerdurara eraman eta gaur egun ikusten dugun egitura sortu (13. irudia).

¹⁴ *Orogenoaren kolapso:* Orogenoa sortu duten konpresio-indarrak ahuldu edo desagertzean orogenoaren kontinente-lurrazalak bere ohiko lodiera berreskuratzeko duen joeraren ondorioz garatzen diren estentsio-indarrekin lotutako prozesu geologikoak.



18. irudia. Ibilbidean zehar ikusitako materialen arteko erlazio geometrikoak azaltzeko irudikatutako zehar-ebaki eskematikoa. Ez dago eskalan egina.