

GEOLOGIAREN OSAGARRIAK

1.GAIA: Oinarrizko kontzeptuan

ARROKAK

Mineral batez edo gehiagok osatutako agregatua da. Masa solidoak ere izan daitezke, izan ere, beira batzuk arrokatzat hartzen dira eta horiek ez daukate mineralik. Materia organiko solidoak ere sortzen ditu arroka mota batzuk.

Adibideak:

- Mineral bakarraz osatutako arroka: Kuartzita, kuartzo metamorfikoz osatutako arroka da.
- Mineralik ez duten arrokak: Obsidiana
- Arroka biologikoak: lkatza

Agregatu horiek bereziak dira, izan ere mineralak ez dira edozein leku eta baldintzetan sortzen. Mineral bakoitza presio, tenperatura eta beste hainbat parametro batzuen arabera kristaltzen delako. Gainera konposizio bera izan dezakete bi mineralek baina ezberdinak izan beraiek daukaten egituraren arabera, ondorioz, arrokak sistema fisiko-kimikoak dira. Horregatik informazioa eskuratu dezakegu arroka baten ezaugarri fisiko kimikoei erreparatuta, honela ze baldintzetan sortu zen aztertu dezakegulako.

Jatorrizko materiala kontuan hartzen badugu hiru arroka mota bereiztu dezakegu.

- **Arroka igneoak:** Lur barneko materia urtua (magma) dute jatorria, materia hori hotzean magma kristalizatu egiten da kasu batzuetan mineralak sortuz eta beste batzuetan hoztean beira sortzen du.
- **Arroka sedimentarioak:** Sedimentuak dira jatorrizko materialak, horiek sedimentatu egiten dira eta bata bestaren pisuarekin sakoneratzen joaten dira. Ondoren behin sakonean daudenean diagenesi prozesuak jasaten dituzte eta ondoren sedimentu horiek litifikatu egiten dira.
- **Arroka metamorfikoak:** Arrokak dira hauen oinarrizko materialak. Arroka horiek presio edota tenperatura altuen ondorioz birkristalizatu egiten dira. Birkristalitzean, mineralak 120°-ko angelua duen egitura hartzen dute. Jariakin batzuen presentziak ere metamorfizatu dezake arroka bat, bere konposizioa eta egitura aldatuz.

PETROLOGIA

Arroken jatorria aztertzen duen geologiako adarra da.

Petrografia : Arrokak sailkatzen eta deskribatzen dituen zientzia da, horretarako arroken xafla mehe batzuk aztertzen dira, bertako mineralen konposizioa eta egitura aztertzeko. Xafla horien 30 mikretako lodiera izaten dute.

Arrokak identifikatzeko hainbat gauza begiratu behar dira.

- **Osagaiak:**
 - Mineralak, arroketako kristalak.

- Materia submikroskopikoak ezin dira begi bistaz ikusi, horiek ikusteko mikroskopioa erabili behar dira.
- Beira, arroka bolkanikoetan azaltzen da.
- Fosilak
- Hutsuneak (besikulak edo bakuolak, disoluzio-hutsuneak, arroka klastikoetako espazioa).
- Klastoak, arroken zati ezberdinak dira.

Osagaiak errekonozitzeko metodo ohikoenak hurrengoak dira.

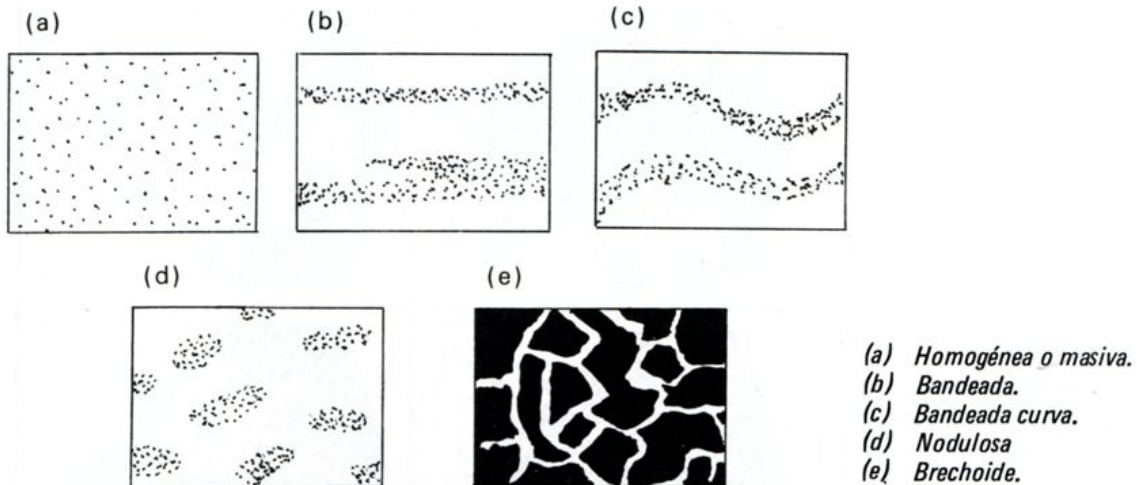
- Begi bistaz ikusi daitezke, begiak horretarako ohitu egin behar dira. Metodo horri bisuz ere deritzo.
- Lupak ere baliatzen dira.
- Mikroskopia petrografikoak baliatzen dira osagai oso txikiak ikusteko.

Beste metodo batzuk ere erabiltzen dira materia submikroskopika ikusteko.

- X izpien difrakzioa: Mineral oso txikiak ikusteko erabiltzen da.
- Mikroskopia elektronikoa: Honela mineralen forma ikusi daiteke.
- Mikrosonda elektronikoa: Mineralen osagaiak zeintzuk diren jakiteko erabiltzen da.

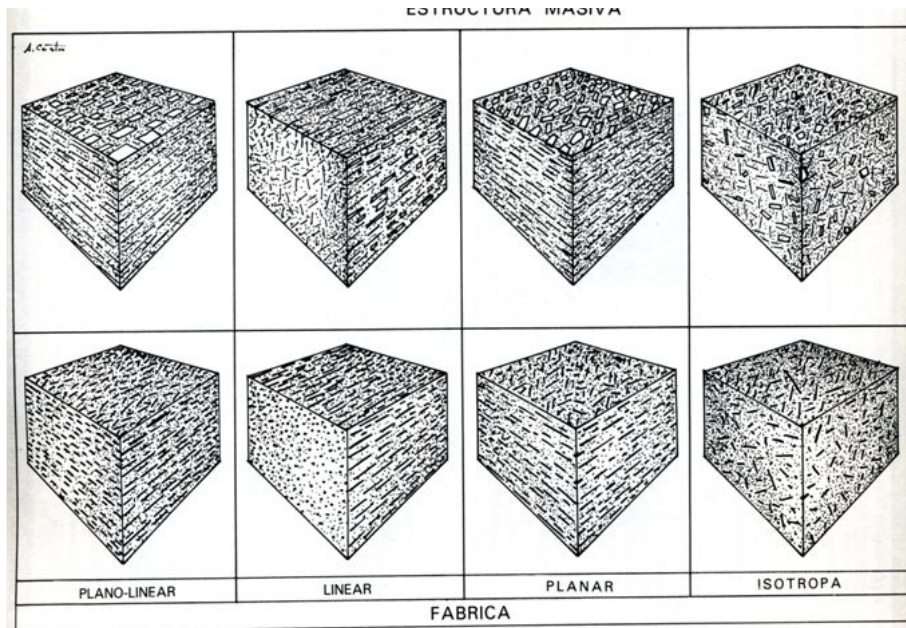
● **Egitura:** Arroka baten dauden osagaiak osatzen duten banaketa da.

- *Masiboa:* Osagaiak ez dute antolaketa berezirik.
- *Banderatua:* Bandetan antolatuta daude osagaiak.
- *Banderatu kiribildua:* Banda hauek tolestuta azaltzen dira.
- *Nodulatsua:* Bilduta/taldekatuta egitura borobilak osatzen dituen egitura da.
- *Bretxoideak:* Hutsuneak beste osagai batek beteta daude.

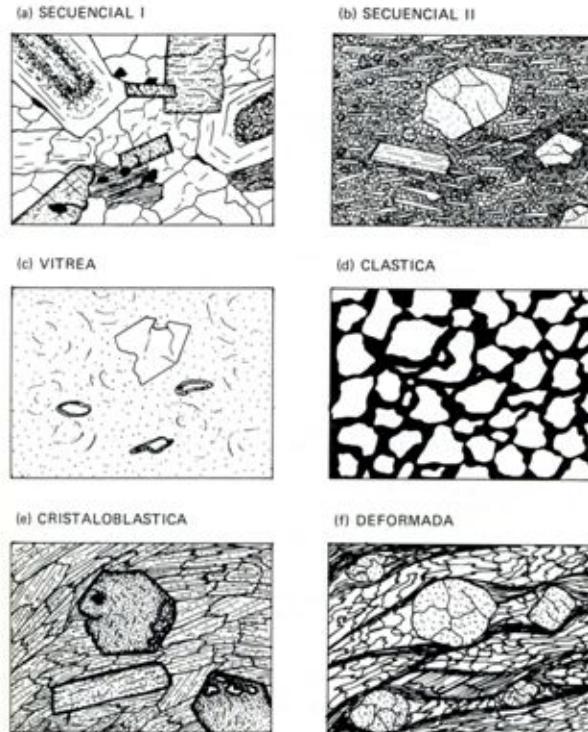


● **Fabrika:** Arroken osagaiak, hiru dimentsiotan duten orientazioa espaziala aztertzen du. 3 planoak azertu behar dira, osagaien antolamentua.

- *Isotropoa:* Ez dago orientazio jakinik.
- *Planarra:* Plano eran daude antolatuta osagaiak.
- *Lineala:* Plano baten baitan osagaiak lerrotaturik daude norabide batean.
- *Plano-lineala:* Osagaiak planoak ematen daude eta plano barnean fabrika lineala dute.



- **Ehundura:** Arroka bat osatzen duten kristalen edo klastoen tamaina eta formaren arteko erlazioa da.
 - *Sekuentziala I:* Uretatik edo magmatik poliki-poliki hozten joaten direnean sortutako kristalak dira, horiek ordenean sortzen dira.
 - *Sekuentziala II:* Tamaina ezberdinetako kristalak agertzen dira, horiek norabide batean lerrokatzen dira. Horiek magmaren korrontearen araberakoak dira.
 - Porfilikoa: Tamainak oso ezberdinetako ehundurari deritzo. Horietan lur barnean poliki hoztutako kristalak magma kanporatzean azkar hoztuko da magma kristal oso txikiak sortuz.
 - *Beiratsua:* Beira zatiak dituzten arrokek dira, horiek kristal batzuk ere izan ditzakete, baina gehiena beira izango da.
 - *Klastikoa:* Mineralen osagaiak apurtuta azaltzen direnean.
 - *Kristaloblastikoa:* Birkristalizazioa jasan duten arrokek dira.
 - Blastesia: Modu solidoan mineral berriak sortzen dira, arroka metamorfikoak izaten dira.
 - *Deformatuta:* Mineralak tolestuta, luzatuta edota azaltzen dira.



- **Arroken arteko geometria:**

- *Lurrazalaren gainazala:* Lurrazalaren gehiena arroka igneo osatuta dago (%64.7), arroka metamorfikoak (%27.4) eta arroka sedimentarioak (%7.9) gutxiago daude.

Gehiena silizez osatuta dago, eta %97a zazpi elementuz soilik osatuta dago, silizez, oxigenoz, magnesioz, burdinez, aluminioz, kaltzioz eta sufrez.

Silikatoak dira lurrazalean aurkitze diren mineral ugariak. Arroken edo mineralen konposizioa ezagutzeko txikitu egiten dira, ondoren materia hori disolbatu egiten dira aztertzeko. Elementu baten kantitatearen arabera hiru multzotan banatzen dira.

- **Elementu nagusiak:** Pisuairen %1 baino gehiago dauden elementuak dira.
- **Elementu urriak:** Pisuairen $0,1 < x < 1$ bitartean duten elementuak.
- **Aztarna elementuak:** Pisuairen %0,1 baino gutxiago diren elementuak dira. Hauen datuak ppm-tan ematen dira.

Erlazio isotropikoak oso garrantzitsuak dira, hau da, elementuen isotopoek garrantzia handia dute horiek aztertuz arroka sortzean zeuden baldintzei buruzko informazioa ematen dutelako, jatorria, adina, etab.

Elementu nagusiak arroka sortzeko eta osatzeko erabiltzen direnak dira. Mineraletan aztarna elementuak kristalen tartean edo elementu nagusiak ordezkatzeko azaltzen dira.

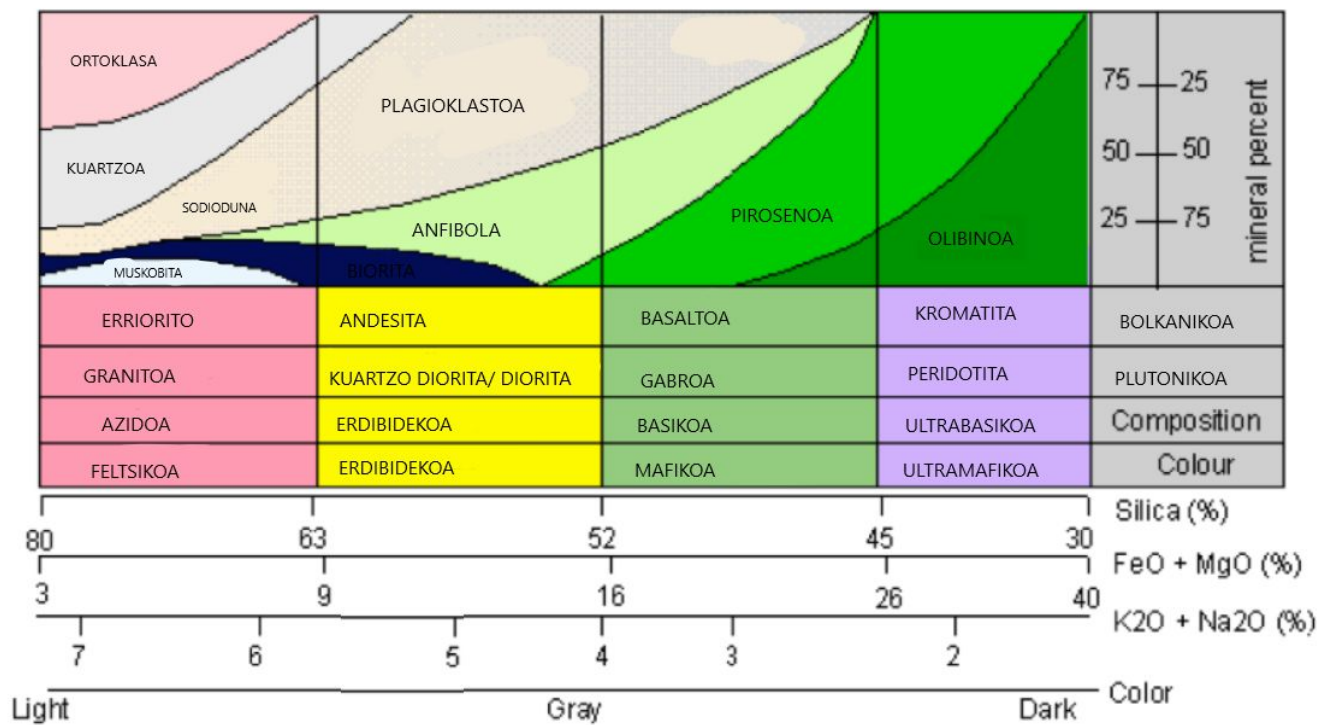
ARROKA IGNEOEN MINERALAK

Arroka ugariak dira, magman dauden elementuak temperatura jaisten doan bitartean atomoak ordenatzen joaten dira. Horiek bi koloretako mineralak osatzen dituzte.

- **Kolore argikoak:** Kuartzoa (silizea), feldespato potasikoa (Si, Al, K) eta plagioklasa (Si, Al, Na, Ca).
- **Kolore ilunekoak:** Biotita (ferromagnesita), Anfibola, pirosenoa eta olibinoa.

Mineral horiek elkarrekin konbinatu egiten dira arroka ezberdinak sortzeko. Gainera horiek konposizioaren arabera arroka mota ezberdinak sailkatzen dira. Konposizioarekin lotuta dago kolorea, mineral argiek arroka argiak osatzen dituzte eta horiek konposizioaren arabera arroka azidoak izango lirateke.

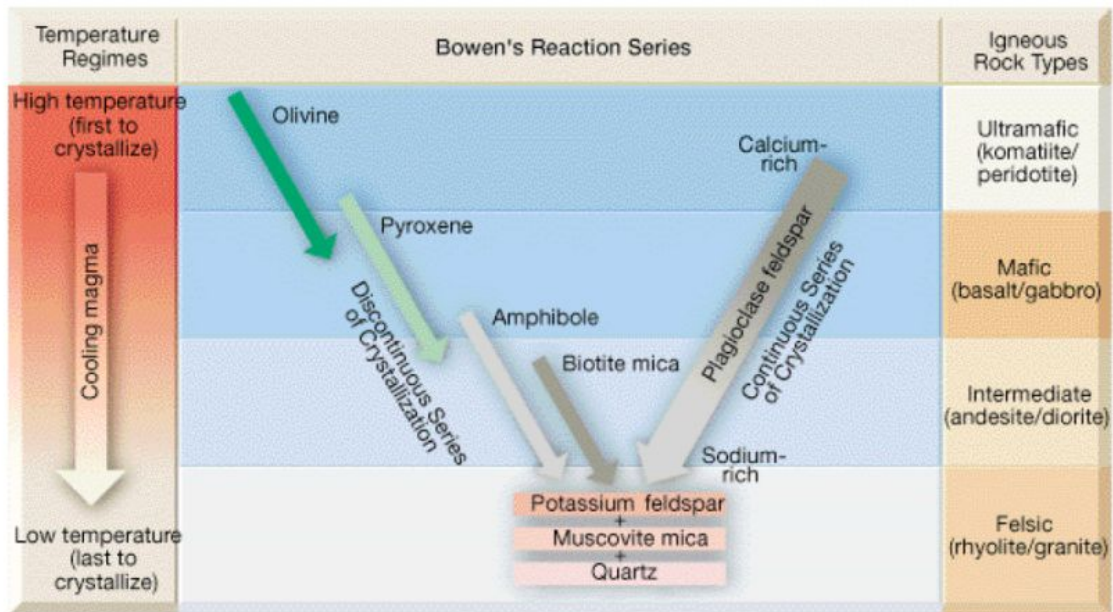
- **Arroka azidoak:** $\text{SiO}_2 > 63\%$ Kolore argikoak dira.
 - *Ehundura faneritikoa:* Kristal handiak dira, arroka plutonikoen osagaiak.
 - *Ehundura afanitikoa:* Kristal txikiak dira, horiek ez du antolatzeke denbora izan, arroka bolkanikoen osagaiak dira.
- **Arroka ertaina:** $63 < \text{SiO}_2 < 52\%$ Mineral zuriak eta beltzak dira.
- **Arroka basikoa:** $52 < \text{SiO}_2 < 45\%$ Kolore iluneko mineralak dira.
- **Arroka ultrabasikoak:** $45 < \text{SiO}_2$ Kolore ilunekoak dira.



BOWEN SEKUENTZIA

Mineral ilunak eta argiak batera kristaltzen dira, lehenengo tenperatura altuko mineralak kristalduko dira.

Mineralak magma ultrabasikotik abiatuta olibinoa izango da lehenengo ondoren, piroxenoa eta aldi berean plagioklasa kristalduko da, irudian ikusten den bezala.



Kolore argiko mineralak nagusi dira temperatura baxuko magmak hoztu diren gunetan. Magma bat kristaltzen joaten denean, gero eta azidoagoa bilakatzen da, ondorioz ere konposizioa aldatzen joaten da eboluzio magmatiko baten bidez.

ARROKA IGNEOEN SAILKAPENA

Arroka igneoak sailkatzeko hainbat metodo ezberdin daude. Mineralogian, kimikan oinarrituta.

- **QAPF sailkapena:** Sailkapen hau arroken mineralogian oinarritzen da, horretarako arroka baten aurkitzen diren kuartzoa, feldespatu potasikoa eta plagioklasaren kontzentrazioak baliatzen dira. Sailkapen honetarako arroka felsikoak soilik baliatu ahalko dira.

Mineralak ez badira ikusten, kimikoki sailkatzen dira eta hori baliatzen da izenak emateko mineral ezberdinei.

- **TAS sailkapena:** Konposizio kimikoaren bidez burutzen den sailkapena da, arroka hauen konposizioan ura egon daiteke, eta ura kentzean balioak birkalkulatu egin behar dira. Behin ura konposiziotik kentzean potasio eta sodio kontzentrazioak gehitzen dira eta silize kontzentrazioa kontuan izanik sailkatzen dira.

LURRAREN EGITURA

- **Lurrazala:** Lurraren bolumenaren %1 da.
 - *Lurrazal ozeanikoa:* 3g/cm^3 -ko dentsitatea du, honek 10km-ko lodiera du. Lurrazal ozeanikoan oso egitura bereziak sortzen ditu.
 1. Sedimentuak
 2. Pilow labak eta Sheet laba
 - a. Pilow labak: Egitura borobil luzezkak dira, laba azkar hoztean sortutakoak dira honek emari txikia duenean sortzen dira.

- b. Sheet laba: Emari handiak sortzen dituen pilow labaren pareko egiturak dira.
- 3. Dikeak: Magma zirrikietatik igotzean sortzen diren egiturak dira.
- 4. Gabroa: Hauek azpikaldean lerrotatu egiten dira, bertan mineralak presioa eta grabitatearen ondorioz hauspeatu direlako.
- 5. Perioditita
 - o *Lurrazal kontinental*: Dentsitate txikiagoa eta lodiagoa den lurrazala da (20-90kmko lodierakoa), batez ere granodiorita moduko arrokez osatuta dago nahiz eta konposizio aldakorra izan. .

Lurrazal kontinentalaren gainean leku batzuetan lurrazal ozeanikoa ikusi daiteke, horregatik bertan ikusi ditzakegu lurrazal ozeanikoaren egitura bereziak, horrei konplexu ozeaniko deritze.

LURRAZAL OZEANIKOAREN MORFOLOGIA

Gandor ozeanikoa (1)

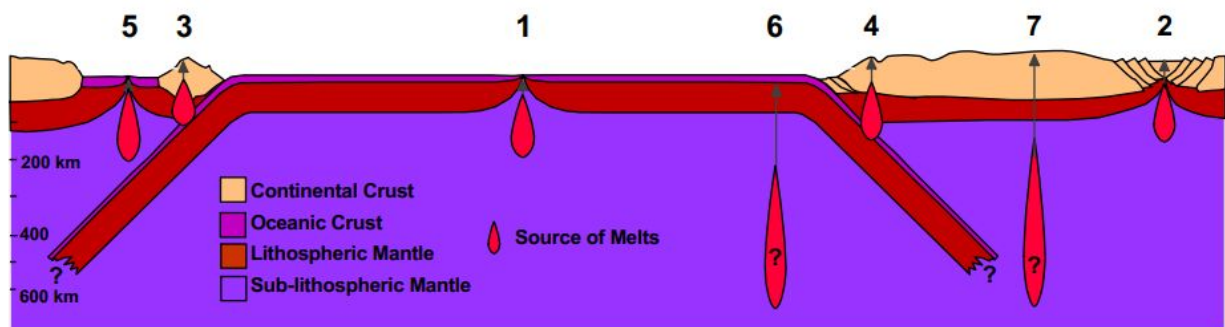
Hondo ozeanikoa/lautada abisala

Irla arkuak, fosa, arkuatzeko arroak (3-5)

Irla ozeanikoak (6)

Urazpiko mendiak

Plateaux basaltikoak



- **Gandor ozeanikoa:** Ozeanoen erdian azaldu ohi diren 5000m-ko mendikateak dira. Hauen forma ezberdinak dira plaken banatzearen abiaduraren ondorioz.
 - o *Makalak:* Erdialdean rifta daukate, horrek depresio gune bat daukate menien gainean, aran antzeko bat osatuz.
 - o *Azkarrak:* Ez dauka riftik, labaren abiaduraren ondorioz ez du denborarik izaten depresioa sortzeo.
- **Irla ozeanikoa:** Hawaii da adibide ezagunena, hauek zutabe magmatikoen sortuak dira, mantuko materialak irtetean sortzen dira. Zutabearen gaineko plaka mugitzean magmak leku ezberdinetan azaleratuko da irla ezberdinak sortuz denborarekin.
- **Irla arkuak:** Subdukzio zonetan sortzen dira, Japon da adibide bat. Bertan batzuetan egitura ezberdinak sortzen dituzte.

- *Arku antzeko arroa:* Irlaren eta kontinentearen artean, batzuetan ertz dibergente bat sortzen da.

LURRAZAL KONTINENTAL Vs OZEANIKOA

	KONTINENTALA	OZEANIKOA
Lodiera	35-50km	10km
Arroken kolorea	Argiak	Ilunak
Adina	3800Mu	150Mu
Dentsitatea	2.7	3
	Ez da suntsitzen	Sortu eta suntsitu egiten da
Egoera	Deformatua	Ez deformatua
Lurrazalaren portzentaila	%30	%70

LURRAZAL KONTINENTALA

Batez ere arroka sedimentarioz osatuta daude, oso arroka egonkorak eta zaharrak daude bertan. gehienak granodioritikoak dira, nahiz eta badauden arroka igneo eta metamorfikoak ere. Goi lurrazala feltsikoa da, nahiz eta beheko aldea mafikoa da. Airepean eta urpean ditu zatiak. Konposizio ezberdin horren ondorioz uhin sismikoak modu ezberdinean higitzen dira kontinentean zehar.

Alde kontinentalaren erdigunean edo alde kratoian ezkutua eta barne plataforma aurkitzen dira, horiek inguratuz kate orogeniko zaharrak aurkitzen dira. Horiek inguratuz diskonformitatea aurkitzen da

LURRAZAL KONTINENTALAREN MORFOLOGIA

- **Airepeko lurrazal kontinental:**

- *Kate orogenikoak:* Bi plaka kontinentalen arteko talken ondorioz sortzen dira.
- *Rift kontinental:* Lurrazal kontinental apurtzen joaten da, muga dibergenteak sortuz. Rift horietan aktibitate bolkaniko handia da.

Lurrazalean badaude eskualde batzuk arroka igneo kantitate handia dagoela, horiek magma edo laba emari handiek sortzen dituzte. Gehienak basaltok, arroka basikoz, osatuta daude. Horiei Flood basalt eta traps deritze.

- *Flood basalt:* Eskailera egitura hartzen dute, 12km-ko lodierak hartzen dituzte. Egitura oso bereziak dira, kolada basaltikoz sortuak. Kontinenteak apurtzean eman ziren laba koladek sortuak dira.
 - Laba mihia: Lurrazala apurtzean azaleratzen den mihi itxurako laba egitura da.

- **Urazpiko lurrazal kontinentala:**

- *Ertz kontinentalak*: 70-80km bitarteko zabalera duten egiturak dira, berain barnean sartzen dira, ezponda, plataforma kontinentala eta glazisa.
 - Atlantikokoak (pasiboak): Plataforma kontinentala, ezponda eta lautada abismala daude. Besteak baino estuagoak dira.
 - Plazifikoa (aktiboa): Subdukzioen ondorioz sortzen dira, horrek fosa bat sortu ohi dute (5000m-ko sakonera izan dezakete).

MANTUA

Peridotitaz osatutako geruza bat da, olibinoz eta piroxenoaz osatuta dago.

- **Goi mantua(410km arte)**: Olibinoa da mineral nagusia, baina hori sakonera horretan espinela bilakatzen da.
- **Trantsizio eremua**: uhin sismikoen abiadura asko handitzen da. 660km-tan espinela perovskita bihurtzen da.
- **Behe mantua**: Abiadura gradualki igotzen da.
- **D geruza**: 200km-ko lodiera duen geruza bat da.

Mantuko arroak ultramafikoak dira, mineral ilunak dira nahiz eta olibinoak kolore berdea hartu. Mantua aztertzeko uhin sismikoak eta sakonetik azaleratzen diren magmak baliatzen dira. Talka gune batzuetan failen bidez batzuetan mantu zatiak azaleratzen dira, nahiz eta hau oso arraroa izan.

Arroken jokaerak beste banaketa bat suertatzen du. Alde zurrinari litosfera deritzo eta hori plaka litosferiko ezberdinetan banatuta dago. Astenosferak joera plastikoa du, bertan mineralen arteko puntuak urtuta daude, honek uhin sismikoen abiadura jaisten du, baina abiadura geldoko geruza hori ez da homoginoa planetan zehar.

GUNEA

Bertan uhinen portaera aldatzen da.

- **Kanpoko gunea**: Arroak urtuta daude, munduko gune bakarra da mineralak urtuta aurkitzen direnak. Burdin eta nikelaz osatuta dago bertan bere egoeraren ondorioz ez dira s uhinak garraiatzen.
- **Barne gunea**: Bertan arroak egoera solidoan aurkitzen dira, luraren eremu magnetikoaren eragilea da. Bere konposizioa aztertzeko uhin sismikoak eta meteoritoak (metalikoak) erabiltzen dira. Horrela planetaren historia eta planeta bera aztertzen dira.

PLAKA TEKTONIKOAK

Horiek mugatzen eta banatzen muga mota ezberdinak daude. Muga horiek garrantzia handia dute luraren dinamika ulertzeko. Plaka tektoniko edo litosferiko horiek eta beraien mugak lurrazal ezberdinez osatuta daude.

- **Muga dibergenteak**:
 - *Rift intraozeanikoak*: Ozeanoetako gandorretan aurkitzen dira.
 - *Rift intrakontinentalak*: Kontinenteetan azaltzen dira, muga dibergente horiek kontinenteak apurtzen dituzte, litosfera ozeanikoa sortuz.

- *Arku atzeko artoa*: Arku irla baten atzean sortzen diren muga dibergenteak dira.
- **Muga konbergentea**:
 - *Arku irlak*: Bi litosfera ozeaniko elkartu eta bat suntsitzean denean fosa bat sortzen da litosfera hori subdukzitzean.
 - *Ertz kontinental aktiboa*: Litosfera ozeaniko bat kontinental baten azpian subdukzitzen da.
 - *Kate orogenikoa*: Bi litosfera kontinental elkartzean sortzen dira. Baina, ezin da bata bestaren azpian subdukzitu eta ondorioz deformazio oso handiak jasaten dituzte.
- **Muga transformatzaileak**:
 - Gandor ozeanikoetan aurkitzen dira, gandorrek desplazatu egiten dituzte.
 - Litosfera kontinentalean ere aurkitzen dira, adib San Andresko faila.

Lurreko plakek ziklo bat jarraitzen dute, Wilson-en zikloa zehazki. Ziklo hau gertatzean itsasoak sortu eta desagertu egiten dira.

PLAKEN MUGIMENDUAREN ERAGILEA

Mantuko arrokek beroa transferitzean plaken mugimendua eragiten dute, prozesu hori konbektiboki ematen da tenperatura ez da ia aldatzen. Beroak materia dilatatu egiten du eta horien dentsitatea jaitsi egiten da. Hoztean dentsitatea handitu egiten da. Konbektzio korrante horien nundik norakoak ikertzen dira.

- **Luma mantelikoak**: Mantuan zutabe eran igotzen diren materialak dira, zutabe horiek oso handiak izan daitezke, 100km-ko diametroa. Bertatik igotzen diren mantu eta guneko materialak dira, horiek sortzen dituzte food basalt egiturak. Zutabeko materia era solidoan aurkitzen da. Litosferara heltzean presio galeraren ondorioz materia hori urtu egiten da.

PRESIO LITOSFERIKOA

Normalean presioa handitzen da sakonera handitzean, arrokek jasaten duten presioari presio litostatikoa deritzo.

$$P = dgh \quad d = \text{dentsitatea} \quad g = \text{grabitatea} \quad h = \text{sakonera}$$

Normalean 35km-ko sakoneran 1Gpa-ko presioa jasaten du. Baina, dentsitatea handiagotu egiten denez bertako presioa handiagoa da.

GRADIENTE GEOTERMIKOA

Gradiente honek tenperatura aldaketa kilometroko neurtzen du, honela sakonera jakin batean dagoen tenperatura aldaketa kalkulatu dezakegu. Sakonera txikian tenperatura aldaketa kilometroko handiagoa da sakonera handian baino. Beraz lurrazalkeo gradiente geotermikoa handiagoa da mantukoa baino.

BERO ITURRIAK LURREAN

Lurraren tenperatura aldatze dute, bi eragile nagusi daude.

- (%10-%25): Lurraren hasierako akrezioaren ondoriozkoa eta planetaren desberdintzapenarenak eragindako beroa da.
- (%75-%90): Elementu ezegonkorren nukleoak (U, Th, ...) desintegraziotik askatzen den beroa da.

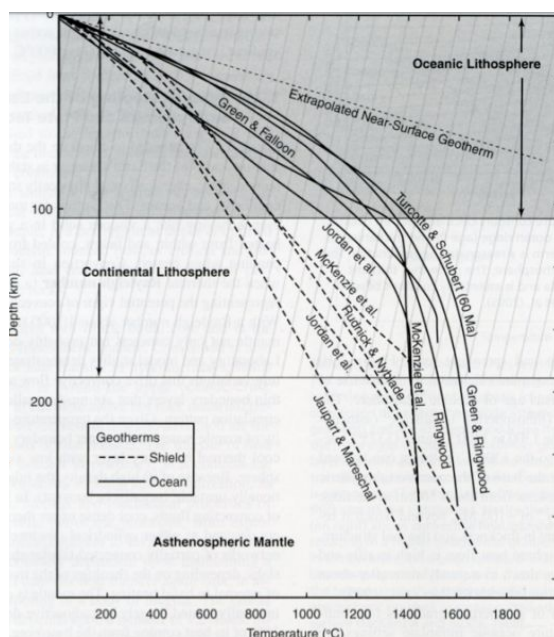
BERO TRANSFERENTZIA

- **Erradiazioa:** Ingurunea transparentea izan behar da, uhinen bidez, arrokek atmosferara transferitzen dute beroa. Beroa lurretik espaziora transferitzen da.
- **Kondukzioa:** Ingurunea opakoak eta zurruna izan behar du. Arrokek eroale txarrak dira, izan ere, energia zinetikoaren transferentzia (bibraziozkoa), metaletan Material silikatuetan baxua baina gunean nahikoa ona da.
- **Konbekzioa:** Beroa transferitzeko malgutasuna behar da, izan ere materiaren mugimendua baliatzen da.
- **Adbekzioa:** Beste mekanismo batzuk erabiliz arrokek desplazatzen dira.

BERO FLUXUA

Eroalkortasun termikoaren koefizientea. Gorputz baten barruan beroa desplazatzen den erraztasuna neurtzen du. Arrokek eroale txarrak dira. Arroka silikatatuak duten konduktibitate termikoa Cu-arena baino 400 aldiz txikiagoa da. Litosfera finean gradiente geotermikoa handiagoa da, hortaz bero transferentzia hobea izango da. Badaude leku konkretu batzuk non, gradienteak aldaketak jasaten dituen. Leku horiei gune anomalo deritze.

- **Gandor ozeanikoak:** Litosfera ozeanikoan gradienteak litosfera horren sakonera eta adina adierazten du. Gainera 1200°C-ko geotermoa erabiltzen da mantua eta lurrazala bereizteko.



2. Gaia: Arroken urtzea

MAGMA

Magmako materialak ez daude fase bakarrean, izan ere fase solido, likido eta gas aurkitzen dira. Bertako materiala arroka silikatatu mugikorrek dira. Materia hori magma bilakatzen da mantuan eta behe lurrazalean. Magma leku jakin batzuetan sortzen dira, plaken mugetan eta barne plaketako gune batzuetan.

Magma gehienek konposizio oso antzekoa daukate, izan ere, arroka silikatatuak urtzean sortzen direnez, beraien konposizioan silize ugari izan ohi dute. Baina, badaude konposizio ezberdinak dituzten magma bereziak, adibidez karbonatitak. Horiek silize oso gutxi izaten dute eta leku berezietan azaleratzen dira. Afrikako riftaren eraginez sortutako sumendietan magma berezi hauek azaltzen dira eta magma horiek beraien konposizioaren ondorioz lurra ongarritzen dute.

Osagai horiek ondoren mineralak eratzen dituzte. Horregatik magmak hainbat fase izan ditzazke.

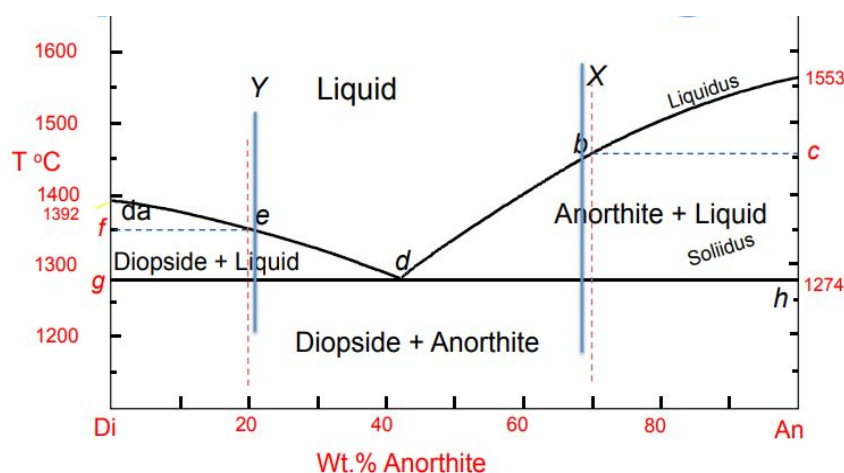
- **Magma likidoa:** Fase bakarra du magma honek.
- **Fase bikoitza:** Bi fase elkartzen dituen magma da. Fase horiek likido gas, likido solido eta likido likido faseak izaten dira.
- **Lau fase:** Magma honek lau fase ezberdinetan dituen materialak elkartzen ditu. Solido-solido-likido-gas faseak aurkezten ditu.

Elementu hegazkorrek oso garrantzitsuak dira, izan ere, horiek erupzio leherkorragoak sortzen dituzte. Erupzio horietan arroka piroklastiko ugari sortzen dira. Elementu hegazkorrek urtze tenperaturak jaitsi egiten dituzte magmen biskositatearekin batera. Magma guztiak ez daukate elementu hegazkorren kantitate berak.

- **Magma basikoak:** Elementu hegazkorrek mota ezberdin ugariak dira.
- **Magma azidoak:** Elementu hegazkorren mota ezberdinen ugartasuna txikiagoa da.

Zerk urtzen du magma?

Petrologia esperimentalak erabiltzen da arroken urtzea aztertzeko. Horretarako labe berezi batzuk baliatzen dituzte. Horietan lortutako emaitzak aztertuz diagrama berezi batzuk osatzen dira. Horietan piroxenoa eta plagioklasak dituzten portaeren azterketa egiten da.



- **X ardatza:** Kontzentrazioak adierazten dira, horretarako izenaren aurkako aldetik hasten zara kontaktzen, ondorioz muga edo izena dagoen lekua %100 da.

- **Y ardatza:** Bertan tenperatura adierazten da, bertan bi marra berezi aurkitzen dira.
 - *Likidusa:* Puntu horretatik aurrera dena era likidoan dago.
 - *Solidusa:* Puntu horretatik behera dena era solidoan aurkitzen da.

Bien artean fase likidoa eta fase solidoa aurkitzen dira. Likidusak eta solidusak elkar mozten duten puntuari eutektikoa deritzo eta tenperatura horretan lehen galdatua sortzen da. Gainera eutektikoak informazioa ematen digu lehen galdatu horren kontzentrazioari buruz.

Esperimentu ezberdinak egin ondoren mineral ezberdineko arrokak urteza errezagoa dela ikusi zen. Eutektikoan hasten dira arrokak urtzen, horregatik lehen galdaturaren konposizioa beti berbera da. Tenperatura igotzean galdatu gehiago sortuko da mineral bat agortu arte. Osagai bat agortzean ezin da galdatuaren konposizioa mantendu eta aldatzen hasten da. Arrokek hoztu den magmaren konposizioa izaten dute, eta horri isopleta deritzo.

Fusioa orekan

Galdatuak arroka bateko mineralak bereganatzen ditu. Hasiera batean galdatu horrek eutektikoaren konposizioa izango du, baina arrokako mineraletako bat gastatutakoan kontzentrazioak isopletaruntz abiatzen da likidusetik zehar. Sistema hau itxi moduan jokatzen da.

Fusio frakzionatua

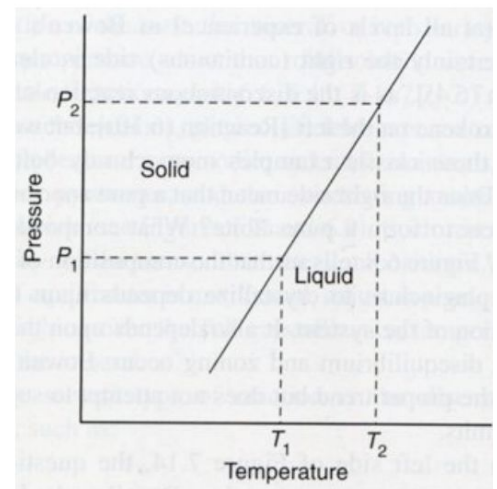
Galdatua sortzen den momentuan, bere dentsitate baxuaren erruz galdatutik urrundu egiten da gorantz. Hasiera batean galdatuaren konposizioa eutektikoko konposizioa izango da mineral bat gastatu arte. Behin mineral bat xahutzen denean arroka monominerala sortuko da. Galdatua mineral bakarrekoa izango da, sistema irekiaren ondorioz.

PRESIOAREN ERAGINA

Presio litostatikoa, arrokek jasaten duten presioa, handitzerakoan fusio tenperatura igotzen da fase solidoetan.

Mineral puruen urte tenperatura igo egiten da. Lehen galdatuaren konposizioa aldatu egiten da, hau da, eutektikoaren konposizioa aldatzen da. Likidusare eta solidusaren tenperatura ere igo egiten da.

Mineral bakoitzean presioak modu ezberdinean jokatzen du, eta batzuetan besteetan baino eragin handiagoa du.



ELEMENTU HEGAZKORREN ERAGINA

Magmek elementu hegazkorrak dituzte disolbatuta, horietako bakoitzak eragin ezberdina du magmen jokatzekeo eran.

- **Ura:** Uraren eraginpean arroken urte tenperatura jaitsi egiten da. Ondorioz, likidusaren eta solidusaren tenperatura ere jaitsi egiten da, eutektikoaren konposizioa aldatuz. Arrokak uraren eraginpean errazago urtzen dira.

ARROKEN FUSIO ESPERIMENTALA

Mineral ugari dauden sistemetan errazagoa da fusioaren azterketa egitea, mineral

NON SORTZEN DA MAGMA

Jarduera magmatikoa eta arroken urtzea lotuta daude. Arroak urtzeko hiru mekanismok hartzen dute parte. Elementu hegazkorak, presio galera edo deskonpresioa eta tenperaturaren handitzea.

Gandor ozeanikoa

Gandorraren azpiko materiala azaleratzean, honek presio galera bat jasaten du, ondorioz arroka horiek urtu egiten dira.

Subdukzio zona

Hondoratzean doazen mineralean ura askatzen da, ur hori mantura pasatzen da, bertako solidusa eta likidusaren tenperaturak jaitsiz. Batzuetan zona hauetako tenperatura igotzen da, baina ez da ohikoena.

Irla ozeanikoa

Luma edo zutabe batek sortutako irlak dira, bertako materiala azaleratzean konbekzio korronteen ondorioz presio galera bat jasaten du. Deskonpresio horren ondorioz magma sortuko da.

Arkuaren atzeko arroa

Bertan gandor bat sortzen denez, bertako arrokek presio galera jasaten dute.

Rift

Konbekzio korronteen azaleratutako arrokek presio galera jasaten dute arroak urtuz.

Talka orogenikoa

Bertan jasaten diren deformazioek presio eta tenperaturaren igoerak eragite dituzte, kasu honetan tenperatura igoerak arroak urtuko lituzke.

Normalean geotermoak, luraren barneko tenperaturak, ez du solidusaren tenperatura harrapatzen. Horregatik lur barnea esan daiteke egoera solidoan dagoela gehienbat. Mantuko arrokei Peridotitaz gain Lertzolite moduan ere deritze. Baina mantuko arroak mota ezberdinean egon daitezke

- **Txirotuak:** Aurretik jada erdi urtuak zeuden arroka hauek.
- **Emankorrek:** Arroka hauek ez dute urtze partzialik jasan.

Horrez gain arroak TAS diagramako sailkapenari begira hainbat taldetan banatzen dira:

- **Alkalinoak:** Plaka barnean sortutako magmak hoztean eratu diren arroak dira.
- **Subalkalinoak:** Plaken ertzetan sortutako magma hoztean eratutako arroak dira, baina horiek bi taldetan banatu daitezke.
 - *Toleitikoak:* Muga dibergenteetan sortu diren arroak dira.
 - *Kalkoalkalinoak:* Muga konbergenteetan sortu diren arroak dira.

Konposizio bereko arrokek izaera ezberdina izan dezakete presioaren arabera, izan ere, arroka toleitiko bat presio baxuan sortuko da eta arroka kalkoalkalino bat berriz presio altuko guneetan sortzen da.

LERTZOLITEAK URTZEKO MEKANISMOAK

- **Basaltoak urtzeak:** Basalto hauek bi baldintzapean urtzen dira.
 - *Ur gutxiko eremuan:* Arroka argia sortzen da magma hau hoztean, bertan arroka granitikoa, kuartzo ugariak sortuko da.
 - *Ur asteasuna dagoen eremua:* Magma azidoak sortzen dira, ondorioz horiek hoztean arroka granitikoak sortuko dira. Arroka argiak-
- **Lurrazal kontinentala urtzea:** Bertako arroken konposizioa oso heterogeneoa da. Izan ere, bertan aurkitzen diren arroak sedimentarioak, igneoak edota metamorfikoak izan daitezke. Baina denek magma mota bera sortzen dute, azidoa. Magma horrek arroka argiak, hau da, granitikoak sortuko ditu.

DESBERDINTZAPEN MAGMATIKOA

Magmek konposizio berdina izaten dute hasiera batean, baina magmek desberdintzapen prozesu ezberdinak jasaten dituzte arroka ezberdinak eratzeko hoztean. Magma bat dibertsifikatzean konposizio kimiko ezberdineko arroak sortzen dira.

Magmen eboluzio hori bi modutan eman daiteke, fase fisikoak banatuz edo era kimikoan.

- **Segregazioa:** Partzialki urtutako arroketan fase likidoa eta fase solidoa banatzen dira. Banaketa horretarako energi behar da.
- **Frakzionazioa:** Desberdintasun konposizionala gertatuko da, desberdintasun kimikoa mantendu egingo da magma oso ezberdinak sortuz. Hoztearen ondorioz sortutako kristalak galdaturik frakzionatzeko hainbat modu daude.
 - *Magmen nahastea:* Bi magma igoera prozesuan elkartzean nahastu egiten dira. Nahastearen ondorioz konposizio aldatu eiten dira galdatau berri bat sortuz. Horiek sortzen dituzte arrokek zati argi eta ilunak trukaturatuta izango dituzte. Arroka horretan bi osagaiak ikusten batira Mingling deritzo. Osagaiak ez badira bereizten berriz Mixing deritzo.
 - *Kristaltze frakzionatua:* Grabitatearen ondorioz kristalak konpaktatu egiten dira ganbara magmatikoaren azpian. Horrela arrokek egitura bandeatua hartuko dute. Dentsitate txikiagoko materialak gorantz irteten dira, hau da, galdatauak ihes egiten du kristalen artetik. Magmen konposizioaren arabera mineral ezberdinak kristaltzen dira, izan ere magmaren konposizioak mineralen edo arroken konposizioan eragiten du.
 - *Magmen nahastezintasuna:* Konposizio bereziko magma batzuk (CO₂, Fe eta S-tan aberatsak diren magmak) ez dira ondo nahasten beste magma

silikatatuekin. Fase berezi bat hartzen dute galdatu horiek banatu arte, izan ere ezin dute oreka mantendu.

- *Fase hegazkorra:* Magma solidotzean elementu hegazkorak akumulatzen joaten dira. Arroka hostalaria apurtzean azken galdatu bat sortzen da. Batzuetan galdatu horrek kristal oso handiak sortzen dituzte. Gainera horrelako egituretan zain hidrotermalak ere azaltzen dira, elementu hegazkorak berotzean.
- *Asimilazioa:* Magmak lurrazalean igotzean arroka ostalariaren zatiak bereganatzen ditu. Arroka konposizioak magmaren konposizioa aldatzen du. Horretarako tenperatura altua behar da. Arroka ostalariaren zatiak galdatuan baudenean xenolito deritze.

Arrokak naturan taldekatuta azaltzen dira, horri segida magmatikoa deritzo. Arroka horiek desberdintzapen bakarraren ondorio dira. Arroka horiek galdatu bakarretik hoztu dira.

MAGMAREN PROPIETATE FISIKOAK

Magmaren konposizioak bere joera finkatzen du. Elementu hegazkorak presio jakin batean disolbaturik aurkitzen dira. Elementu hegazkor horien bolumena hazi egiten da ez badaude galdatuan disolbaturik. Petrologia esperimentalaren ondorioz, badakigu sakonera handitzean elementu hegazkorren kantitateak ora egiten duela eta horrek magmaren ezaugarrietan zer ikusia du.

Gainera magmaren beste hainbat ezaugarri garrantzitsuak dira.

- **Biskositatea:** Fluido baten fluxurako duen erresistentziaren neurria da. Biskositatea nagusiki magmaren konposizioaren eta tenperaturaren araberakoa da.
- **Dentsitatea:** Galdatuen flotagarritasuna kontrolatzen dute. Magma gero eta basikoa izan orduan eta dentsitate handiagoa du, orduan lurrazalaren arroken dentsitate antzekoa hartzen du eta ondorioz ez da azaleratzen lurrazal kontinentalean.