

# Metakin bolkanikoen ohiko osagaiak, ehundurak eta egiturak

*Maidor Etxebarria Akaiturri\**

*Arturo Apraiz Atutxa\**

*Miren Mendia Aranguren\*\**

*Arantza Aranburu Artano\*\**

\*Geodinamika Saila, \*\*Mineralogia eta Petrologia Saila  
Euskal Herriko Unibertsitatea/Zientzi Fakultatea  
P.K. 644, 48080 BILBAO

**Laburpena:** Arroka bolkaniko eta bolkanoklastikoen osagai, ehundura eta egitura be-  
reziak izaten dituzte, hauen artean daude fenokristalak eta ehundura porfirikoa, krista-  
lak eta kristalen zatiak, bakuoloak, beira bolkanikoa, desbeiratze-egiturak, perlitak,  
pumita eta eskoria, eta abar. Ezaugarri horiek ez dira diagnostikoak izaten sorrera-  
-prozesua definitzeko orduan, ezaugarri bat baino gehiagoren konbinazioak ematen  
baitu sorrera-prozesuaren berri. Artikulu honen helburua da osagai, ehundura eta egi-  
tura horiek aztertzea.

## SARRERA

Lurralde bolkanikoak aztertzen direnean eskala ezberdineko bi ikerke-  
ta-esparru uztartu behar dira. Batean arroka aztertzen dira (azalaramen-  
duak, esku-laginak eta xafla meheak) eta hauen osagaiak, ehundurak edo  
egiturak aztertuz arroka jatorriari buruzko informazioa lor daiteke. Bes-  
tean, litofazieak kartografiatu eta sailkatu behar dira magmatismoari buruz-  
ko interpretazio genetikoak burutu ahal izateko.

Bi eskala hauetan lan egiteko beharrezkoa den informazioa eskaintzea  
da artikulu honen eta ondoren etorriko den bigarren baten helburua. Estrei-  
neko honetan ez da sailkapen logikorik aurkeztuko, lurralde bolkanikoen  
interpretazio eta deskribapenerako garrantzitsuak diren ezaugarriak nabar-  
mentzea nahikoa dela uste baitugu. Hemen aurkeztuko ditugun ehundurek  
edo egiturek, isolaturik, ezin dute magmen prozesu genetikoari buruz gauza  
handirik esan, baina haiek konbinatuz posible da magmen kokapen-proze-  
suak finkatzeko beharrezkoa den metakin bolkanoklastiko eta laba-koladen  
arteko bereizketa egitea.

## **FENOKRISTALAK ETA EHUNDURA PORFIRIKOA**

Ehundura porfirikoa fenokristal euhedral edo subhedralez eta pikor-taina finagoko matrizeaz osatuta dago (3.A. irudia). Laba koherenteetan, intrusio sinbolkanikoetan eta hauetatik eratorritako klastoetan agertzen da eta laba koherenteak metakin bolkanosedimentarioetatik bereizteko ezau-garri nagusietakoa da. Mota honetako ehunduraren kasuan magma bi estadiotan hoztu dela ulertzen da. Fenokristalak, batez ere, magma motelki azaleratzen denean eratzen dira eta matrizea, aldiz, magmaren azaleratzearekin batera gertatzen den hozte azkarraren bitartez. Ehundura glomeroporfirikoaren kasuan fenokristalak multzoetan bilduta egoten dira.

Fenokristalak eraketa-prozesu lasaiaren eraginez euhedralak edo subhedralak izan ohi dira, baina batzuetan xurgapen-ertzak, golkoak edo erreakzio-koroak aurkezten dituzte, inguruko baldintza fisiko-kimikoen aldaketen seinale. Xurgapen-golkoek kristalaren eta magmaren arteko desoreka adierazten dute eta erabilgarriak izaten dira xenokristalak bereizteko. Azken hauek ez dira magma ostalarian sortutako kristalak, akzidentalki kanpoko iturri batetik gehitutakoak baino.

Ehundura porfirikoa erakusten duten arroka batez ere laba-koladetan agertzen badira ere, hauen jatorria ziurtatzeko inguruko arroken litofazieetako datuak biltzea, beharrezkoa da, metakin piroklastikoetan ere definitu baitira.

## **KRISTALAK ETA KRISTAL ZATIAK**

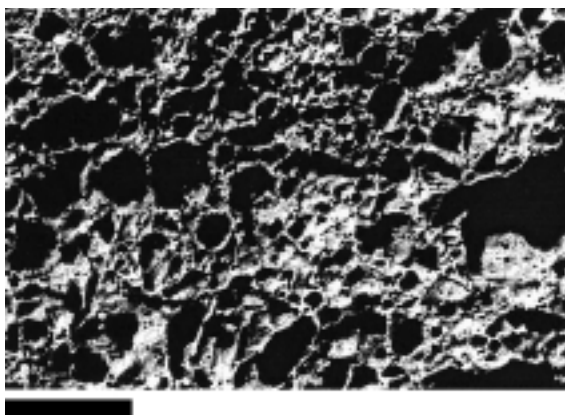
Metakin bolkanoklastikoen mota askotan agertzen dira kristalak eta kristal zatiak. Berauek, erupzio leherkorretan isolatu ondoren, magma porfirikoetatik eta arroka ostalari kristalino edo porfirikoetatik eratorriak dira. Metakin piroklastikoetan kristal euhedralen zati angelutsuak arruntagoak izaten dira kristal euhedral osoak baino. Hona hemen arroka bolkanosedimentarioen kristalen eta kristal zatien jatorri posibleak:

1. Laba porfirikoen erupzio leherkorretan kristal osoak eta hauen zatiak askatzen dira.
2. Arroka ostalariak diren arroka igneo eta metamorfikoen zatiketaz eta apurketaz ere sor daitezke.
3. Azaleko arroka bolkanoklastiko edo labikoen higaduraz eta meteorizazioaz ere ager daitezke kristalak, eta sedimentazio-prozesuen eraginez, eite borobildua izaten dute.

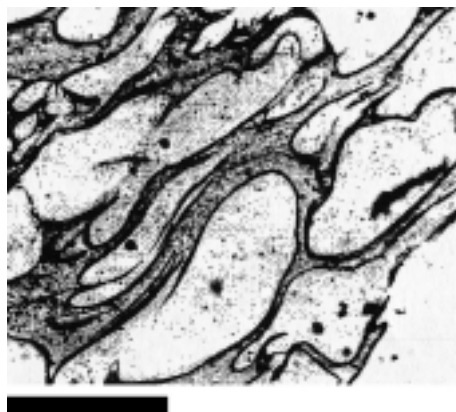
Metakin bolkanoklastikoetako kristalen osaerak iturriko magma porfirikoarena islatzen du, mineralen arteko proportzioak aldatuta egon arren. Hala ere, egun arroka bolkanosedimentarioek aurkezten dituzten mineralen arteko proportzioak mendian arroka-unitate ezberdinak bereizteko erabiltzen dira.

## **BAKUOLOAK**

Laba, intrusio eta gogorki soldatutako tobetako (**densely welded tuffs**) elementu hegazkorrak bakuolo deritzen burbületan pilatzen dira. Lurrun-burbuilez ere era daitezke erupzio leherkorretan eratutako errauts-metakin hezeetan (1. irudia). Hauek mineral sekundarioez partzialki edo guztiz beteta daudenean, amigdala esan ohi zaie (2. irudia).



**1. irudia.** Bakuolo biribildun basalto eskoriazeoa. Eskala-barrak 1 cm-ko luzera du.



**2. irudia.** Zapaldutako amigdaladun pumita. Eskala-barra = 1 cm.

Bakuoloak mota guztietako laba-koladetan ager daitezke. Haien tamaina, geometria eta ugaritasuna, batez ere, ondorengo baldintzen menpe dago: magmaren elementu hegazkorren jatorrizko edukia, deskonpresio-

eta difusio-tasa, koaleszentzia eta alboko bakuoloen interferentzia eta jarioan zehar gertatutako deformazioa.

Pipa-bakuoloek geometria berezia dute eta barrunbe zilindriko estuak eratzen dituzte. Hauek arruntak dira pahoehoe laba-jarioen oinaldean, sill eta dikeetan eta erradialki kuxin-labetan (berauean erradialki orientatuta egoten dira).

Ur azpiko labetako bakuoloen tamaina eta ugaritasuna ur-zutabeak eragindako presioaren arabera izaten da. Zenbat eta magmak sakonera txikiagoan azaleratu bakuolo gehiago izaten dituzte labek eta; beraz, bakuolo-proportzioa osaera bereko kolada ezberdinen arteko sakonera erlatiboa kalkulatzeko erabil daiteke. Hala ere, osaera ezberdineko koladetan edo banatutako laba-sekuentzien arteko sakonera erlatiboa ezin da kalkulatu, bakuoloen agerpena beste baldintza askoren menpe ere badago-eta.

## **BEIRA BOLKANIKOA**

Silizean aberatsak diren galdatuen hozte azkarrak beira bolkanikoa sorrarazten du. Beira bolkanikoak bakuolorrak, partzialki bakuolarrak edo bakuolorik gabekoak izan daitezke.

Hoztean zehar eta kristaltze azkarreko tartetan forma bereizgarria duten kristal txikiak sor daitezke beirarekin batera: eskeletikoak, dendritikoak, igitai itxurakoak, luma-sortak edo izar itxurakoak, barrak, eta abar [1, 2, 3, 4]. Kristaltxo hauek magmak solidotu aurretik zeukan jarioarekiko paralelo orientatuta egon daitezke.

Arrunta izaten da zenbait prozesuren eraginez jatorrizko beiraren ehundura eta osaera partzialki edo guztiz aldatzea:

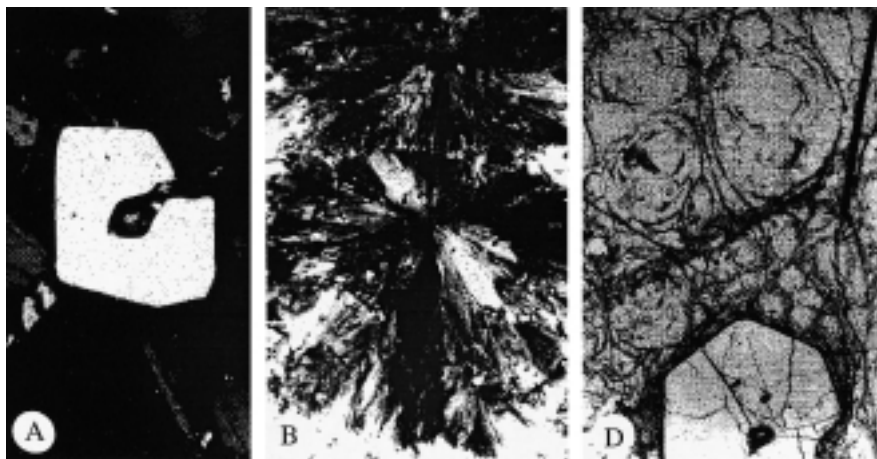
1. Beiraren hozte geldoak edo birberotzeak beiraren desbeiratzea eragiten dute.
2. Beiraren hidratazioak haustura perlitikoak eragiten ditu.
3. Diagenesiak, metamorfismoak edota alterazio hidrotermalak, buttin, zeolita, serizita edo kloritaz osatutako mineral berriez osatutako agregatuetara eralda dezake beira.

Beira basaltikoen artean bi mota nagusi daude. Alde batetik, sideromelana deritzona isotropoa, gardena eta kolorgea edo horia da. Honen tenperatura baxuko hidratazio edo alterazioaren eraginez, palagonita sortzen da. Bestetik, takilita dago, partzialki kristalinoa da eta barneratzen dituen Fe- eta Ti-oxidozko mikrolito ugariak opako bihurtarazten dute. Alterazioaren aurrean ez da sideromelana bezain sentikorra, nagusiki kristalez osatuta baitago. Magma azidoen hozte azkarrak aldiz, obsidiana deritzon beira berezia eratzen du.

## **DESBEIRATZEA**

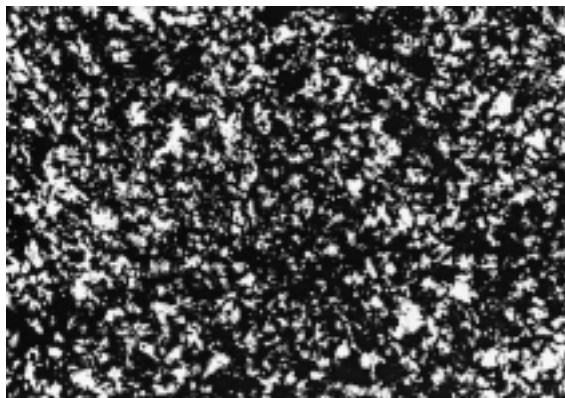
Beira bolkanikoa termodinamikoki izaten da eta desbeiratzeko edo alterazio-mineralez (zeolitak, filosilikatoak edo palagonita) ordezkaturia izateko joera du. Desbeiratzearen eraginez, kristal berrien nukleazioa eta hazkuntza gertatzen da subsolidus-tenperaturetan. Prozesu hau beira koherente beroaren hoztearekin batera gertatzen da, eta ondorioz, laba, sakonera txiki-kiko intrusio eta gogorki soldatutako metakin piroklastikoen gainean du eragina.

Desbeiratze-tasa tenperaturaren eta arroaren ur-eduki eta alkali-edukiaren menpe dago. Zenbat eta arroak jasaten duen tenperatura altuagoa eta ur- eta alkali-edukia handiagoak izan azkarragoa izaten da desbeiratzea.



**3. irudia.** Erriolitetako ehundurak: A) Ehundura porfirikoa. Kuartzozko fenokristala, korrosio-golkoduna. B) Esferulitoak eta D) Perlita-zartadurak kuartzozko fenokristaldun beiran.

Beira azidoen tenperatura altuko desbeiratze-prozesuan zehar egitura bereziak sortzen dira: esferulitoak, litofisak, eta pikor fineko kuartzoez eta feldespatoez osatutako ehundura poikilitikoak dira adierazgarrienak (3. irudia). Jatorrizko desbeiratzeak eragindako egitura hauek aldatu edo desagertu egiten dira birkristaltzearen eraginez kuartzo eta feldespatozko mosaikoa eratzen denean (4. irudia). Ondoren desbeiratze-prozesuen eraginez sortutako produktu arruntenean ezaugarri bereizgarriak deskribatuko dira.

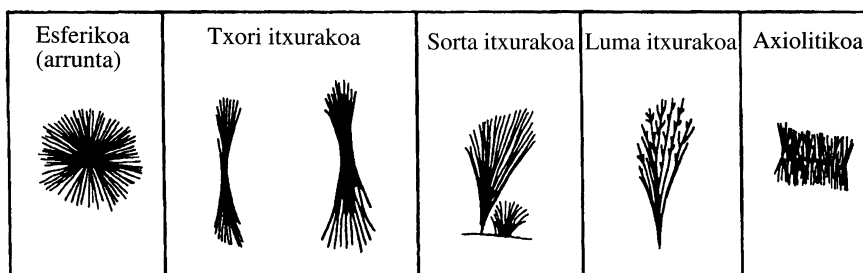


**4. irudia.** Ehundura feltsitikoak. Argazkiaren luzera 0,85 mm-koa da.

### Esferulitoak

Esferulitoak erradialki kokatutako kristal zuntsuen sortak dira (3. irudia). Zuntz bakoitza kristal bakarrari dagokio eta kristal bakoitzaren orientazio kristalografikoa apur bat aldatzen delako sortzen da ehundura hau. Beiraren tenperatura altuko desbeiratzearen produktu bereizgarriak dira. Beira azidoetan esferulitoak feldespatu alkalinoez edo/eta kuartzoz eratuta egoten dira eta arroka mafikoetan aldiz, plagioklasez edota piroxenoz.

Esferulitoak ez dira esferikoak izaten beren hazkuntza osoan zehar [5, 6] (5. irudia). Lofgrenek [5] beira erriolitikoetako esferulitoen morfologia sorrera-tenperaturaren arabera dela frogatu zuen (5. irudia). Era berean, esferulitoak osatzen dituzten zuntzak ere zabalagoak izaten dira zenbat eta tenperatura altuagoan eratu. Esferulitoak normalean 0,1-2 cm-koak izaten dira, baina handiagoak ere izan daitezke (10-20 cm-koak ignimbrita

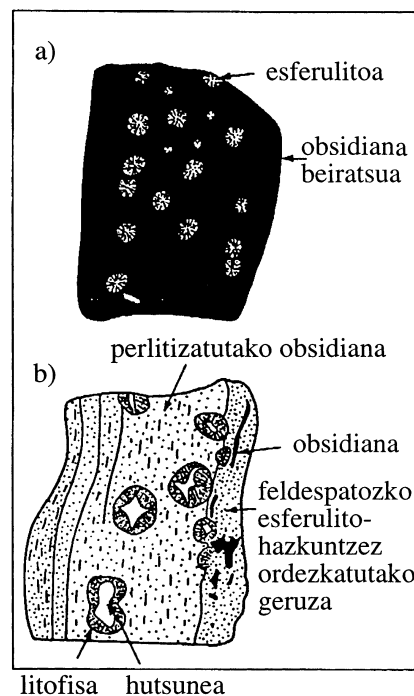


**5. irudia.** Esferulitoek aurkez ditzaketen morfologia ezberdinak.

soldatuetan). Zuntzen barne-egitura kuartzoz eta feldespatoez osatutako mosaiko batera eralda daiteke alterazioaren, metamorfismoaren edo deformazioaren eraginez.

### **Litofisak**

Litofisak erdian hutsune bat duten esferulito bereziak dira. Arroka bolkanikoen hozte-prozesuaren estreineko urratsetan sortzen dira, beira beroak era harikorrean deformatzeko gaitasuna galdu aurretik. Esferulitoen kristaltzea aurrera doan heinean, hutsuneak hedatu egiten dira elementu hegazkorren eraginez. Erdiko hutsuneak biribilak edo izar itxurakoak izan ohi dira eta hutsik gera daitezke edo agata eta kaltzedonioa bezalako mineralek azala edo hutsune osoa estal dezakete (6. irudia) Litofisak 10 cm-tatik gorako tamaina izan ohi dute. Esferulitoen moduan tenperatura altuan gertatutako beira azido koherenteen desbeiratzeaz sortzen dira eta, batez ere, laba beiratsuetan eta soldatutako metakin piroklastikoetan agertzen dira.



**6. irudia.** A) esferulito zuriak obsidiana beltzean, elur-maluta obsidiana deritzona. B) Litofisak perlitizatutako jario-foliaziodun obsidianan.

## **Ehundura mikroikilitikoa**

Ehundura-mota honetan kristal irregular txikiek (< 1 mm) beste mineral baten kristal txikiagoak izaten dituzte barruan. Erriolitetan arruntak dira feldespatozko kristaltxoak edo esferulito zatiak barnean dituzten kuartzoak. Egitura honi elur-maluta ehundura deritzo [7].

Ehundura garatzen hasten denean, kuartzo mikroikilitikoen ertzak ez dira ondo definituta egoten, baina denbora aurrera joan ahala, feldespatoak (eta honen alterazioaz sortutako serizita) kuartzoaren ertzetan eta hauen arteko hutsuneetan biltzen dira, pikorren arteko mugak markatuz.

Ehundura mikroikilitikoa hozten ari den beiraren desbeiratzearen estreineko urratsetan sortzen da, arroka beiratsu koherenteetan (labak eta azaleko intrusioak) zein soldatutako ignimbritetan [7, 8]. Ehundura mikroikilitikoa batez ere silizean aberatsak diren labetan sortzen da, ur-eduki handia eta hozte geldoa jasan dutenetan bereziki.

## **PERLITA**

Arku itxurako, arinki kurbatutako eta gurutzatutako zartadurak dituen beira bolkaniko berezia da (3. irudia). Zartaduren arteko beirak, ez du pairatzen ordea inolako aldaketarik ez apurketarik. Zartadura perlitikoak beira solidoaren hidratazioaz sortzen dira, hidratazioaren eraginez beiraren bolumena handitu egiten baita. Bolumenaren gehikuntzaz sortutako esfortzuak zartaduren eraketaren bidez askatzen dira. Hidratazioa laben lekutzearen ondoren eta nahiko berandu gertatzen da hozte-historian. Oro har perlita-mota bi bereizten dira:

**Perlita klasikoa:** zartadurek arku-geometria dute eta hidrataziorik pairatu ez duten gune esferikoen inguruan kokatzen dira.

**Banda-egituradun perlita:** jarioak eragindako banda-egituradun laba beiratsuetan sortzen dira, eta hauetan zartadurak zuzenak izan ohi dira, banda-egiturarekiko paraleloki eta angelu handia eratuz orientatzen baitira (7. irudia).

Perlitetako zartadurak edozein beira urdun koherenteetan gara daitezke, beirazko labetan zein sakonera txikiko intrusioetan edo gogorki soldatutako metakin piroklastikoetan. Nahiz eta beira azidoetan arruntagoak izan, osaera mafiko eta ertaineko beiretan ere era daitezke.

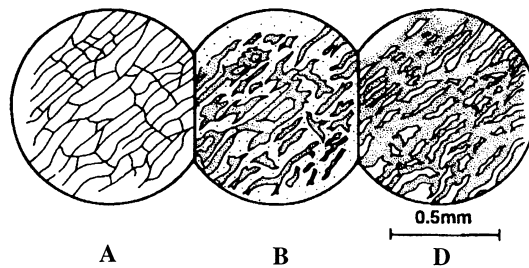
Denbora aurrera joan ahala, jatorrizko egitura perlitikoa desitxuratuz, zartaduretan mineral sekundarioak kristaldu daitezke eta beira desbeiratu egiten da. Alterazioa oso gogorra denean, perlitik ehundura piroklastikoren itxura har dezakete, eta zaila izan ohi da hau identifikatzea (7.D. irudia).



**Ohiko perlita**



**Banda-egituradun perlita**



**7. irudia.** A) Perlita klasikoaren (goikoa) eta banda-egituradun perlita (behekoa) hasierako haustura-eredua. B) Arroka alteratu egiten da zartaduretan zehar eta itxurazko ehundura bitroklastikoa aurkezten du. Glass-shard itxurako filosilikatoez osatutako gunek ageri dira. D) Ehundura bitroklastiko faltua. Alterazioa gehiago hedatu da.

**PUMITA ETA ESKORIA**

Oso bakuolarra den beira bolkaniko azidoari pumita deritzo (2. irudia). Osaera mafiko edo ertaineko pumitari, aldiz, eskoria deritzo (1. irudia). Erretikulita terminoa bereziki porotsua den eskoria mafikorako erabiltzen da (porositatea %98rainokoa izan daiteke).

Pumita eta eskorietako bakuoloen tamaina eta forma oso aldakorrak izaten dira, nahiz eta erupzio bakarraren ondorioa izan. Bakuoloen geometriaren hainbat izen erabiltzen dira arroka hauek deskribatzeko. **Hodi-pumitek** bakuolo luzeak, zilindrikoak eta subparaleloki kokatutakoak dituzte. Pumita-mota honetan besikulatzen ari den magmaren jarioak luzatzen ditu bakuoloak. Batez ere, osaera azidoko arroketan sortzen den egitura da, likatasun handiagoa baitute. **Banda-egituradun pumitak** osaera ezberdineko magma bi edo gehiagok eratutako banden, geruzen edo noduluen agerpenagatik bereizten dira eta arruntak izaten dira eskala txikiko zenbait erupzio piroklastikotan.

Pumita eta eskoriek dituzten fenokristal kopurua oso aldakorra izaten da, fenokristalik gabe egon daitezke edo fenokristalak %40a osa dezakete. Oro har, hauek euhedralak eta homogeneoki banatutakoa izaten dira.

Pumita eta eskoria piroklastoak besikulatzen ari den magmaren leherketaren bidez sortzen dira. Era berean, airepeko laba koherente baten zati gisa edo ur azpiko kolada, domo, kriptodomo edo hauekin elkartutako hialoklastita gisa ere ager daitezke.

Pumita edo eskoriazko piroklastoak ekidimentsionalak, luzeak edo irregularrak izan daitezke. Lapilli motako jario piroklastikoen barnean aurkitzen direnean, biribilak izaten dira garraioa dela-eta. Pumita autoklastikoak aldiz, prismatikoak edo angelutsuak izan ohi dira. Hala ere, pumita edo eskoriaren garraioak zati horien biribiltzea eragiten du.

Pumitak urak baino dentsitate txikiagoa izan ohi du, eta beraz, hondoratu aurretik igerian egon daiteke denboraldi batean, ura xurgatu eta dentsitatea irabazten duen bitartean.

Mota honetako arroak oso erraz aldatzen dira. Beira bizkor desbeiratu edo birkristaltzen da. Mineral berriek ehundura bakuolarra gordearaz dezakete, edo baita deuseztu ere. Soldatutako metakin piroklastikoetan pumita eta eskoria zatiak konpaktatu ohi dira, beira dentsuagoa emanez. Soldatu gabeko metakinetan aldiz, zapaldu egiten dira diagenesi eta litifikazioan zehar geruzapenarekiko paralelo kokatuz. Prozesu honetan ehundura mantendu ahal izateko, bakuoloak mineral sekundarioez beteta egon behar dute.

## **ACHNELITOAK, BONBAK ETA BLOKE GAZTEAK**

Likatasun txikiko magmen erupzio leherkorretan, piroklasto batzuk urtuta jaurtikitzen dira, era honetan ribbonak edo forma aerodinamikodun achnelitoak eta bonbak eratzen dira [9, 10, 11]. Klasto hauek lurra ukitu aurretik solidotzen direnean, geometria mantentzen dute, solidotu gabe lurraren kontra talka ginez gero aldiz, disko biribil irregular zapalduak eratzen dituzte.

Magma likatsuagoak angelutsuak edo irregularrak diren eta bakuolo gutxi dituzten piroklastoetan apurtzen dira. Oso zaila izaten da hauek besitelako klasto litikoetatik bereiztea. Era berean, laba azidoen estrusioarekin sortzen diren erupzio magmatiko eta freatomagmatiko leherkorrek bakuolorik gabeko edo bakuolo gutxiko piroklasto angelutsuak eratzen dituzte. Kasu batzuetan, metatzearen ostean, bonba eta bloke gazteen barruko aldeek besikulatzen jarraitzen dute, kanpoaldeko ertz hotzetan zartadurak sortuz eta ogi-azal motako egiturak eratuz.

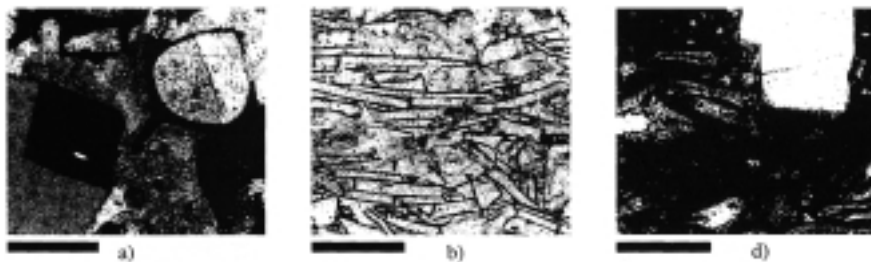
Soldatutako eta soldatu gabeko airepeko jausketa-metakinetako hurbileko fazeietan oso osagai arruntak izaten dira achnelitoak, bonbak eta bloke

gazte hauek. Bonbak arruntak izaten dira sakonera txikiko ur azpiko metakin bolkanoklastikoetan ere.

Bakuolorik gabeko edo bakuolo urriko bloke gazteak laba-kolada eta domoen autobretxifikazioaz eta hozte-zartadurez ere eratzen dira sarritan. Alde batetik, hozte-zartaduren eraginez eratutako blokeek ertz kurbatuak izaten dituzte, beiratsuak izaten dira eta zartadura perpendikularrez ebakitakoak. Bestetik, autobretxifikazioaz eratutako blokeek jario-bandadun egitura izaten dute eta ertz angelutsuak dituzten bloke masibo irregularrak izan ohi dira.

### GLASS SHARDAK

Shardak bakuoloen hornez osaturiko beira bolkanikozko partikula txikiak dira (oro har  $< 2$  mm). Terminoa magma edo labetan leherketek eragindako zatiketan, magma edo labetan hozteak eragindako apurketan eta garraioan zehar beirazko klastoen txikizioaz sortutako tamaina horretako partikuletarako erabiltzen da. Glass-shardak nagusi izaten dira errauts-tamainako metakin piroklastiko primario eta birsedimentatutakoetan, baina hareaharri eta lutita bolkanogenikoetan ere arruntak izan daitezke (8. irudia).



**8. irudia.** Glass-shardak arroka tufazeoetan: (a) Desbeiratu gabeko glass-sharda (itzalita). (b) Glass-sharden pilaketa eolikoa. (d) Desbeiratutako shardak soldatutako toba batean. Goiko aldekoa sanidinazko fenokristala da. Eskala-barra = 0,12 mm.

Erupzio magmatiko leherkorretan hiru motatako glass-shardak eraten dira: cusate izenekoak X edo Y itxura dute eta bakuoloen arteko lotura-guneeen zatiak dira, platy-shardak, bakuolo biren arteko hormen zatiak dira eta pumita-shardak, beira mikrobakuolarrez osatutako zatiak (mikropumita). Erupzio magmatiko leherkor bakarrean hiru mota hauetako ager daitezke egiturak elkarren ondoan.

Shardek, metatu ondoren berotasuna mantentzen badute, jokaera plastikoa izango dute eta jatorrizko forma nabarmenki alda daitezke. Adibidez,

trinkotze prozesu baten aurrean, glass-shardak zapaldu eta elkarren artean soldatu egingo dira (soldatze-konpaktazioa). Partikula zurrunen gaineko eta azpiko shardek deformazio handiena pairatzen dute eta partikula hauen inguruan luzatu eta tolestu egiten dira.

Erupzio freatomagmatikoen eraginez eratutako metakinetan shardak, aurrekoekin erkatuz, ekidimentsionalagoak izaten dira, eta ez hain bakuolarrak. Baldintza hauetan sharden forma magmaren propietate fisikoen, energiaren askapen-tasaren eta magmaren jatorrizko bakuolo-kopururaren arabera izaten da. Burbuilen hornez osatutako shardak eratzeko, jatorrizko magmak nahiko bakuolarra izan behar du. Hozteak eta talkak eragindako zatiketak aldi berean jokatuz gero aldiz, shard ekidimentsional edo blocky-shard motako egiturak sortuko dira. Harikor izaten jarraitzen duten magma-partikulek azal jariokor leunak garatzen dituzte.

Jatorrian glass-shardez nagusiki eratutako arroka ehundura bitroklastikoa aurkezten dute mikroskopioan. Ehundura honek desbeiratzearen edo alterazio hidrotermal zein diagenetikoaren eragina gaindi dezake. Desbeiratze prozesua tenperatura altuetan gertatzen denean, soldatutako metakin piroklastikoetan glass-shardek zuntz axiolitikoak (azalarekiko perpendikularrak) garatzen dituzte.

## **ZATI LITIKOAK EDO LITOKLASTOAK**

Zati litikoak prozesu magmatikoaren aurretik zeuden arroketatik (bolkanikoetatik zein ez-bolkanikoetatik) askatutako arroka-zatiak dira. Laba-koladetan eta intrusio sinbolkanikoetan normalean ez dira agertzen; agregatu bolkanoklastikoetan, aldiz, oso arruntak izaten dira. Lurralde bolkanikoetan, zati litikoak bi prozesu nagusiren bitartez eratzen dira: erupzio leherkorren bidez (kasu horretan eratutako zatiei piroklasto deritze) eta azaleko arroken higadura eta meteorizazioaz (era horretan sortutako zatiei epiklasto deritze).

Agregatu piroklastikoetan hiru motatako zati litikoak ager daitezke [12]:

- *Litoklasto osagarriak*: erupzio leherkorretan hodiaren hormetatik eta irekiduretatik banatzen diren arroka ostalariaren zatiak dira.
- *Litoklasto akzidentalak*: kolada piroklastiko edo surgeek substratutik higatu edo bereganatutako arroka zatiak dira.
- *Litoklasto kognateak*: erupzioa jasaten ari den magmaren eremu solidifikatuetatik sortutako arroka zatiak. Arruntaren artean irteera-hodian gelditutako magmaren azal gogortuaren zatiak, hodi-tako hormetan solidifikatutako zatiak eta ganbera magmatikoan kristaldutako zatiak daude.

Arroka piroklastikoetan oso zaila izaten da jatorri ezberdineko piroklasto hauek bereiztea. Hala ere, zatiek dituzten ehundura, petrografia, ba-

kuoloen proportzioa, geometria eta osaera bezalako ezaugarriak ikertuz erabilgarria izaten da aurreko sailkapena.

Azaleko prozesuek ere (masa-higidurak, meteorizazio fisiko eta kimikoa, higadura) klasto litikoak (epiklastoak) sorrarazten dituzte eta hauek metakin sedimentario bolkanogenikoetan, kolada piroklastikoetan eta laba-koladetan barnera daitezke. Ur gaineko lurralde bolkanikoetan azaleko prozesuak klasto litikoen jatorri garrantzitsua dira.

## **LAPILLI AKREZIONALA**

Lapilli akrezionalak errautsez osatutako lapilli tamainako agregatu esferikoak dira. Bi motatako ehundura izan dezakete [13, 14, 15]:

1. Batzuek errauts larriz osatutako gunea eta errauts finagoko kanpoaldea izaten dute. Hauei ertz motako lapilli akrezionalak deritze. Ertzetan errauts tamaina progresiboki txikitu egiten da edo bestela pikor fin eta oso fineko geruzen txandakatzea ikus daiteke.
2. Besteek ez dute pikor fineko ertzik eta errauts erlatiboki larriko agregatuak dira. Beste hauei nukleo motakoak deritze.

Egitura berezia sortzen da errauts fin edo larria zati litiko bat edo kristal- edo pumita-zatiak inguratuz agertzen denean (**lapilli armatua edo guneduna**) [16].

Lapilli akrezionala bide ezberdinei jarraituz era daiteke. Bide arruntena baldintza hezeetan esekiduran dagoen errautsaren ondorioz eratzen da. Esekiduran dauden errauts-partikulak, erakarren elektrostatikoz eta partikulen arteko talken ondorioz elkartzen dira eta ondoren kondentsatutako hezetasunaren azaleko tentsioa, indar elektrostatikoa eta mineral berrien hazkuntza dela eta, estekatuta geratzen dira [14, 15, 17]. Euriak errauts-hodei lehorra zeharkatzen duenean ere, lapilli akrezionala sor daiteke. Era berean, euri-tantak, klasto litiko hezeak eta kristalen zatiak metatu berria den errautsen gainera erori eta gainetik biribilka ibiltzen direnean ere sor daiteke lapilli akrezionala [10, 14].

Lapilli akrezionalak normalean airepeko inguruneetan eratzen dira, oso arruntak izanik mota askotako metakin piroklastiko primarioetan. Egitura hauen jatorria bereizteko modurik egokiena barne-egiturak eta azalaramendu-mailako erlazioak aztertzea izan ohi da. Adibidez, jausketa-metakinetan lapilli akrezionalak, errautsen artean geruzetan kontzentratuta egoten dira, hautespen ona izaten dute, geruzapenarekiko paraleloki zapalduta egoten dira eta osorik edo bertan apurtuta ager daitezke. Surge-metakinetan aldiz, lapilli akrezionalak oztopoen edo dunen gandorren haizebean bil daitezke [18] eta lapilli armatua ere arrunta izaten da. Bestetik, kolada piroklastikoetan sakanbanatuta egoten dira eta apurtuta edo abrasionatuta ager daitezke [19].

Batez ere airepeko inguruneetan eratu arren, ur azpiko inguruneetan ere metatu, birmetatu eta birlan daitezke lapilli akrezionalak.

## **FIAMME ETA PSEUDOFIAMMEAK**

Fiamme terminoa soldatutako metakin piroklastikoetan ageri diren gar itxurako formak dituzten lente beiratsuak izendatzeko erabili izan da. Lente beiratsuen ertz luzatuak geruzapenarekiko paraleloa den foliazioa adieratzen du eta seguru asko bakuolo ugariako klasto gazteen trinkotzearen ondorio dira. Gaur egun, terminoa lente itxurako zati gazte beiratsu edo desbeiratutakoak adierazteko erabiltzen da, jatorrian klastoak bakuolarrak ziren edo ez kontuan hartu gabe. Lente itxurako zati gazte foliatuak ez dira soilik soldatutako metakin piroklastikoetan agertzen, diagenetikoki trinkotutako soldatu gabeko metakin piroklastiko primarioetan eta pumita edo eskorian aberatsak diren birsedimentatutako eta birlandutako metakin bolkanoklastikoetan ere agertzen dira.

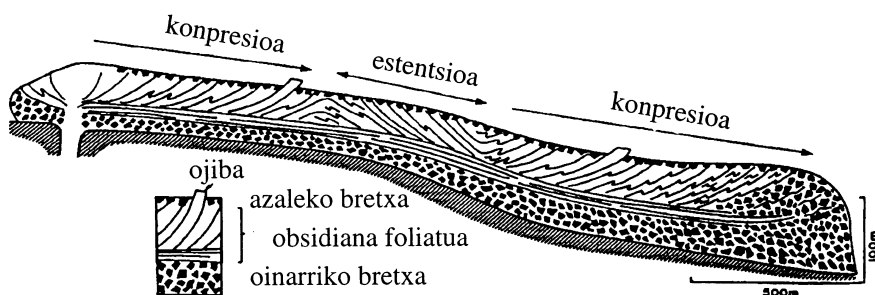
Gaur egun, fiamme terminoa disko edo lente itxurako zati bolkaniko gazteak adierazteko erabiltzen da eta hauek tektonika aurreko foliazioa aurkezten dute. Definizio honetan, ertzek ez dute betiugar itxurarik hartu behar. Alteratutako edo deformatutako segida bolkanikoetan arruntak izaten dira itxuraz foliatuta dauden lente itxurako geometriako klasto foliatuak. Klastoak alterazio edo deformazioaren ondorio direnean, edo beraien jatorria argi ez dagoenean pseudofiamme edo fiamme-antzeko lente deritze.

## **JARIO-FOLIAZIOA**

Jario-foliazioa arrunta izaten da laba-kolada silizeo eta ertainetan, domo, sill eta dikeetan eta toba erreomorfikoetan. (Toba erreomorfikoak egoera plastikoan gertatutako jarioa adierazten duten barne-egitura eta forma duten arroak dira). Foliazioa xafla motako jarioari erantzunez eratzen da. Laba koladetan foliazioaren garapena magma-hodietan zehar doanean hasten da eta estrusioaren ostean azaletik jariatzen ari den bitartean jarraitzen du. Ignimbrietan, aldiz, piroklastoen jarioa ahuldu, metatu eta soldatu ondoren, eta jausketa-toba erreomorfikoetan gertatzen den soldatze prozesuaren ostean sortzen da foliazioa.

Jario-foliazioa magmaren barne-deformazioaren eta mugimenduaren adierazle da. Foliazioa osaera, kristaltze-gradua, esferulito- eta litofisa-kantitatea, pikor-tamaina, desbeiratze-gradua edo kolorea bezalako ezaugarrien aldaketen bidez definitzen da. Fiamme oso zapalduak eta zatidura-azalek ere foliazio bat definitzen dute.

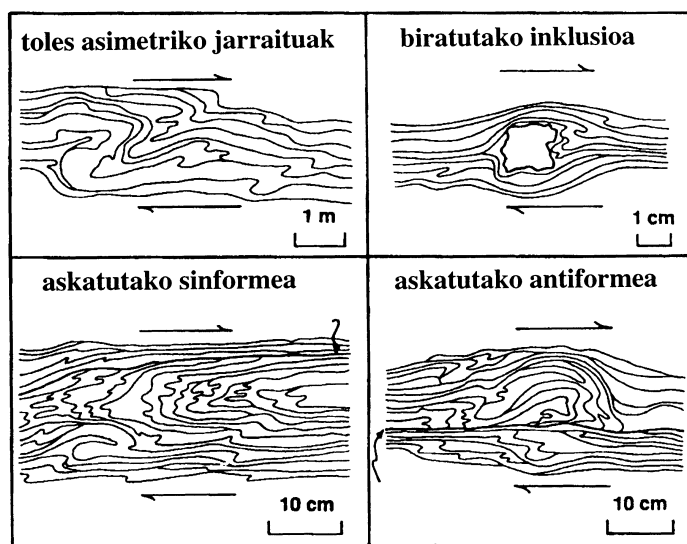
Irekiduran azaleratzen ari den labak foliazio ia bertikala izaten du, hodi horietan zehar jasaten duen zizaila-esfortzuaren eraginez (9. irudia). Laba-koladak azaletik hedatzen direnean aldiz, foliazioaren okerdura hori-



9. irudia. Jario-foliazioa ageri duen obsidiana-kolada.

zontaldu egiten da oinaldean sortutako zizaila-esfortzuen eraginez. Foliazioaren biraketa hau koladak ezaugarri plastikoak dituen eremuetan baino ez da gertatzen, solidifikatutako koladaren azal hauskorrek jatorrizko foliazio bertikala mantentzen baitu. Irekiduraren inguruan foliazioak okerdura handia izaten du eta arku itxurakoa izaten da [20, 21, 22]. Irekiduratik urruntzerakoan foliazioa subhorizontala da koladaren oinaldean eta gorantz okerdura handituz joaten da.

Jario-foliazioa erakusten duten arroketan tolesak arruntak izaten dira (10 irudia). Jario-tolesen plano axialak foliazioarekiko subparaleloak izaten



10. irudia. Tolestutako jario-foliazioak laba erriolitikoetan, higiduraren norantza adieraziz. [20]-tik eraldatutakoa.

dira, eta ardatzak jarioaren norabidearekiko perpendikularrak. Tolesen bergentziak eta inklusio zurrunen errodatze-norabideak jarioaren norantza lokala iradokitzen dute (10. irudia). Tolesen ardatzen biraketek eta jario nagusiaren norantzaren alderanzketek orientazio aldakorreko tolesak sor ditzaketenez, lurralde bateko magmen jario-norabidea finkatzeko beharrezkoak izaten dira tolesen neurketa ugari. Normalean, jario-tolesek adierazten dituzten norantzak jatorrian azpitik zuten aldaparen menpekoak izaten dira [23].

Toba erreomorfikoetako jario-tolesak eta foliazioak, laba-koladetan agertzen direnekiko oso antzekoak izaten dira. Beraz, jario-foliazioak ez du erupzio-mekanismo jakin bat iradokitzen eta, bestelako litofazie- eta ehundura-irizpideak erabili behar izaten dira laba-koladak toba erreomorfikoe-tatik bereizteko.

Alterazioak gogor jo dituen eremuetan laba afanitiko edo sillen planoe-tan zehar gertatutako jarioak eragindako banda-egiturek arroka bolkanoklastikoen geruzapenaren antza izan dezakete. Jario-folizioa duen arroka bat bada jario-tolesak, fenokristal erreliktoak edo esferulito eta litofisak agertuko dira. Litofazieen geometria eta ukipenak kartografiatuz eta xafla meheetan arroken ehundurak aztertuz ere erraz identifika daiteke, arroka hauen jatorria.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] JOPLIN, G.A. 1971. *A petrography of Australian igneous rocks*. Angus and Robertson, Sydney, 253 or.
- [2] BRYAN, W.B. 1972. «Morphology of quench crystals in submarine basalts». *J. Geophys. Res.*, **72**, 5.812-5.819.
- [3] COX, K.G., BELL, J.D. eta PANKHURST, R.J. 1979. *The interpretation of igneous rocks*. Unwin Hyman, London, 450 or.
- [4] SWANSON, S.S.E., NAQNEY, M.T., WESTRICH, H.R. eta EICHELBERGER, J.C. 1989. «Crystallization history of Obsidian Dome, Inyio Domes», California. *Bull. Volcanol.*, **51**, 161-176.
- [5] LOFGREN, G. 1971a. «Spherulitic textures in glassy and crystalline rocks». *J. Geophys. Res.*, **76**, 5.635-5.648.
- [6] LOFGREN, G. 1974. «An experimental study of plagioclase crystal morphology: isothermal crystallisation». *Am. J. Sci.*, **274**, 243-273.
- [7] ANDERSON, J.E. Jr. 1969. «Development of a snowflake texture in a welded tuff, Davis Mountains», Texas. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **80**, 2.075-2.080.
- [8] LOFGREN, G. 1971b. «Experimentally produced devitrification textures in natural rhyolitic glass». *Geol. Soc. Am. Bull.*, **82**, 111-124.
- [9] MACDONALD, G.A. 1972. *Volcanoes*. Prentice Hall, New Jersey, 510 or.
- [10] WALKER, G.P.L. eta CROASDALE, R. 1972. «Characteristics of some basaltic pyroclastics». *Bull. Volcanol.*, **35**, 303-317.
- [11] WILLIAMS, H. eta MCBIRNEY, A.R. 1979. *Volcanology*. Freeman, Cooper and Company, San Francisco, 397 or.



- [12] WRIGHT, J.V., SMITH, A.L. eta SELF, S. 1980. «A working terminology of pyroclastic deposits». *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **8**, 315-336.
- [13] MOORE, J.G. eta PECK, D.L. 1962. «Accretionary lapilli in volcanic rocks of the western continental United States». *J. Geol.*, **70**, 182-193.
- [14] REIMER, T.O. 1983. «Accretionary lapilli in volcanic ash falls: physical factors governing their formation». In PERYT, T.M. [ed.], *Coated Grains*. Springer, Berlin, 56-68.
- [15] SCHUMACHER, R. eta SCHMINCKE, H.U. 1991. «Internal structure and occurrence of accretionary lapilli- a case study at Laacher See volcano». *Bull. Volcanol.*, **53**, 612-634.
- [16] WATERS, A.C. eta FISHER, R.V. 1971. «Base surges and their deposits: Capelinhos and Taal volcanoes». *J. Geophys. Res.*, **76**, 5.596-5.614.
- [17] GILBERT, J.S., LANE, S.J., SPARKS, R.S.J. eta KOYAGUCHI, T. 1991. «Charge measurements on particle fallout from a volcanic plume». *Nature*, **349**, 598-600.
- [18] FISHER, R.V. eta WATERS, A.C. 1970. «Base surge bed forms in maar volcanoes». *Am. J. Sci.*, **268**, 157-180.
- [19] MCPHIE, J. 1986. «Primary and redeposited facies from a large magnitude, rhyolitic, phreatomagmatic eruption: Cana Creek Tuff, Late Carboniferous», Australia. *J. Volcanol. Geotherm., Res.*, **28**, 319-350.
- [20] CHRISTIANSEN, R.L. eta LIPMAN, P.W. 1966. «Emplacement and thermal history of a rhyolite lava flow near Fortymile Canyon, southern Nevada». *Geol. Soc. Am. Bull.*, **77**, 671-684.
- [21] FINK, J.H. eta MANLEY, C.R. 1987. «Origin of pumiceous and glassy textures in rhyolitic flows and domes». *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, **212**, 77-88.
- [22] DUFFIELD, W.A. eta DALRYMPLE, G.B. 1990. «The Taylor Creek Rhyolite of New Mexico: a rapidly emplaced field of lava domes and flows». *Bull. Volcanol.*, **52**, 475-487.
- [23] WOLFF, J.A. eta WRIGHT, J.V. 1981. «Rheomorphism of welded tuffs». *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **10**, 13-34.
- [24] WATERS, A.C. 1960. «Determining direction of flow in basalts». *Am. J. Sci.*, **258A**, 350-366.
- [25] SPRY, A.H. 1962. «The origin of columnar jointing particularly in basalt flows». *J. Geol. Soc. Aust.*, **8**, 191-216.
- [26] YAMAGISHI, H., SAKAMOTO, I. eta ISHII, J. 1989. «Internal structures of pillow lobes of Cenozoic and Mesozoic pillow lavas in and around Hokkaido». *Proceedings Hokkaido Tokai Univ Science and Engineering*, **2**, 107-118.
- [27] MCPHIE, J., DOYLE, M. eta ALLEN, R. 1993. *Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. CODES University of Tasmania, 198 or.