

1.gaia **GEOLOGIA ZIENTZIA** **BEZELA**

1.1. Geologiaren definizioa

- Lau ingurune fisiko ikusten dira espaziotik: Hidrosfera, atmosfera, lur-solidoa eta biosfera.
- Hauek ingurumenaren parte dira
- Euren artean interakzioak uneoro, energia trukeen bidez:
 - o Emaidza: Eguraldia, klima, biosfera...
- Organismook eragina: atmosfera, hidrosfera, biosfera eta lur-solidoan

Hidrosfera: Ur-masa dinamikoa → Etengabeko mugimenduan (uraren-zikloa)

- Hidrosferako %97 ozeanoan
- Planetaren $\frac{3}{4}$ ur-azpian dago
- Ur-geza: Erreka, ibai, laku, glaziar, lurpean, izaki bizidunetan...
 - o `Paisaiak sorrarazi (higidura...)

Atmosfera: Gas-nahasketa

- Geruza oso mehea; oso garrantzitsua: Arnasteko iturria / izpi ezberdinetatik babestu
- Gehiena lehenengo 6km-tan -- %90a lehenengo 16km-tan

Biosfera: Lur-solidoaren gainazalean (ozeanotik-atmosferara)

- Landare eta animaliak ingurune fisikoaren menpe

Lur-solidoa: Gainazaleko material eta egituretan oinarritu

* Barrua ez ikertu, eskuragarri daudenak bakarrik

“GAINAZALEKO EZAUGARRITASUNEN AZTERKETA LAGUNGARRIA IZAN DA PLANETAN ARITU DIREN PROZESU DINAMIKOAK AZALTZEKO”

GEOLOGIA: Lurra ikertzen duen zientzia da

Helburua: Lur-dinamiken oinarriak ulertzea eta finkatzea

LURRAREN OSAGIAK:

- Mineralak
- Arrokak
- Urak
- Atmosfera
- Glaziarak
- Iraganeko bizitzak/formak
- Klima

LURREKO OSAGAIEN PROZESUAK:

- Bolkanismoa
- Lurrikarak
- plaka-tektoniko dinamikak
- aldaketa klimatikoa
- suntsipenak
- metamorfismoa
- ozeano-atmosfera dinamika
- talka-meteoritikoak...

GEOLOGIAKO ESPEZIALITATE EZBERDINAK:

- Minealogia
- Petrología
- Kristalografia
- tektonika/sismología
- paleontología...

Geologia zientzia historikoa da. Denboraren eskala kontuan hartu behar da.

- Iraganeko prozesu geologikoak baliogarriak dira egungoak ulertzeko
- Erronkatak bat: Etorbizuneko gertaerak aurreikusi

Beste interes batzuk:

- Natura-baliabideak aurkitu eta ustiaketa ikertu
 - o Energia (petroleoa, gasa, ikatza...)
 - o Mineralak (urrea, koltana...)
 - o Arrokak (zementua...)
 - o Ura (urtegiak kokatu, akuiferoak)
 - o CO2 gordailuak
- Arrisku naturalak aurreikusi (lurrikarak, tsunamiak...)
- Aldaketa klimatikoak aztertu eta ikertu (lehorte, glaziazio, bolkanismo...)
- Ingurumena babestu:
 - o Akuiferoak kudeatu
 - o Lurzoruak ikertu
 - o Itsasbazterrak

*Geologo asko: espazioa esploratzen (Ilargia, Marte)

1.2. Geologiaren garapen historikoa

- Geologia gizakiarekin batera jaio zen.
- Hauek, gertaerak eta materialak aztertzen, baliabide naturalak esploratu eta ustiatzen zituzten.
- Historiaurreko Garai nagusiak erabilitako gai geologikoen arabera daude ezarrita: Harri Aroa, Brontze Aroa, Burdin Aroa
- Grekoak k.a 2.300 urte: Fosilak, harribitxak... deskribatzen hasi (Aristóteles)
 - o Aristotelesen azalpenek eragin handia ondorengo urteetan, azalpen arrazionalagoak sahiestuz
- Azalpen mitologikoak → XVI. mendera arte
 - o James Ussherek lurraren eta gizakiaren kronologia eraiki → k.a 4.004. urtea
 - o Hondamendi handiek eraiki zituztela lurreko paisaiak (KATASTROFISMOA)
 - o XIX. mendera arte erlijioak eragin handia izan zuen
- Stenoren printzipioa (1638-1686): “Geruzen gainjartze printzipioa”
 - o Printzipioak dio: Arroka guztiak ez direla adin berekoak
 - o Goran daudenak berriagoak dira
 - o Arrokak geruzetan antolatzen dira

- XVIII.mendean GEOLOGIA MODERNOAREN jaiotza → korrontea: UNIFORMISMOA (gauzak uniformeko aldatzen dira pixkanaka)
 - “egungo lege fisikoak, kimikoak eta biologikoak berdinak izan ziren iraganean”
 - James Hutton, 1788: Oinarri zientifikoak lortzeko nahia zuen

- 18 eta 19.mendeak → Ikuspegi berria
 - Prozesu geologikoak lurrian oso poliki egin → gertaeren neurketa berria: Miloika urte
 - Lurra oso zaharra zela konturatu

- XIX.mende oparoa: Arroken jatorria ezagutu, fosilen esanahia aztertu eta mapa geologikoak egin: Oinarrizko informazioa eraikitzen hasi

- XX.mendea: Benetako iraultza.
 - Wegener “continente-jitoa” ren teoría : kontinenteak mugitzen direla
 - 2.mundu gerran: Urpeko ontziek datuak lortu
 - 60.hamarkadan: Plaka tektoniko teoría eraiki zuten: Gertaera geologikoak ulertzeko: lurrikara, sumendi, arro sedimentario, Mendikateen sorrera...
 - Katastrofismoan berpizkundea; dena ez delako horren uniformea
 - Unibertso/bitzaren sorrera, mediterraneoaren lehortzea...

- Gaur egun→ Geologiak método zientifikoa jarraitu

1.3.Lurraren adina

- Hutton: Denbora luzea lurrak (Ez zuten metodorik zehazteko)
- XIX.mendean: Datazio erlatiboa (denbora eskala)
 - o Gertaerak denbora sekuentzia baten arabera identifikatu baino urterik ipini gabe
 - o Beherakoa zaharragoa da (Gainjartze printzipioa)
 - o Segida biotikoaren printzipioa
 - Fosildutako organismoak orden bat (eboluzioarena) jarraitu
 - Beraz, Garai geologiko bakoitzak bere fosilak ditu
- Denbora geologikoaren eskala egiteko hamarkadak behar izan zituzten
- 1896an ERRADIOAKTIBITATEA aurkitu zen
- 1905an Datatzen hasi ziren →Orduetik adina neurtzen hasi zehaztasun handiarekin
 - o Lurraren adina: 4.550 miloi urte (Ma)
 - o Ma → Miloika urte
- Geologiak erabiltzen dituen eskalak miloika urtekoak dira

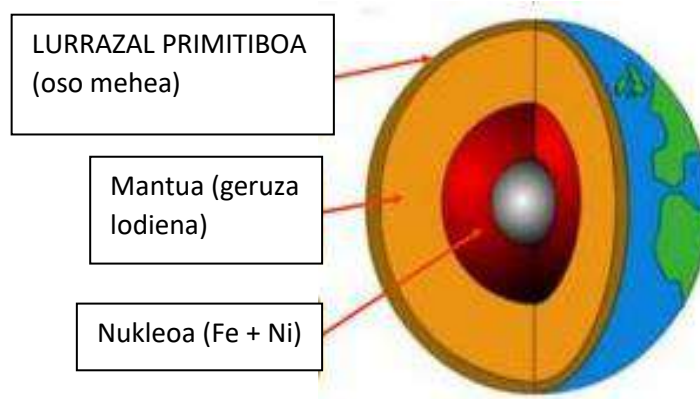
2.gaia LURRAREN SORRERA ETA EBOLUZIOA

2.1.- EGUZKI-SISTEMAREN SORRERA

- Duela 12.000-15.000: Big Bang
 - o Materia multzo izugarria zabaldu zen
 - o Unibertsoan espantsioa hasi zen
- Materia gehiena: He eta H atomoak
 - o Kondentsatzen hasi (elkartzen) → Izarrak eta galaxiak sorrarazi
 - o Eguzki sistemako osagai guztiak batera/materia beretik sortu ziren: Garaikideak
- Nebulosa primitiboaren teoría
 - o Hodei handia: Eguzki nebulosa
 - Biraka
 - Grabitatea dela eta uzurtzen hasi (duela 5.000 Ma)
 - o Errotazioan eraginez: Disko itxura hartu
 - Abiadura eta grabitatea orekatu
 - Erdian: Protoeguzkia sortu
 - o Grabitateak kolapso bat eragin: Energia zinetikotik → termikora
 - Erdian temperatura igo: Hauts partikulak deskonposatu berriro
 - o Temperatura altuakin: EGUZKIA sortu
 - Inguruan temperatura jaisten hasi
 - Osagaiak solidotzen hasi: Metal/arrokazko partikulak sortu (Fe, Ca, Ni, Na, Si...)
 - o Partikulak grabitatean eraginez: Protoplanetak sorrarazi
 - Haien artean talka egiten jarraitu harmarka miloi urtetan zehar: Barneko lau planetak (Merkurio, Artizarra, Lurra eta Marte)
 - o Beste partikula batzuk eguzki sisteman solté geratu: Meteoritoak
 - o Barneko protoplanetak geroz eta material gehiago erakarri
 - Talken bidez temperatura handitu
 - o Kanpoko planetak garatzen: temperatura baxuagoa → hauts pikortsua + izoztutako materiala. Izotz vol handia = dentsit. Txikia

2.2.- LURRAREN SORRERA ETA EBOLUZIOA

- Lurra Barneko planeta
- Akrezioz: Materiala gehituz
- Abiadura handiko talkek → temperatura igo
- Tenperatura altuagatik: Fe eta Ni solidotu ziren (galdatze tenp. Altua)
 - Astiro hondoratuz joan ziren, ondorioz, dentsitate handiko nukleoa sortu
- Kanpoaldea (gainazala): nukleo.a baina hotzagoa
 - Arroka-masa (oso ezegonkorra) azala sortu: lurrazal primitiboa
 - Elementuak "litiofiloak" protolurrazalera gehitzen joan
 - O₂ + Si, Al eta kantitate txikiagoan: Ca, Na, K, Fe, Mg...



- Atmosfera primitiboa: elementu arinez (atmosfera bertan sortu zen bizia → duela 4.000 Ma)
- Eguzki sistemako planeta bakarra: GEOLOGIKOKI BIZIRIK DAGOENA
 - Aktibitate biologikoa
 - Gainazala etengabe berrituz doa
 - Planetaren barruko T^a oso altua → Plaka-tektoniko dinamika aktibatzekeo

2.3.- LURRAREN GAINAZALA

- %70 ozeanoak (denak Eurasia baino handiagoak)
- Lurralde kontinentalen %65 ipar hemisferioan

KURBA HIPSOGRAFIKOAK: Eskualde geografiko baten altueran tartearen frekuentzia neurtzen du. (%)

- 2 balio máximo:
 - IM 300m ohikoena (batazbeste. 840m-koa)
 - IM 4800m ohikoena (bb. 3929m)

ESKUALDE KONTINENTALA

- Egonkorrak (aktibitate geologikorik ez)
- Ez-egonkorrak (menditsuak)

GERRIKO MENDITSUAK: “berriak” → <100Ma

- Kolisio mendikateak
- Arku kontinentalak

ESKUALDE KONTINENTALAK

- > 600 Ma arroka kristalino zahar deformatuak
- > 100 Ma arroka oso zaharrak (kratoiak) barnean

PLATAFORMA EGONKORRAK:

Eskualde kratonikoak (arroka zaharrak estalki sedimentario azpian)

RIFT KONTINENTALA:

Milaka km-ko depresio gune luzeak, bailara luzeak. Bertan aktibitate bolkanikoa

ESKUALDE OZEANIKOA:

1. Kontinente ertza
2. Ozeano gandorrak
3. Arro ozeanikoak (lautada-abisalak)

1. KONTINENTE ERTZA: Eskualde kontinental eta ozeanikon arteko eremua

a. Kontinente plataforma:

- Okerdura txikia, zabalera aldakorra
- Kostatik kontinente ezpondara
- Marearteko zabalgunea

b. Kontinente ezponda:

- Eremu maldatsua
- Kontinente plataforma eta ozeano hondoaren artean
- Kontinente eta arro ozeanikoen muga
- Itsas azpiko arroilez zeharkatuta → kontinente plataformatik datozten lugakinak ozeano hondora bideratu ur-korrente dentsoen bidez.

c. Kontinente glazisa:

- Fosa gabeko eskualde ozeanikotan, sedimentu pilaketa handiak
- Estaldura nahiko laua osatu, okerdura txikiko gorputz zabalak garatu. Lautada-abisalaren zati bat da.

LAUTADA-ABISALA:

- Kontinente ertza eta ozeano gandorren artean.
- Eremu zabal eta lauak.
- Sakonera: 3.800m-4.000m artean

FOSA:

- Ozeano hondotan depresio sakonak, linearrak eta luzeak
- Fosaren ardatza: 11.000m-koa izatera hel daiteke
- Bi erliebe mota:
 - Batzuk kontinente ertzen ondoan: Kontinente-arkua
 - Besteak ozeano erdian: Uharte-arkua
- Fosen kontrako aldean arkuostea. Arro sedimentario laua.

UHARTE-BOLKANIKOA:

- Lautada-abisaletan asko daude
- Askotan mendikate estu eta luzeak definitzen dituzte eta aktibitate bolkanikoak: laba-lautada zabalak eraiki.
- Lur azpiko nukleotik (luma baten barrutik) magma igotzen da. Solidotu egiten da eta Uharteak sortzen da
- Plaka tektonikoen mugimenduekin luma ere mugitzen da eta horrela irla ezberdinak sortzen dira

OZEANO-GANDORRA:

- Ozeano hondoan, 70.000km jarraia den erliebe malkartsua
- Sumendiez osatuta (itsas-hondotik (4000m) 2.000m-2.500m altxa
- Erdian rift bailara bat (plakak banatzen)
- Erditik magma ateratzen da baina hautsi egiten da, rift-a osatuz

Eskualde ozeanikoko arroka zaharrenak < 200 Ma

Bataz besteko dentsitatea = 3g/cm^3

3.gaia LURRAREN BARNE-EGITURA

3.1 LURRAREN BARNE-EGITURA

- Desberdintze kimikoa, hau da, material pisutsuak beherantz eta arinak goran garatzea, prozesu goiztiarra izan zen luraren historian. Honek luraren egituraren geruza ezberdinak garatzea ekarri zuen.
- Geruza hauek bereizi irizpide ezberdinekin:

a) Konposaketa kimikoan oinarritutako geruzapena (grabitatean eraginez)

- **Lurrazala:** kanpoaldeko geruza arrokatua. Oso mehea. 2 mota
 1. Lurrazal ozeanikoa:
 - a. 7km lodiera, barruan geruza gehiago
 - b. Nagusiki basaltua (arroka igneo basiko-ultrabasikoak)
 2. Lurrazal kontinentala:
 - a. Lodiera 35-40km, eskualde menditsuetan 70km
 - b. Arroka mota heterogeneoa

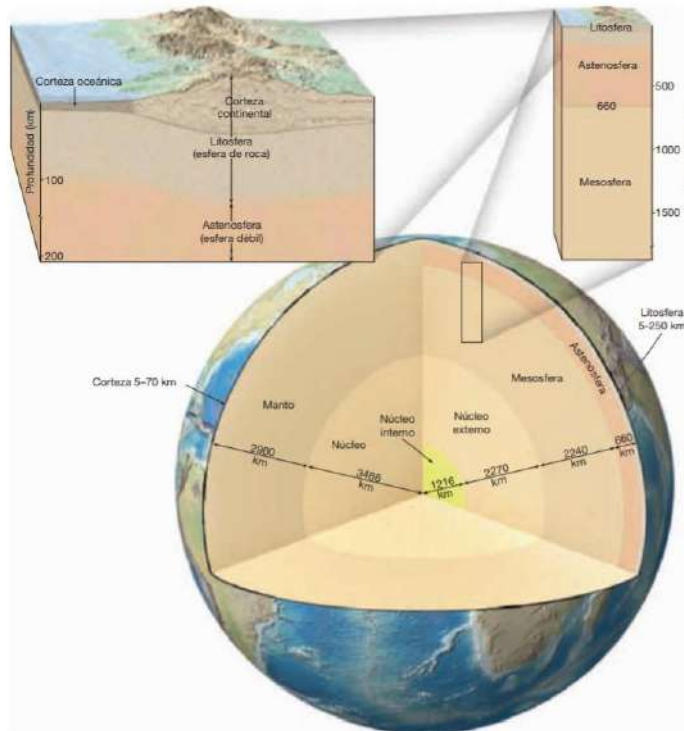
*Goi lurrazal-kontinentala 0-15km → konposaketa granodioritikoa

*Behe lurrazal-kont. 15-40km → konposaketa gabroikoa

Dentsitatea: bb. 2'7g/cm³

*ozeanikoak 3g/cm³

- **Mantua:** Erdiko geruza, arroka: peridotita
 - Sakonera + , arroka egitura kristalinoa → dentsitatea
 - Geruzak luraren bolumenaren %82 hartu, 2.900km sakonera
 - Mantua eta lurrazala arteko mugak aldaketa kimiko bati erantzun
- **Nukleoa:** Eremu magnetikoa Fe askatu , eroalea dena.
 - Fe-Ni aleazioa + S, Si, O (kopuru txikian)
 - Dentsitatea: 11g/cm³ izan daiteke



b) ERREOLOGIAN OINARRITUTAKO GERUZAPENA

Lurrak barnean beroa du, askatzen doa unibertsoa (laba...)

Sakonera handiagoa, presioa, dentsitatea (zentroan 6.700°C)

- **Litosfera** (lurrazala + goi mantuko kanpoaldea), arroka esfera
 - Batz-beste 100km lodiera, (eskualde kontinental zaharretan 250km ere)
 - Arroka ezberdinak (azala, Mantua), fisikoki unitate 1 → arroka hotz zurrinak
- **Astenosfera** (goi-mantua – 660km-raino) Plastikoa, esfera aila
 - Presio, temperatura → arroka galdatuak
- **Mesosfera:** (behe-mantua – 660-2.900km) erdiko esfera
 - Presio, temperatura, orekan → arroken erresistentzia
- **Endosfera** (nukleoa) barruko esfera
 - Fe-Ni aleazioa, izaera mekaniko ezberdina
 - Kanpo nukleoa 2270km arteko geruza likidoa →
 - Barne nukleoa 1216km r. T, material solidoa (p)

3.2 IKERKETA METODOAK

- Metodo zuzenak: Zundaketak, enklabeak eta ofiolito prozesuak
- Zeharkako metodoak: geofisika metodoak, meteoritoak

a) METODO ZUZENAK

ZUNDAKETAK → Zundaketa laginak.

- Lurraren zentroraino ez da inoiz zulatu, gehiena 12 km
- Lurrazalaren konposaketa zehaztu (ozeanikoa, kontinental)

ENKLABEAK → Arroka zatiak

- Magmak gainazalera garraiatutako lurrazal / goi-mantuko zatiak

OFIOLITO PROZESUAK → Xafla itxurako arroka

- Goi-mantu eta lurrazal ozeaniko zatiak dira
- Esfortzu tektonikoek eremu kontinentalera mugitu (OBDUKZIOA)

b) ZEHARKAKO METODOAK

GEOFISIKA METODOAK → Uhin sismikoak

- Uhin mekaniko hauek gehienetan lurrikaretan sortu, hedatzeko gaitasuna.
- Energiaren zati bat uhin sismiko moduan askatu → SISMOLOGIA
 - SISMIKA
 - Propietate ezberdineko mugetan → uhin sismiko abiadura aldatu
 - Errefrakzioa edo islapena gertatzen da
 - Lau uhin sismiko mota: P, S, L eta R

Lurrikara sortzean kontrol estazio sare batek askatutako energia jaso, detektatu eta erregistratzen dute. Bertako barne-egitura ezagutzeko ere baliogarriak dira.

Sismografoa (aparatoa) → sismograma (idatzia)

METEORITOAK

- Espazioko gorputz handien arteko talketatik askatutako arroka zatiak dira.
- Barne-planeten laginak dira
- Nukleo eta mantuko informazioa ematen dute
- Nukleoko laginik ez da heldu gainazalera (sakonera, dentsitateagatik)
- Meteorito motak
 - Litiometeoritoak: Arruntenak, silikatoz osatuta
 - Kondritoak: Ohikoenak (%85) Fe-Mg silikatoak eta Fe-Ni aleazioak
 - Akondritoak (%7): Galdaketa aztarnak, kondritorik gabe
 - Tektitak: Silikatozko beira
 - Siderolitoak: Silikato eta metalak (%2)
 - Sideritoak: (%6) Ni-Fe aleazioak osagai nagusia

4. gaia MINERALOGIA

EDUKIAK

4.1 Sarrera

4.1.1. Ikuspuntu ekonomikoa

4.1.2. Mineralogia

4.2 Minerala

4.2.1 Mineralen konposaketa kimikoa

4.2.2 Mineralen propietate fisikoak

4.2.3 Soluzio solidoak

4.2.4 Mineral isomorfoak

4.2.5 Mineral polimorfoak

4.2.6 Mineralen sailkapena

4.3 Arroka eta mineralak

4.4 Mineralen sorrera-zikloak

4.5 Kristal-egitura

4.6 Mineralen propietate makroskopikoak

4.7 Silikatoak

4.1 SARRERA

Lurrazalak mota askotako mineralak aurkezten ditu, horietako asko erabilgarriak edota funtsezkoak direnak.

4.000 mineral inguru ezagutzen dira, eta urteko mineral berriak identifikatzen dira, baina horietatik %1 baino gutxiago ugariak edo arruntak dira Lurrean.

Ugariak diren mineral gutxi hauek lurrazaleko arroka gehienak osatzen dituzte, horregatik mineral hauek "arroka-eratzailak" bezala ezagutzen dira.

Soilik 8 elementu kimiko osatzen dituzte mineral "arrunt" hauek. Elementu kimiko hauek, pisu portzentaian, lurrazalaren %98 baino gehiago suposatzen dute. Elementu kimiko hauek dira:

O Si Al Fe Ca Na K Mg

Silizioa eta oxigenoa lurrazaleko elementu kimiko ugariak dira. Bi elementu hauek erretasunez konbinatzen dira silikatoak (mineral klase ugariena) eratuz

Mineral ez-silikatsuak lurrazalean urriagoak dira, baina gehienak, ikuspuntu ekonomikotik, oso garrantzitsuak dira, hainbat baliabideen iturri direlako: Burdina, aluminioa, kobrea, igeltsua, uranioa, ...

4.1.1. Ikuspuntu ekonomikoa

Ustiaketa helburuaren arabera, mineral bat ganga edo mena izan daiteke. Baldintza geologiko eta ekonomikoen arabera ganga menan bihurtu daiteke eta alderantziz.

Mineral hobi baten bideragarritasuna hainbat faktoreen menpe dago, funtsean 2 multzo nagusietan taldekatu daitezkenak:

1. Faktore geologikoak: interesteko mineralen erretserbak, arroken legea, mineralaren propietate fisiko eta kimikoak, kokapen geografikoa, ...
2. Faktore ekonomiko eta teknikoak: esploraketa, ustiaketa eta garraioaren kostua, mineral tratamenduaren bideragarritasuna, merkatuaren eboluzioa, ...

Zenbait arrokek ere interes ekonomikoa izan dezakete ("industria-arroka")

4.1.2. Mineralogia

- Mineralak ikertzen dituen espezialitatea (mineral=minerala; logos=ikasketa)
- Zer du helburu?
 - o Mineralen konposaketa kimikoa zehaztea
 - o Egitura kristalinoa zehaztea
 - o Propietate fisikoak zehaztea

4.2 MINERALA

Gai solido, homogenea, ez-organikoa eta naturala da; egitura atomiko antolatu bat aurkezten du eta konposaketa kimiko zehatza, nahiz eta azken hau aldakorra izan muga tarte batean.

Sailkapena eta izendapena Nazioarteko Mineralogi Elkarteak egiten du

Ez dira mineralak:

1. Gai solido sintetikoak
2. Kristal egiturarik gabeko gai solido naturalak
3. Opaloa, izotza, ikatza edota merkurioa mineraloideak dira.

4.2.1. Mineralen konposaketa kimikoa

Gaur egun ezagutzen diren 112 elementutatik 92 agertzen dira modu naturalean. Mineralen kasuan, konposaketa kimikoari dagokionez:

- Elementu bakar batekin osatuta egon daitezke
- Elementu bi edo gehiagoren konbinaketatik (osagai kimiko egonkorak lortzeko) osatuta daudenak

Mineralak lotura kimiko bitartez elkartutako atomoekin osatuta daude, azken hauek espazioan ordenatuta daudenak kristal-egitura zehatz bat eratuz.

Mota bereko mineralak elementu kimiko berdinak dituzte, modu errepikakor eta erregular berdinean ordenatuak.

4.2.2. Mineralen propietate fisikoak

Konposaketa kimiko eta kristal-egituraren menpe daude.

Askotan barne-antolamendu atomikoa mineralaren kanpo itxura geometrikoan islatzen da, hortik kristal izena erabili izana sinonimo bezala.

Gai amorfoetan molekulak eta atomoak lokailu kimiko indartsuekin elkartuta egon arren, barne-egiturak EZ dauka erregularutasun edo periodikotasun geometrikorik.

4.2.3. Soluzio solidoa

Kristal-egitura batean kokapen atomiko zehatzetan elementu kimiko bi edo gehiagoren arteko proportzio aldakorrak egotea. Soluzio solidoetan hiru faktore dira erabakigarriak:

1. Ioi, atomo edota talde ionikoaren tamaina
2. Azken hauen karga elektrikoa
3. Mineralaren sorrera-tenperatura

Hiru egoera mota daude:

1. Ordezkapeneko soluzio solidoa (adbz. Forsterita-fayalita)
2. Soluzio solido interstiziala (adbz. Zeolita-taldea)
3. Omisio soluzio solidoa (adbz. Pirrotina)

Soluzio solido bateko 2 muturreko konposaketak + tarteko terminoak mineral serie bat osatzen dute.

Olibino taldea

Plagioklasa taldea

4.2.4. Mineral isomorfoak

Kristal-egitura berdineko mineralak baina, konposaketa kimiko desberdina dutenean mineralak isomorfoak dira. (*iso=berdina; morfos=itxura*)

Kaltzita

Magnesita

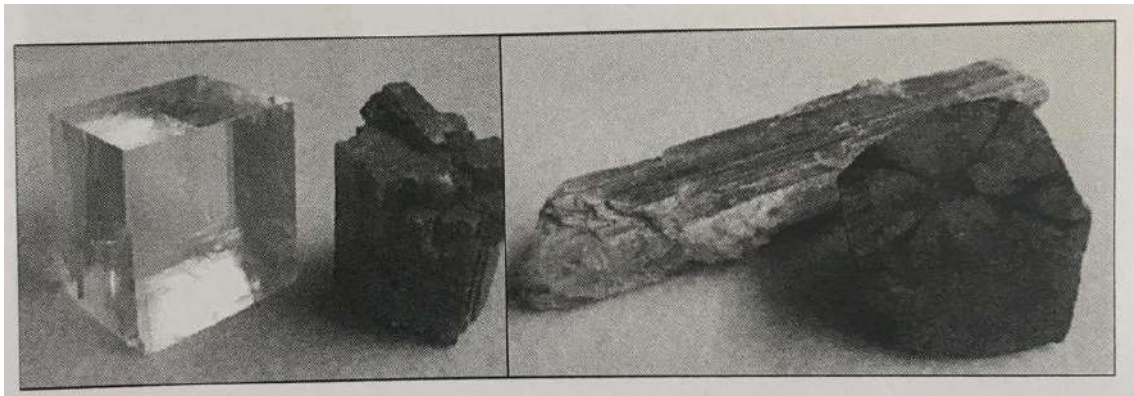
Siderita

Rodokrosita

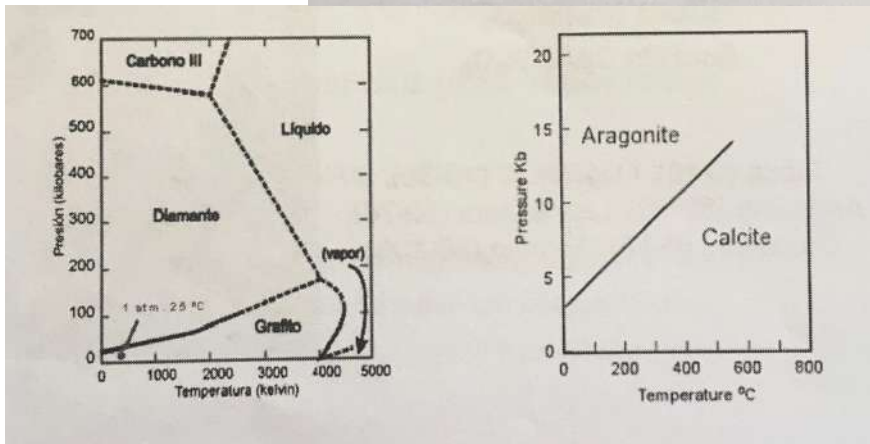
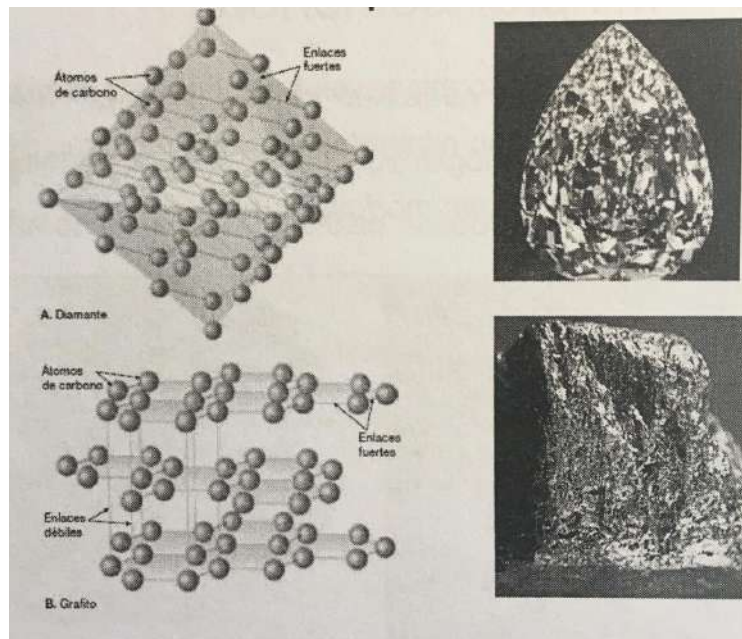
Smithsonita

4.2.5. Mineral poliformoak

Gerta daiteke kristal-egitura desberdineko mineralak, beraz propietate fisiko desberdinekin, konposaketa kimiko berdina aurkeztea; egoera honetan mineralak polimorfoak dira.



Mineral baten transformazioa beste mineral polimorfo batean fase aldaketa deritzo. Prozesu honek inguruko baldintza fisikoen aldaketari erantzuten dio.



4.2.6. Mineralen sailkapena

Mineralen sailkapena hauek konposaketa kimikoan eta barne-egituran oinarritzen da. 2 ezaugarritasun hauek mineralaren funtsa dira, honen propietate fisikoak aginduz.

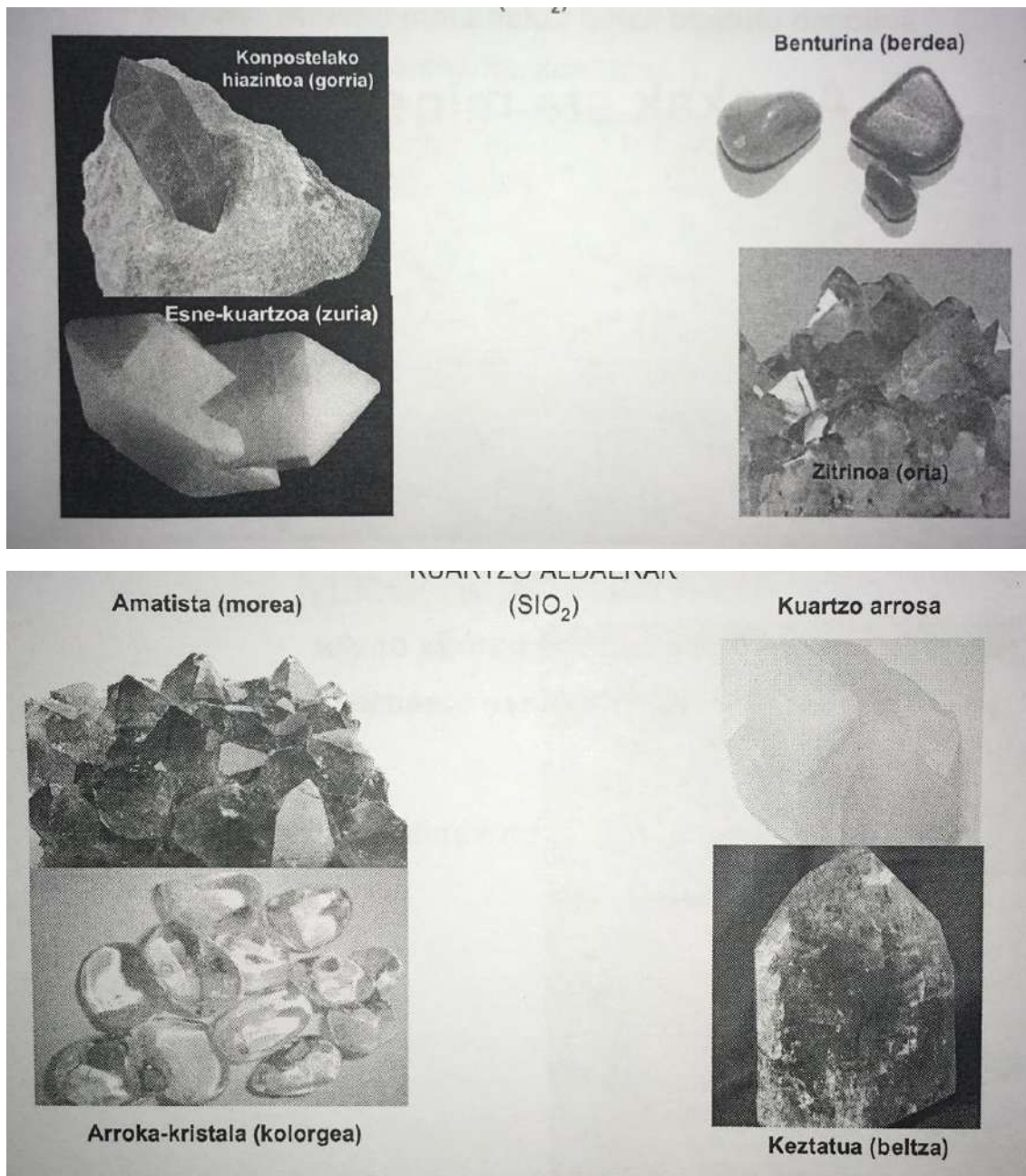
Talde anionikoak garrantzi handia dauka sailkapenean, 12 mineral-klase bereizten direlarik.

Klase bakoitzean, bereizitasun kimikoen arabera, talde desberdinak aurki daitezke.

Talde bakoitzak espezie desberdinak biltzen ditu; batzuetan espezie multzo batek segida bat osatu dezake.

Espezie bakoitzak aldaerak aurkeztu ditzazke, aldaketa kimiko txikien eraginez.

1. Kuartzo aldaerak (SiO₂)



Mineral-klaseak:

- I. Elementu natiboak
- II. Sulfuroak
- III. Sulfurogatzak
- IV. Oxidoak
 - a. Sinpleak eta multipleak
 - b. Hidroxidoak
- V. Haluroak
- VI. Karbonatoak
- VII. Nitratoak
- VIII. Boratoak
- IX. Fosfatoak
- X. Sulfatoak
- XI. Wolframatoak
- XII. Silikatoa

4.3 ARROKAK ETA MINERALAK

4.3.1. Mineral-agregatua

- Homogeneoa
- Heterogeneoa

4.3.2. Arroka

Lurrazaleko zein mantuko mineral mota batez edo desberdinez osatutako agregakina, kontsolidatua nahi kontsolidatu gabea.

Emandako arroka bateko mineralak eta hauen proportzioak nabarmenki baldintzatzen dute arrokaen izaera eta itxura

Arrokaren ehundura, hots, osagaien (adib. Mineralak) tamaina, itxura eta banaketa eragin handia dauka arrokaen itxura. Ehundura eta osagai mineralak arrokaen jatorria islatzen dute.

ARROKA MONOMINERALIKOA: Nagusiki mineral mota bakar batez osatuta dagoena (kareharria, kuartzita...)

ARROKA POLIMINERALA: Arroka gehienak mineral mota desberdineko agregakinak dira (granitoa, gneissa...), baina agregakina mineral mota bakoitzak bere propietateak gordetzen ditu.

4.3.3. Arroken sailkapena

Jatorri geologikoaren arabera hiru mota nagusi bereiz daitezke:

1. Arroka igneoak
2. Arroka sedimentarioak
3. Arroka metamorfikoak

Emandako arroka batean mineral mota bakoitzaren proportzioaren arabera, mineralak izan daitezke:

- Mineral nagusia (edukia bolumenean %5)
- Mineral osagarria (edukia bolumenean < %5)
- Mineral sekundarioa (aurreko mineralaren alteraziotik eratorria)

4.3.4. Alterazioa

Mineral baten (eta beraz arroka baten) propietate fisiko-kimikoen aldaketa agente atmosferiko (alterazio meteoriko), lurpeko ur edota ur hidrotermalen (alterazio hidrotermala)

Klima, ur-tenperatura, arroka konposaketa eta arroka apurketa maila dira faktore nagusienak.

Alterazioak arroken koherentzia murrizten du, arroka birrinketa erraztuz (higadura edo erosioa).

4.MINERALEN SORRERA-ZIKLOAK

4.4.1 Kristaltzea

Mineralak kristaltze-prozesu baten bitartez sortzen dira; honetan, molekulak, atomoak eta ioiak kimikoki elkartzen dira egitura antolatu bat eraikitzeko.

Kristaltzea prozesu desberdinetan ematen da:

- Hauspeaketa ur-disoluzioetatik
- Temperatura edota presio aldaketan eraginez
- Prozesu biologikoen ondorioz

Hauspeaketa ur-disoluzioetatik

Ur-disoluzio bat lurruntzen denean disolbatutako elementu kimikoen kontzentrazioa handitzen da. Elementu kimiko jakin batzuen saturazioa heltzean hauen ioiak elkartzen dira gai kristalino solidoak sortzeko, grabitatearen eraginez hauspeatuko direnak.

Mineralak ere hauspeatu daitezke lurpeko ur geldoetatik; horrela, haustura edota arroken hutsunetako gainazaletan kristalak sortzen dira.

Presio eta temperatura aldaketak

Inguru bateko bi baldintza fisiko hauen aldaketak mineral berrien kristaltzea ekar dezake. Adibidez, laba-kolada baten hozketan temperatura-jaitsierak atomoen mugikortasuna eragozten du, hauen arteko konbinaketa kimikoa erraztuz eta, honekin, mineralak kristalduz.

Prozesu biologikoen ondorioz

Bakterioak eta moluskuak bezalako organismoen prozesu biokimikoetan osagai mineralak (adibz. Pirita, kaltzita, aragonitua, burdin oxidoak...) sortzen dira, egitura eskeletikoak eraikitzeko (maskorrak, arantzak, hezurak) edo liseriketa-produktuak bezala.

4.5. KRISTAL-EGITURA

4.5.1 Kristal-egituraren ezaugarritasunak mineraletan

Mineral mota bakoitzaren barne-antolaketa atomikoa ioien tamaina eta hauen karga elektrikoen menpe dago. Minerala, gai solido kristalinoa da eta elektrikoki neutroa.

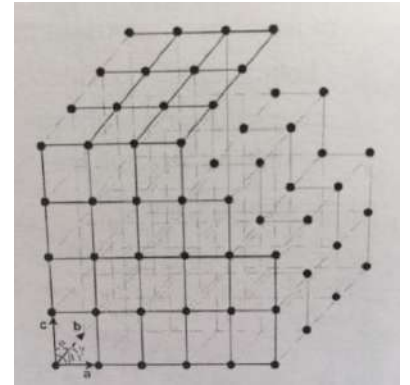
4.5.2 Kristala

Kristal-egitura = motiboa + nodo-sarea

Motibo bat errepikatzen sortutako solido homogeneoa da; beraz barne-egitura atomikoa periodikoki antolatuta dauka espazioko hiru norabidetan zehar.

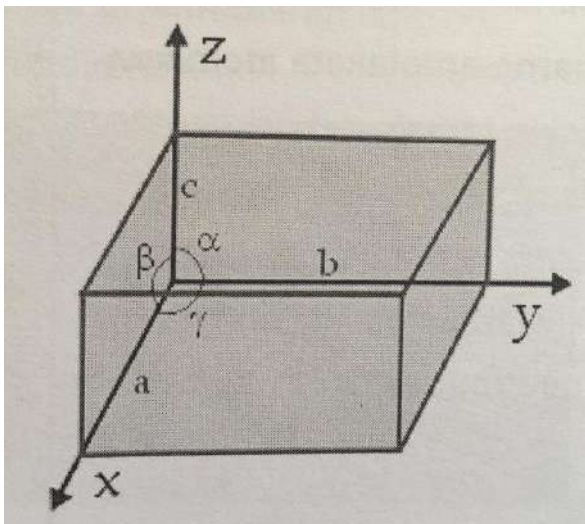
Atomo, ioi eta molekulak (motiboak) distantzia konkretu batzuen arabera antolatzen dira.

- **Translazioa:** norabide bakoitzeko motiboen arteko tarte edo distantzia txikiena.
- **Nodoa:** motiboaren geometria-zentroa da, beraz kristal-egituran errepikatzen den motiboa ordezkatu dezake.
- **Sarea:** nodo multzo infinito bat. Nodoen arteko tarteak translazio baloreak dira.



Hiru dimentsioko antolaketa hiru distantzia (a , b , c) eta hauen arteko hiru angeluekin (definitu daitezke). Aipatutako sei parametroak gela-parametroak bezala ezagutzen dira:

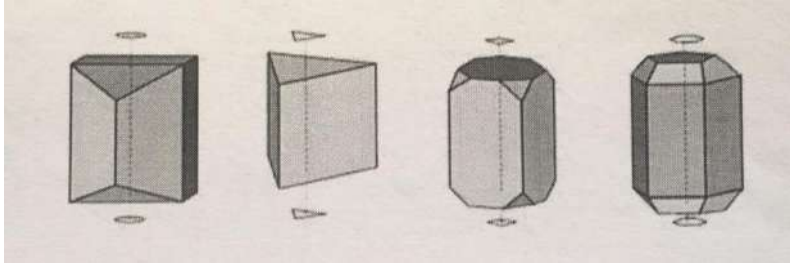
Sei parametro hauek unitate-gela definitzen dute. Azken hau kristal sarearen unitate txikiena da, eta bere errepikapenarekin sarea eraikitzen da.



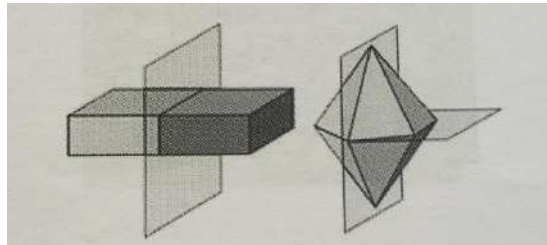
4.5.2 Simetria-elementuak

Gai kristalinoetan funtsezko hiru simetria-elementu bereiz daitezke:

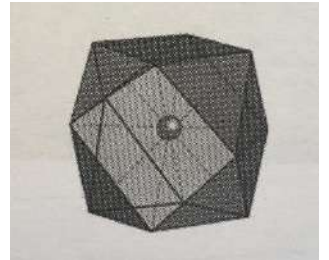
1. **Simetria-ardatza:** kristalaren zentroa zeharkatzen duen irudizko lerro bat da eta honen inguruan emandako kristalaren plano bat 2,3,4 edo 6 aldiz errepikatzen da.



2. **Simetria-planoa:** Kristala bi zati berdintsuetan zatitzen duen irudizko planoak; kristalaren zati bakoitza bestearen "islapena" da.



3. **Simetria-zentroa:** kristal barruko irudizko zentroa. Bertatik zeharkatzen duten irudizko lerroek kristalaren 2 puntu baliokide lotzen dituzte eta simetria-zentroak lerro hauek erdibitzen ditu.



4.5.3 Hiru dimentsioko kristal-sareak

Sare-parametroen (translazioen luzera eta hauen arteko angeluak) arabera zazpi kristal-sistema bereizten dira:

1. Sistema kubikoa
2. Sistema tetragonala
3. Sistema ortorronbikoa (erronbikoa)
4. Sistema monoklinikoa
5. Sistema triklinikoa
6. Sistema trigonala
7. Sistema hexagonala

Gela-primitiboak (P): Motiboak soilik erpinetan

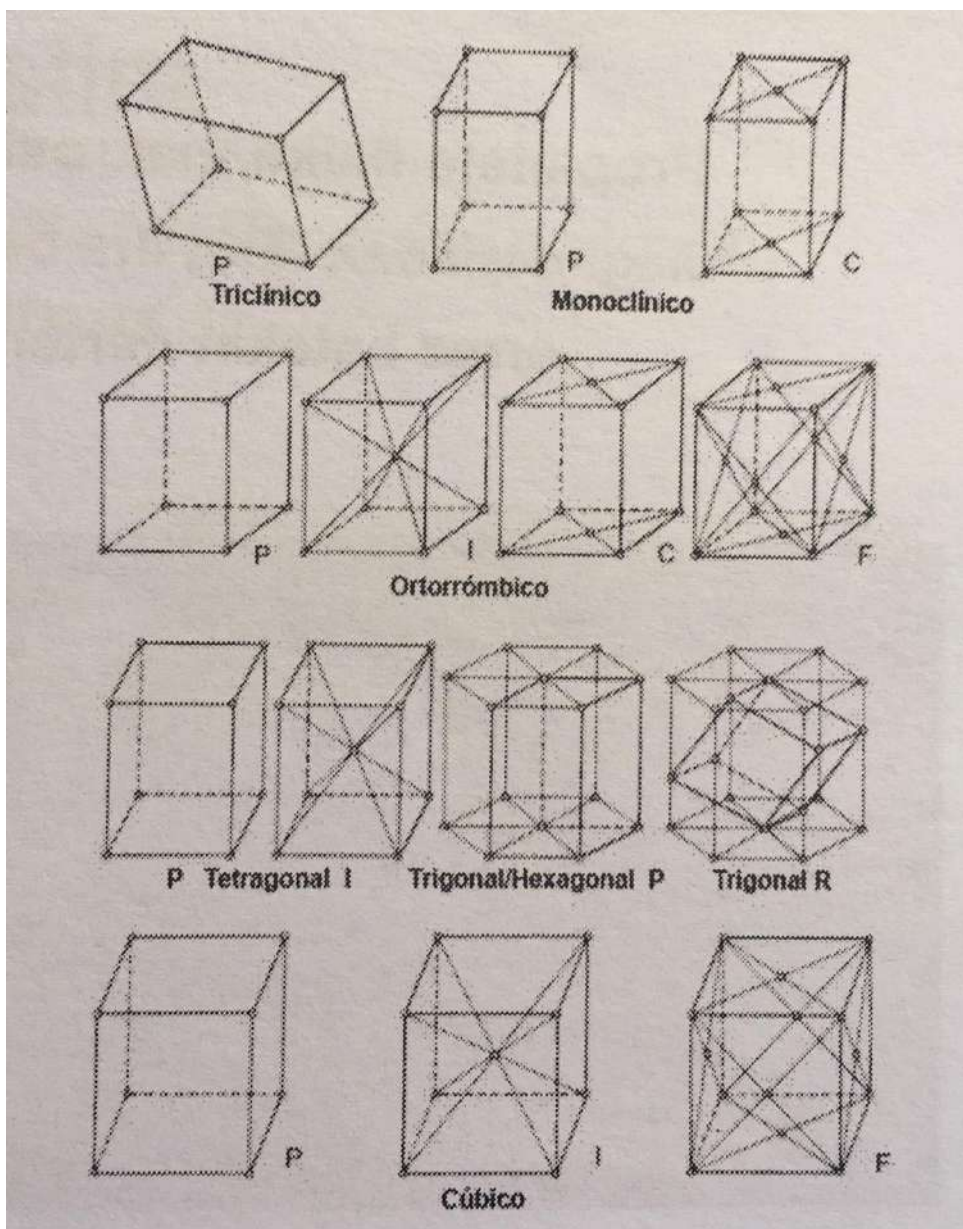
Gela-multipleak (a,b,c,F,I): Motiboak erpinetan eta unitate-gelaren zentroan edo aurpegietan

14 kristaltze sistemak (Bravais-sareak)

Mota desberdineko simetria-elementuak eta translazioen arteko konbinaketa posible guztietatik, gai kristalinoetan bakarrik 14 aukera posible daude.

Hiru dimentsioko antolamendu posible bakar hauei Bravais-sareak deitzen zaie.

Kristal-sare hauetan nodoak ez dira atomoak, baizik eta bereizezineko espazio-kokapenak.



4.6 MINERALEN PROPIETATE MAKROSKOPIKOAK

Propietate fisiko makroskopikoak mineraletan diagnostikoak dira, eta begi hutsez edota frogarrez batekin determinatu daitezke.

Badaude beste propietate sekundario (edo "bereziak") zenbait mineraletan, diagnostikoak direnak. Adibidez: magnetismoa, zaporea, ukipena, usaina, elastikotasuna, xaflakortasuna, birrefringentzia eta erreakzio kimikoa azido klorhidrikoarekin.

4.6.1 Itxura

Gehienetan kristalek ez dute euren kristal-itxura aurkezten. Kristal-itxurak barne antolamendu atomikoa islatzen du.

Automorfoa: Askotan kristal baten hazkundea leku mugarik gabe izaten denean honen kristal-gainazalak ondo garatzen dira.

Xenomorfoa: itxura irregularra aurkezten duenean. Gehienetan kristal-hazkundea eten egiten da leku kompetentziagatik; honen emaitza kristal-itxura gabeko kristal multzo josturatu da.

4.6.2 Distira

Mineral gainazalak argi zuria islatzerakoan aurkezten duen itxura da.

Metal itxura duten mineralak edozein kolorea izanda, distira metalikoa dutela esaten zaie. Badaude ere beste mineral batzuk itxura guztiz metalikoa ez dutenak; azken hauetan distira erdi-metalikoa da.

Distira ez-metalikoa duten mineralak mota desberdineko adjetiboekin deskribatzen dira: Beiratsua, nakartsua, zeta-antzekoa, koipetsua, erretxinatsua eta lurkara.

6.2.3 Kolorea

Absortzioa jasan ez dituzten argi-ikusgairaren uhin luzerak, mineralean islatu edota errefraktatu ondoren, begietan sorrarazitako efektua.

Gehienetan propietate hau ez da erabiltzen, kolorea oso aldakorra bait delako mineral mota berean.

Mineral akromatikoa (kolorgea): argi ikusgaia minerala zeharkatzen duenean inongo absortzioarik gabe.

Mineral isokromatikoa: kolorea konstantea denean. Mineralaren funtsezko osagai bat pigmentazio agentea da; beraz, kolorea diagnostikoa da.

Mineral alokromatikoa: kolorea aldakorra denean. Aldakortasun hau kristal-sarean aurkitutako ezpurutasunengatik ("ioi arraroak") eraginda dago. Mineral hauek, puruak direnean kolorgeak edo zuriak dira.

6.2.4 Dentsitatea

Bolumen unitate bakoitzeko masa kopurua g/cm^3

“Pisu espezifikoa”: mineral baten pisua zati berroren ur bolumenaren pisua

Ez dauka neurketa unitaterik

6.2.5 Gogortasuna

Mineralak marratua edo zulatua izateko aurkezten duen zailtasuna adierazten du.

Konparaketen bitartez finkatu daiteke, Mosh-eh (1822) eskala erabilia:

1. Talkoa
2. Igeltsua
3. Kaltzita
4. Fluorita
5. Apatitoa
6. Ortosa
7. Kuartzoa
8. Topazioa
9. Korindoia
10. Diamantea

6.2.6 Marra

Birrintuta mineralaren hautsak aurkezten duen kolorea da.

Kolorea ez bezala, marra beti kostantea da.

6.2.7 Esfoliazioa

Minerala gainazal planar edo poligonarretan apurtzen denean.

Egitura kristalinoaren menpe dago, lotura atomiko ahulak dauden lekuetatik garatzen bait delako.

Mineral berean esfoliazio-sistema bat baino gehiago egon daiteke.

Terminologia deskriptiboa

6.2.8 Haustura

Apurketa-gainazalak irregularrak direnean

Hausturaren ezaugarritasunak deskribatzeko terminologi deskriptibo hutsa erabiltzen da (maskor-itxurakoa, ezpaletan, ...)

6.2.9 Eroankortasuna

Korronte elektrikoa transmititzeko gaitasuna da.

- Eroaleak: lotura metalikoa dutenak
- Erdieroaleak: lotura metaliko partzialak dituztenak
- Ez-eroaleak: lotura ioniko edo kobalenteak dituztenak

6.2.10 Piezoelektrizitatea

Mineral ez-eroaleak esfortzu konpresibo bat jasan ondoren eroaletan bilakatzen direnean. Adbz. Kuartzoa (SiO_2)

6.2.11 Piroelektrizitatea

Mineral ez-eroaleak berotuak izan ondoren eroale bezala joka dezaketenean. Adbz. Turmalina

6.2.12 Magnetismoa

- Ferromagnetikoak: imanak erakartzen dituztenak edo iman bezala joka dezaketanak. Adbz. Magnetita (Fe_3O_4) eta pirrotina (FeS)
- Paramagnetikoak: elektroiman batekin erakarriak izan daitezkeen mineralak. Adbz. Ilmenita (FeTiO_3) eta siderita (FeCO_3)
- Diamagnetikoak: elektroimanek urruntarazten dituzten mineralak. Adbz. Kaltzita (CaCO_3)

6.2.13 Luminiszentzia

Jasotako jatorri desberdineko energia argi energi modura eraldatu dezaketen mineralak.

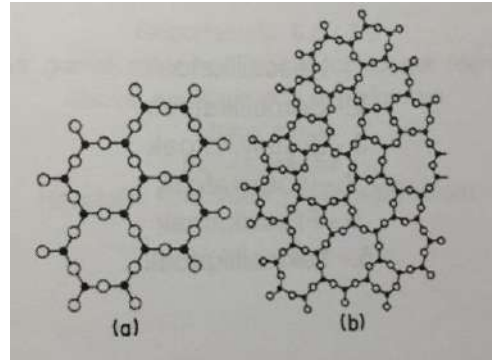
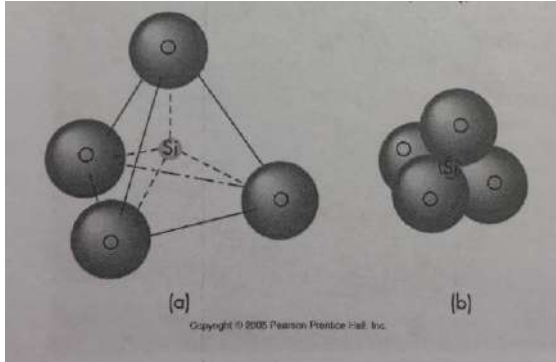
- **Termoluminizentzia:** energi termikoaren eraginez argia sortzen denean (fluorita CaF_2 , diamantea, kaltzita...)
- **Triboluminizentzia:** energi mekanikoaren eraginez argia sortzen denean (esfalerita ZnS , kuartzoa, fluorita...)
- **Fotoluminizentzia:** uhin-luzera txikien eraginez (X-izpiak) argia sortzen dutenean (halita, scheelita,...)

6.7 SILIKATOAK

Mineral-klase garrantzitsuena da, lurrazalaren %90 (pisu eta bolumena) dira. Arroka igneo, metamorfiko eta sedimentarioen funtsezko-mineralak dira, eta baita lurzoruenak ere.

Errepiatzen den motiboa (talde anionikoa):

SILIZE TETRAEDROA (SiO_4)⁴⁻



Si – O lotura kobalenteak egonkortasun handia ematen dio egitura kristalinoari.

Tetraedroek karga negatiboa orekatzeko:

1. Polimerizazioen bitartez
2. Katioiekin elkartuz

Baldintzak:

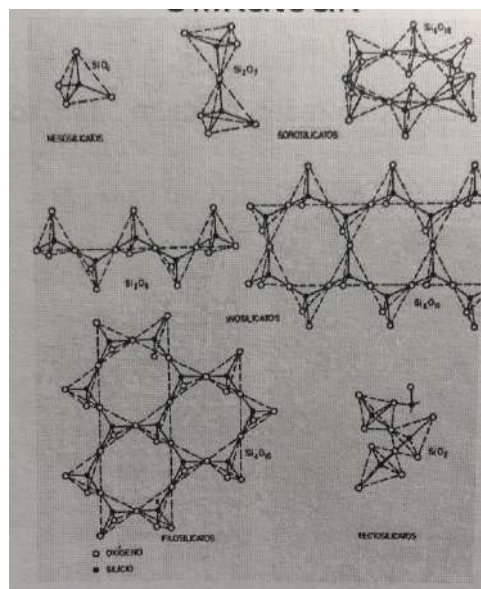
Tetraedroak erpinetik bakarrik elkartu daitezke.

Askotan Al^{3+} -ak tetraedroko Si^{4+} ordezkatzen du.

Batzutan, tetraedro polimerizatueta (OH^-) taldeak sartzen dira, karga negatibo kopurua handituz.

Polimerizazio-maila arabera silikatoak talde desberdinetan banatzen dira

1. Nesosilikatoak
2. Sorosilikatoak
3. Ziklosilikatoak
4. Inosilikatoak
5. Filosilikatoak
6. Tektosilikatoak



6.7.1. Neosilikatoak

Tetraedroek ez dituzte erpinik partekatzen

Si:O erlazioa = $\frac{1}{4}$ (SiO₄)⁴⁻

Karga negatibo silizio atomo bakoitzeko: 4

Tetraedroen arteko loturak katioi dibalenteen bitartez ematen da (Ca, Mg, Fe ferrosoa, Mn,...)

Tetraedroak isolatuta daudenez, kate edo xaflarik osatu gabe, nesosilikatoek kristal-habitu ekidimensionalak dauzkate.

OLIBINO-TALDEKO MINERALAK (Mg, Fe, Ca)₂SiO₄

- Gogortasuna: 6.5 – 7
- Kolorea: berde-horixka, berde-iluna
- Distira: beiratsua
- Marra: zuria
- Esfoliazioa: ez
- Haustura: konkoidea (maskor-itxurakoa)

GRANATE-TALDEKO MINERALAK

- Gogortasuna: 6.5 – 7.5
- Kolorea: gorriak eta marroi-gorriak ohikoenak (denetarik)
- Distira: beiratsua edo erretxinatsua
- Marra: zuria
- Esfoliazioa: ez
- Haustura: konkoidea (maskor-itxurakoa)

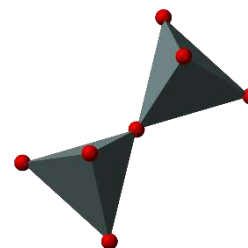
6.7.2. Sorosilikatoak

Tetraedroak binaka lotzen dira erpin bateko oxigenoa partekatuz.

Si:O erlazioa = $\frac{2}{7}$ (Si₂O₇)⁶⁻

Karga negatibo silizio atomo bakoitzeko: 3

Sorosilikatoak prisma txikiak garatzen dituzte



EPIDOTA-TALDEKO MINERALAK

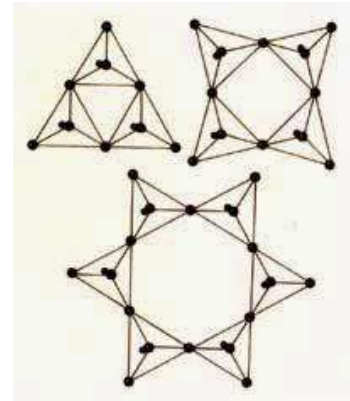
- Gogortasuna: 6 – 7
- Kolorea: horia, berdea, berde-iluna
- Distira: beiratsua
- Marra: zuria edo grisa
- Esfoliazioa: Sistema 1 (oso ona)

6.7.3. Ziklosilikatoak

Tetraedroak hirunaka, launaka edo seinaka lotzen dira eraztunetan antolatuz; beraz, erpinetako bi oxigeno partekatzen dituzte.

$$\text{Si:O erlazioa} = 1/3 (\text{Si}_3\text{O}_9)^{6-} / (\text{Si}_4\text{O}_{12})^{8-} / (\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$$

Karga negatibo silizio atomo bakoitzako: 2



TURMALINA-TALDEKO MINERALAK

- Gogortasuna: 7 – 7.5
- Kolorea: beltza (ohikoena), horia, berdea, urdina, gorria...
- Distira: beiratsua
- Marra: zuria, grisa
- Esfoliazioa: ez

KORDIERITA-TALDEKO MINERALAK

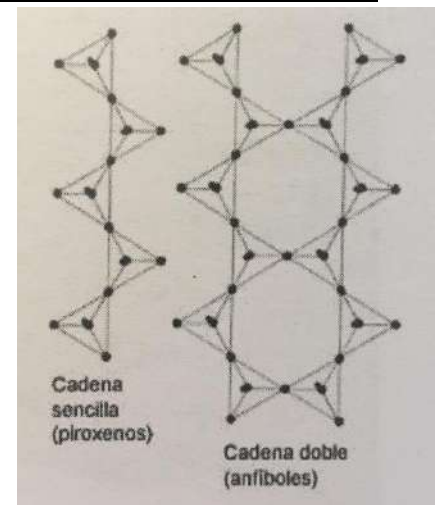
- Gogortasuna: 7 – 7.5
- Kolorea: zuri berdexka, beltza berdexka
- Distira: beiratsua
- Marra: zuria, grisa
- Esfoliazioa: sistema 1 (ondo ikusi da) eta beste 2 (ez direnak ondo ikusten)

6.7.4 INOSILIKATOAK

Tetraedroak kateak osatzen dituzte itxura prismatiko bereizgarri bat emanez talde honetako mineralai.

Bi azpitalde:

1. Kate bakarrekoak (PIROXENOAK)
2. Kate bikoitzekoak (ANFIBOLAK)



PIROXENOAK

- Si:O erlazioa = $1/3 (\text{SiO}_3)^{2-}$
- Karga negatibo silizio atomo bakoitzeko: 2
- Gogortasuna: 5,5 – 6
- Kolorea: beltza, berdea, marroia..
- Distira: beiratsua eta aurpegi azaletan oliotsua
- Marra: berde-grisaxka
- Esfoliazioa: bi sistema 90° (oso onak)

ANFIBOLAK

- Si:O erlazioa = $4/11 (\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$
- Karga negatibo silizio atomo bakoitzeko: 1,5
Baina (OH) taldeak sartzen dira beraz: 1,75
- Gogortasuna: 5 – 6
- Kolorea: beltza eta berde iluna
- Distira: beiratsua edo sedatsua
- Marra: marroia edo grisa
- Esfoliazioa: bi sistema 60° (oso onak)

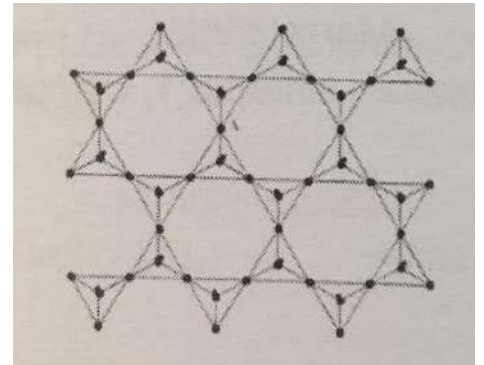
6.7.5 FILOSILIKATOAK

Tetraedro bakoitzak inguruko hiru tetraedroekin oxigeno bana partekatzen ditu; modu honetan tetraedroak xaflatan antolatzen dira.

Si:O erlazioa = $2/5$ (Si_2O_5)²⁻

Karga negatibo sizilio atomo bakoitzeko: 1

Filosilikatoak xafla-egitura daukate (esfoliazio sistema 1)



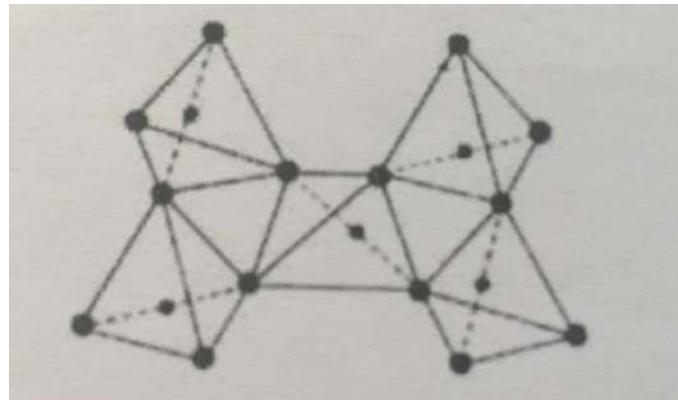
MIKA TALDEA	
MUSKOBITA	BIOTITA
<ul style="list-style-type: none"> - Gogortasuna: 2 - 2,5 - Kolorea: zilar-kolorekoa, zuria edo horia - Distira: beiratsua edo nakartsua - Marra: kolorgea edo zuria - Esfoliazioa: sistema 1 (oso ona) 	<ul style="list-style-type: none"> - Gogortasuna: 2,5 - 3 - Kolorea: beltza edo marroia - Distira: beiratsua edo nakartsua - Marra: zuria - Esfoliazioa: sistema 1 (oso ona)

6.7.6 TEKTOSILIKATOAK

Tetraedroek hiru dimentsioko egitura trinkoak eratzen dituzte, inguruko lau tetraedroekin oxigeno bana partekatuz.

Si:O erlazioa = $1/2$ (SiO_2)

Karga negatibo silizio atomo bakoitzeko: 0



Silizearen taldeko mineralak: **KUARTZOA**

- Gogortasuna: 7
- Kolorea: kolorgea edo zuria
- Distira: beiratsua, hausturetan oliotsua
- Marra: zuria
- Esfoliazioa: ez

Feldespatoen taldea

Al^{3+} sarrerak, Si^{4+} ordezkatur, karga negatiboen kopurua handitzen du, eta karga-oreka lortzeko K^+ , Na^+ eta Ca^{2+} sartzen dira.

Talde honetan bi serie isomorfo bereizten dira:

FELDESPATO ALKALINOAK Ortosa (KSi_3AlO_8) – Albita ($\text{NaSi}_3\text{AlO}_8$)	PLAGIOKLASAK Anortita ($\text{CaSi}_2\text{Al}_2\text{O}_8$) - Albita ($\text{NaSi}_3\text{AlO}_8$)
<ul style="list-style-type: none">- Gogortasuna: 6- Kolorea: zuria, arrosa, horia edo gorriak- Distira: beiratsua- Marra: zuria- Esfoliazioa: 2 sistema, onak	<ul style="list-style-type: none">- Gogortasuna: 6 – 6,5- Kolorea: zuria- Distira: beiratsua- Marra: zuria- Esfoliazioa: 2 sistema, onak

• BESTE MINERAL BATZUK:

SULFUROAK:

- Pirita (FeS_2)
- Esfalerita (ZnS)
- Galena (PbS)
- Kalkopirita (CuFeS_2)

OXIDOAK:

- Magnetita (Fe_3O_4)
- Hematitea (Fe_2O_3)
- Goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$)

SULFATOAK:

- Anhidrita (CaSO_4)
- Igeltsua ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

GATZ HALOIDEKOAK

- Halita (NaCl)
- Silbinita (KCl)
- Fluorita (CaF_2)

FOSFATOAK

- Apatitoa

5.gaia **ARROKA IGNEOAK**

EDUKIAK:

5.1 Sarrera

5.2 Magma

5.3 Arroka-galdaketa prozesua

5.4 Magmen eraldaketa

5.5 Arroka plutonikoak

5.6 Arroka bolkanikoak

5.7 Arroka azpibolkanikoak

5.8 Arroka igneoen ehundurak

5.9 Magmatismoaren testuinguru geodinamikoak

5.1 SARRERA

ARROKA IGNEOEN JATORRIA:

- Magmen solidotzetik sortutako arrokek dira
- Lurrazal eta mantuko arroken galdaketak magmak sortzen ditu
- Baldintza batzuk betetzen badira (propietate-efektibo garapena, egitura tektoniko hauskorren agerpena,...), magmek fusio-zonatik ihes egin dezakete

MAGMA HOZKETA-ZONAREN ARABERA:

- Arroka plutonikoak: magma lurrazal barnean solidotzen denean. Behin solidotuta, lur barnean sortutako gorputzei intrusio plutonikoak deitzen zaie.
- Arroka bolkanikoak (estrusiboak): magma lurraren gainazalean (urpean edo airepean) solidotzen denean. Arroka hauek gainazalean metakin bolkanikoak eratzen dituzte.
- Arroka azpibolkanikoak (hipoabisalak): magma gainazaletik gertu (sakonera gutxira) solidotzen denean. Magma solidotzean gorputzei intrusio azpibolkanikoak deitzen zaie.

5.2 MAGMA

Magma lur-barnean behe-lurrazala edo goi mantuko arroken galdatzetik naturalki sortutako gai mugikor silikatatsua da.

LABA:

Lurraren gainazalean isuritako magmak dira.

Laben tenperatura: 600-1.200°C

Dentsitatea: 2,4-2,7 g/cm³

MAGMAREN OSAGAIK:

- Fase likido homogenea (galdatua)

Lurrazal eta goi-mantuko elementu kimikoen ioi mugikorrez osatuta dago. Fase likido honek magmari mugikortasuna ematen dio; honi esker sorlekutik igotzeko gai da.

Gai hegazkorrak ioen artean nahastuta daude. Nagusienak H₂O eta CO₂ dira. Beste gas mota batzuk ere ageri dira: Cl, SO₂, O₂, CH₄, F, N₂...

Presio handiengatik galdatuan mantentzen dira disolbatuta.

Magma igoerak konfinamenduko presioa murrizten du, fase likidoan gai hegazkorren presioa handituz; azken honek gehi mineralen kristaltzeak gai hegazkorren exoluzioa (banantzea) ekarriko dute, gas burbuilak sortuz (bakuolak edota zulo miarolitikoak)

- Fase solidoak

Magmen sorlekuko arroka zatiak (*restitak*) edota igoeran zeharkatutako arroka zatiak (*enklabeak*), eta magmatik zuzenean kristaldutako mineralak (*kristalak*) dira.

Hozketarekin kristaldutako mineralen tamaina eta proportzioa handitzen doaz. Prozesu hau astiro ematen bada, hozketaren azkeneko faseak magma kristal multzo bat izago da, galdatu proportzio txiki batekin ("*cristal mush*")

- Galdatuak askatutako jariakin hegazkorrek edo gasak

MAGMEN KONPOSAKETA KIMIKOA

Osagai nagusiak: O eta Si, oso errez konbinatzen direnak (SiO_4)⁴⁻ osatzeko (**silizea**)

Beste osagai garrantzitsu batzuk: Al, Fe, Mg, Ca, K, Na, Ti, Mn eta P

Magma gehienak SiO_2 wt% = %45-%75

Magma sailkapena: SiO_2 wt% arabera

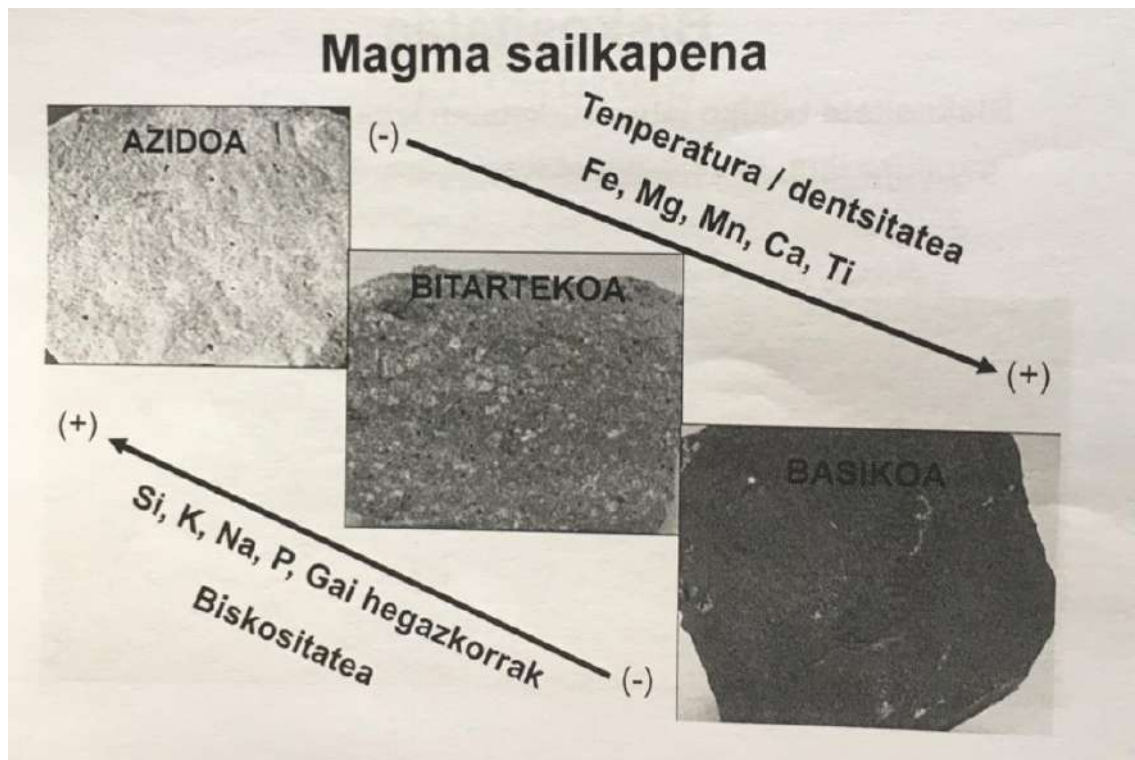
MAGMA SAILKAPENA

Magma (arroka) azidoak SiO_2 % = > %66

Magma (arroka) bitartekoak SiO_2 % = %52 - %66

Magma (arroka) basikoak SiO_2 % = %45 - %52

Magma (arroka) ultrabasikoak SiO_2 % = < %45



Magmaren konposaketa kimikoak, tenperaturak eta kristaltze-tasak magmaren biskositatea kontrolatzen dituzte; azken bi propietate fisiko hauek baldintzatzen dute:

- Magmaren mugikortasuna litosfera barruan
- Sakoneko magma emplazamendutik sortutako intrusioen morfología
- Laba-estrusioaren modua.

BISKOSITATEA

Fluido batek mugimenduari aurkezten dion barne erresistentzia da. Fluidoek ez dutenez itxura finkorik hauek desplazatzean barne-deformazio bat jasaten dute, baina kohesiorik galdu gabe.

- Temperatura igoerarekin, biskositatea jaisten da
- Silize proportzio igoerarekin, biskositatea igo
- Gai hegazkorren igoerarekin, biskositatea jaitsi
- Kistaltze-tasa igoerarekin, biskositatea igo

Magmaren hasierako biskositateak harreman estua dauka katorriko edo galdatutako arroken konposaketarekin, besteak beste, galdaketa-prozesuan Si-O loturak ez direlako apurtzen.

Arroka aberatsa bada polimerizazio handiko mineraletan, iturri honetatik sortutako jatorrizko magmak biskositate handia aurkeztuko du. Beraz, magma honek erresistentzia handia aurkeztuko dio mugimenduari litosferan zehar.

Biskositate txikiko laba-isurketetan laba-kolada azkarrak garatuko dira, emisio-gunetik asko urrundu daitezkenak.

Laba-kolada biskosoak ez dira urruntzen emisio-zentrotik, gutxi zabalduz, eta hartzen duten abiadura motela da. Laba-kolada hauen (basikoa bada "aa") gainazalean askotan klinker bat sortzen da.

Biskositate oso handiko labak nekez desplazatzen dira, eta emisio-gunean domo edo pitoi egiturak sortzen dituzte. Askotan "tapoi labiko" hauek lehertzen dira, arrisku natural handienetakoak izanik.

DENTSITATEA

Igoera, desplazamendua eta intrusioen barne-egituren garapenak baldintzatzen du. Askotan magmen dentsitatea arroka ostalariena baina txikiagoa da; honek esfortzu diferentzialen sorrera dakar, magma igoera erreztan dutenak.

Galdatuen dentsitatea:

Azidoak: 2.400kg/m^3

Ultrabasikoak: 3.700kg/m^3

5.3 ARROKA-GALDAKETA PROZESUA

GALDAKETA

Solidus-puntua: arrokaen galdaketaren hasierako tenperatura, baina baita magma guztiz solidotzen den tenperatura.

Liquidus-puntua: arrokaen galdaketa osoa gauzatzen denean, baina baita magma solidotzen hasten den tenperatura.

GALDAKETA MEKANISMOAK

Abiapuntua lekuko gradiente geotermikoaren tenperatura da.

	MEKANISMOA	FAKTOREAK
Temperatura igoera	Arrokaen fusio-tenperatura gainditu behar da.	Arroka edo magma garraioa (behelurrazalean eta goi-matuan) Elementu erradiaktibo kontzentrazio igoera (kolisio-mendikateetan eta kontinente arkuetan)
Deskompresio-fusioa	Arrokaek jasaten duten konfinamenduko-presioa jaitsi behar da.	Konbekzioa (goi-mantuan) Lurrazal kontinentalaren mehetzea (rift kontinentaletan)
Ur-gehiketa	Arrokaen galdatze-tenperatura baldintza hezeetan lehorretan baino txikiagoa da.	Lurrazal ozeanikoak mantuan askatutako gai hegazkorrek/ fluidoak (subdukzio eremuetan)

5.4 MAGMA ERALDAKETA

MAGMA PRIMARIOA

Fusio prozesuan sortu berriko galdatua da.

Mantuko arroken galdatzetik sortutako magmak konposaketa basikoa edo ultrabasikoa aurkezten dute.

Lurrazaleko arroken galdatzetik sortutakoak aldiz, konposaketa azidoa edo bitartekoa dute.

Hozketak magmaren kristaltze (solidotze) progresiboa dakar, eta honekin batera galdatuaren konposaketa kimikoa etengabe aldatzen da, galdatuak sortu berriko kristaletara migratzen duten ioiak galtzen dituelako.

Hozketa azkar ematen bada arroak beiratsuak izango dira, aldiz hozketa astiro ematen bada arroak kristalinoak izango dira.

DESBERDINTZE-MAGMATIKOA

Prozesu desberdinen eraginagatik magma primarioen konposaketa eta propietate fisikoak eraldatu daitezke. Gertaera honi desberdintze-magmatikoa deitzen zaio. Beraz, magma primario batetik magma parental edota arroka desberdinak sortu daitezke.

Desberdintze-magmatikoan eragile desberdinak aritu daitezke:

- Kristaltze frakzionatua
- Zeharkatutako arroken asimilazioa
- Magma-nahasketa

KRISTALTZE FRAKZIONATUA

Hozketa prozesuan mineral desberdinak ondoz ondoko etapetan agertzen dira, gertaera honi kristaltze frakzionatua deritze.

Magma parentalatik sortutako kristalak banantzen badira magmaren konposaketa aldatuko da.

Sortutako eta desagertutako mineral multzo bakoitzari erreakzio-segida deitzen zaio, edo "Bowen-en (1929) erreakzio segidak"

- Silikato ferromagnesianoen segida (olibinoa – piroxenoa – anfibola – biotita)
- Plagioklasen segida (Anortita – bytownita – labradorita – andesina – oligoklasa – albita)
- Feldespato potasikoen segida (Sanidina – ortosa – mikroklina)

Aipatutako mineralekin batera, magma-konposaketaren arabera beste hainbat mineral ager daitezke (adib. Apatitoa, muskobita, turmalina, epidota, kordierita, ...)

Behin mineral guztiak kristalduta, soberan geratzen bada silizea kuartzoa kristalduko da.

Silikato ferromagnesianoen segidaren arabera, magman sortutako mineral goiztiarrak polimerizazio txikia dute, baina hozketarekin batera polimerizazio handiagoko mineralak kristaltzen dira.

Kristaldutako mineral mota aldaketak magmaren propietate fisikoen (tenperatura, biskositatea eta dentsitatea) aldaketarekin batera ematen dira.

ZEHARKATUTAKO ARROKEN ASIMILAZIOA

Enklabeak

MAGMA-NAHASKETA

Mingling: Jatorrizko magmen ezaugarritasunak gordetzen direnean.

Mixing: Nahastuako jatorrizko magmak ezin direnean bereiztu.

5.9 MAGMATISMOAREN TESTUINGURU GEODINAMIKOAK

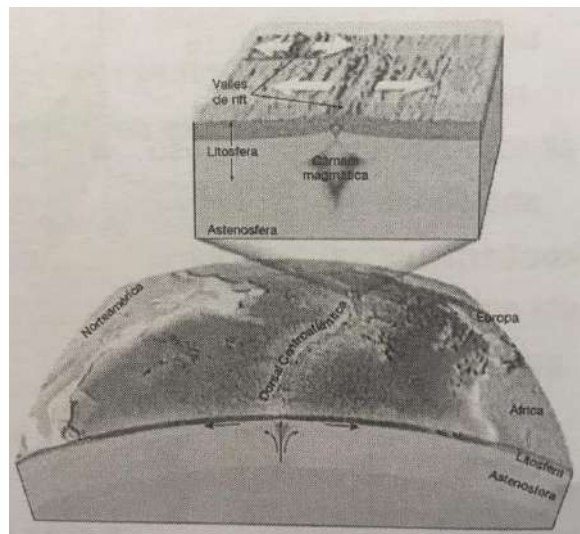
- Plaken arteko muga dibergenteak
- Subdukzio-eremuak
- Kolisio-mendikateak
- Intraplaka magmatismoa

PLAKEN ARTEKO MUGA DIBERGENTEAK

Magmatismo gehiena ozeano-gandorren inguruan ematen da; bertan litosfera ozeaniko berria (plaka-tektoniko berria) sortzen da.

Ozeano-gandorrek plaka-tektoniko ozeanikoak banantzen diren eremuetan garatzen dira. Honi esker, goi-mantuak jasaten duen konfinamenduko presioa murriztean goi-mantuko arroken galdaketa eragiten du, magma basiko-ultrabasikoak sorraraziz.

Eskualde kontinentaleko rift bailaretan antzeko egoera ematen da, baina bertan behe-lurrazal kontinentalaren galdaketa ere eman daiteke, magmatismo azidoa garatuz.



SUBDUKZIO-EREMUAK

Arku kontinental eta uharte-arkuen egitura nagusiak (arkuostea, akrezio-prisma, fosa,...) oso antzekoak dituzte. Ertz konbergente hauetan, nahiz eta egitura mota bakoitzaren garapena desberdina izan, subdukzioari lotutako prozesu igneoak oso nabarmenak dira.

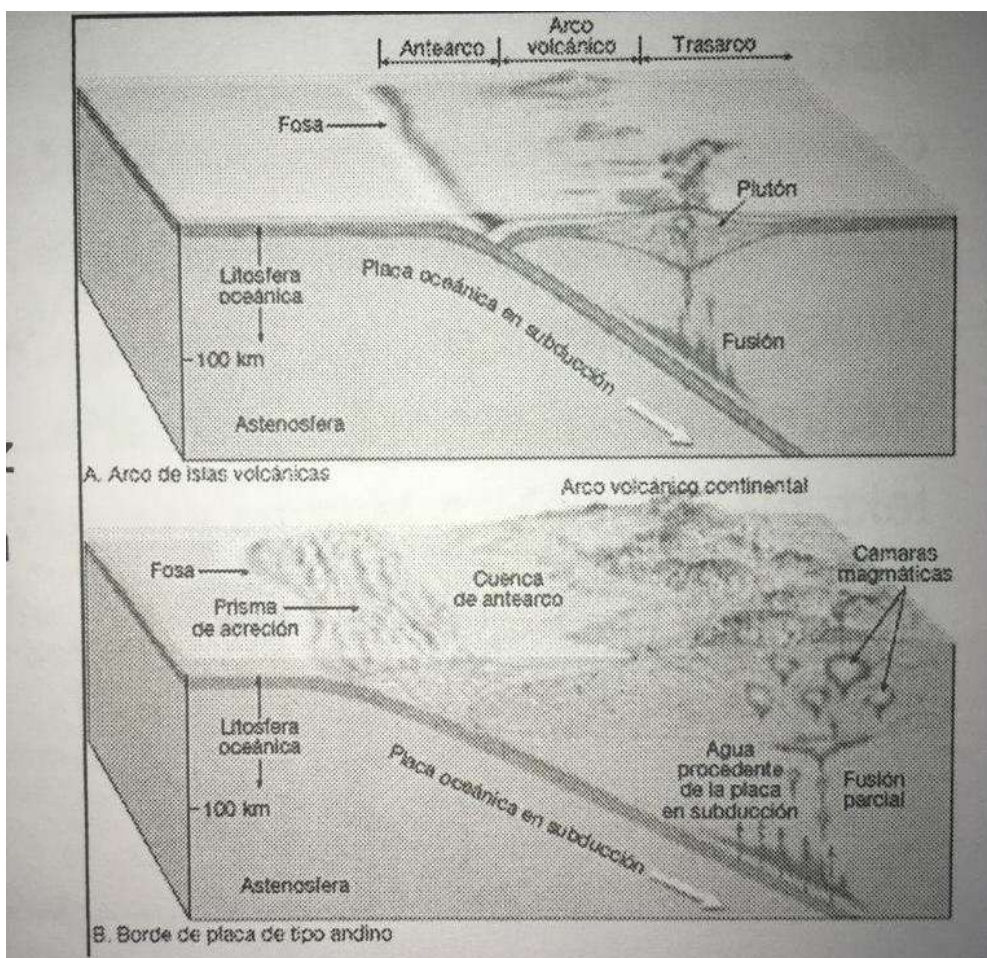
Litosfera ozeanikoa hondoratzen den heinean, lurrazal ozeanikoak jasandako presio eta temperatura altuak gai hegazkorren (nagusiki ura eta CO₂) ihesa eragiten dute

Goi-mantuan, 100km-ko sakoneran, temperatura altuak eta lurrazal ozeanikotik gehitutako gai hegazkorrek (hidratazioa) mantuaren galdaketa partziala (< %10) eragingo dute. Mantuko arroken galdaketa partzialak magma basiko-ultrabasikoak sorrarazten ditu.

Magma hauek lurrazal kontinentalaren azpiraino igotzen dira, baina bertoko materialak arinagoak direnez (dentsitate txikiagoa) magma-igoera eragozten dute, magmak bertan pilatuz (*underplanting*).

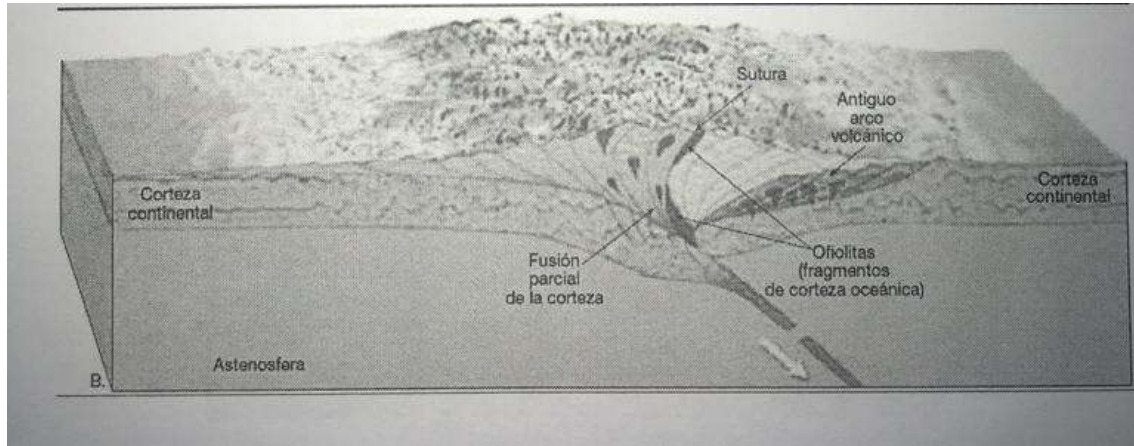
Desberdintze-magmatikoak magmen dentsitatea murriztuko du, dentsitate arinagoa hartuz (konposaketa andesitikoa edota erriolitikoa). Honi esker, magma berriek lurrazala zeharkatzeko gaitasuna irabaziko dute.

Material bolkaniken pilaketa, gehi lurrazalean enplazaturako intrusioak (sillak, dikeak, plutoiak,...) eta akrezio-prisman ematen den sedimentu-pilaketak lurrazalaren hazkundera ekarriko dute.



KOLISIO-MENDIKATEAK

Kolisio-mendikateetan lurrazal kontinentaleko arroken deformazioa (tolesak eta failak) lurrazalaren loditzea dakar, eta honekin elementu erradioaktiboen kontzentrazio-igoera. Elementu hauek askatutako erradiazioak inguruko arroken galdaketa eragiten du.

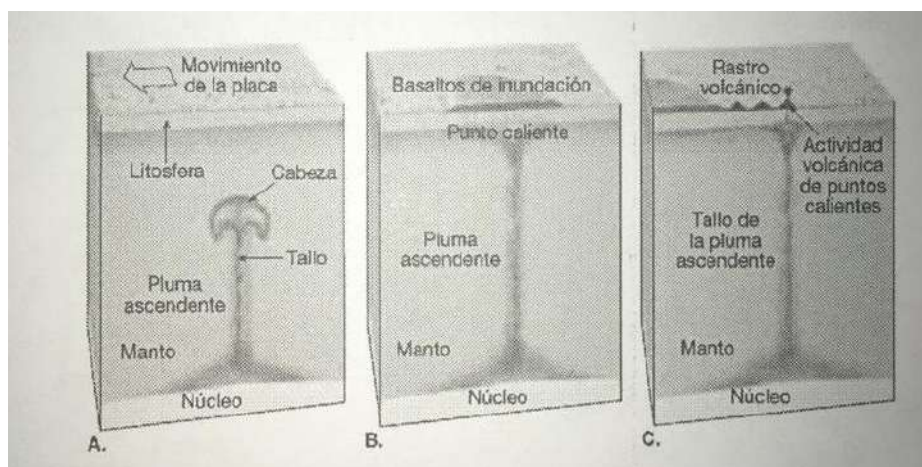


INTRAPLAKA MAGMATISMOA

Puntu beroak, mantuko-lumen gainetik garatzen direnak, eskualde bolkaniko zabalak eraikitzen dituzte, 2.000km-ko zabalera izan dezaketenak.

Mantuko-lumak arroka anormalki beroez osatuta daude, mantua eta nukleoaren arteko mugatik datozenak. Egitura hauen goialdea ("burua") ehundaka kilometro diametroko ondo itxura dauka, eta azpitik egitura estu eta luze bat ("buztana") jarraitzen dio.

Burua litosferako basearekin talka egiterakoan alboetara zabaltzen da. Mantuko arroka bero hauen deskonpresioak hauen galdaketa dakar (magmatismoa basiko-ultrabasiko ugaria) eta, era berean, garraiatzen duten beroak behe lurrazalaren galdaketa eragiten du.



6.gaia PROZESU SEDIMENTARIOAK

EDUKIAK

6.1 SARRERA

6.2 METEORIZAZIOA

6.3 GARRAIOA

6.4 SEDIMENTAZIOA

6.5 EGITURA SEDIMENTARIOAK

6.6 INGURUNE SEDIMENTARIOAK

6.7 DIAGENESIA

6.1. SARRERA

- SEDIMENTUA

Ingurune jariakor baten bitartez (ura, haizea edota izotza) garraiatua izan ondoren, zuzenean prezipitazioz edota dekantazioz sortutako material solido askeen multzoa da.

Batzuetan, sedimentuek jatorri organikoa dute, hots, bizidunak askatutako jariakinak eta organismoen zati solidoak (hezurrak, maskorrak, hostoak, gorotzak, enborrak,...)

Sedimentuetan aipatutako osagai mineralogiko eta organikoez gain, askotan natur anitzeko prezipitatuak (sulfuroak, buztin mineralak, karbonatoak,...) ere ager daitezke. Mineral hauen jatorria inorganikoa zein organikoa izan daiteke.

Baina orokorrean, material multzo honen ezaugarritasun nagusia konsolidazio eza (aske dago) da.

Sedimentuen sorreran hainbat prozesuk parte hartzen dute, prozesu sedimentario hauek 3 motatakoak dira:

- Meteorizazioa eta higadura
- Garraioa
- Sedimentazioa

Arroka sedimentarioak Lurraren gainazalean garatutako prozesuetatik eratorriak direnez, arroka exogenoak dira.

**Diagenesia lur barnean, baina beste prozesu gehiena lurrazal kanpoaldean*

Arroka igneoak eta metamorfikoak aldiz, arroka endogenoak dira

**Lur barneko prozesuetatik sortu*

- PROZESU SEDIMENTARIOAK

Sedimentuak sortzen dituzten lur gainazaleko prozesuak dira. Beraz, prozesu geologiko hauen harremana arroka sedimentarioen sorrerarekin oso estua da.

Harea: sedimentua

Hareharria: arroka

Aipatutako prozesuetan agente geologikoa desberdinak parte hartzen dute: haizea, ura eta izotza. Beraz, atmosferak eta hidrosferak mota ezberdinetako interakzio fisiko-kimikoak eragingo dituzte arroketan.

Arroketatik askatutako materialek (ioi, molekula, mineral eta arroka zatiak) transferentzia bat ("garraioa") jasango dute aipatutako agente geologikoen eraginez, sorlekutik ("jatorri eskualdea") metaketa inguruneraino ("ingurune sedimentarioa").

Garraioan dagoen material multzoari zama deitzen zaio.

- PROZESU SEDIMENTARIOEN ENERGIA-ITURRIAK

Prozesu sedimentarioen atzetik bi energia iturri nagusi daude:

- Grabitatea
- Eguzki energia

Bi energia-iturri hauen konbinaketak atmosferaren mugimendua eragiten du eta honekin batera ziklo hidrologikoa abian jartzen da.

- DIAGENESIA

Sedimentuen metaketa ondoren hauen bilakaera hasten da arroka sedimentarioetan bihurtzeko, prozesu geologiko luze eta konplexu baten bitartez; prozesu hau diagenesia da.

*litifikatu: sedimentua arroka bilakatu, kontsolidatu (Tasko)

6.2 METEORIZAZIOA

Agente atmosferikoek gainazaleko arroketan eragindako aldaketa fisiko-kimikoen multzoa da. Meteorizazioa disgregazio, disoluzio eta alterazio kimikoarekin lotuta dago beraz EZ dago garraiorik.

Prozesu honek kontsolidatu gabeko metakinak sortzen ditu, askotan arroka zatiak ikus daitezkelarik.

Aktibitate organikoak metakin hauek eraldatzen baditu, eta garraio askorik ez badago, orduan lurzoru bat garatuko da.

**horizonteak: lurzoruaren barne egitura kapaz osatuta*

- METEORIZAZIO MOTAK

Mekanikoa: arroka apurketa eta disgregazioa faktore fisikoen bitartez ematen denean.

- Deskarga, krioklastia, hidroklastia, haloklastia, termoklastia

Kimikoa: arrokako mineralen eraldaketa ura edota atmosferarekin gauzatutako erreakzio kimikoengatik denean, eta arrokaren deskonposaketa eragin dezaketenak.

Meteorizazio mekanikoa:

- DESKARGA

Presio litiostatiko murrizketak arroken dilatazioa edo bolumen irabazketa dakar. Zama galtzerakoan deskonpresio-hausturak sortu daitezke, arroak tamaina desberdinetan apurten dituztenak.

Deskargaren eragina presio handietan sortutako arroketan nabarmenagoa da (adbz. Arroka plutoniko eta metamorfikoetan)

Presio litostatiko galera higadura edota egitura tektonikoen eraginez izan daiteke; horrela sakonera handietan kokatutako arroak gainazalera gerturatu daitezke, zama edo presio litostatiko gutxiago jasanez.

- KRIOKLASTIA/HIDROKLASTIA

Eskualde klimatiko hotzetan, haustura edota poroetako ur izozketak arroken apurketa ekar dezake, izotzak urak baino bolumen handiagoa duelako.

Izotzak eragin dezakeen presioa: 2000 atm/cm^2

Askotan deskargan sortutako hausturak krioklastiaren hedapenari laguntzen dio, bi prozesuak batera emanez.

- HALOKLASTIA

Kostaldekoko eremu epel edo lehorretan, krioklastiaren antzeko fenomeno bat eman daiteke, baina kasu honetan kresalak ekarritako gatzerrearen kristaltzeak eraginda.

Sortu berriko gatz-kristalak, izotzak bezala, presio bat eragin dezakete poroetako partikulengan, hauek askatuz. Arrokan sortutako zuloak "tafoni" bezela ezagutzen dira.

- TERMOKLASTIA

Temperatura aldaketa bortitzak eta azkarrak ematen diren eskualdetan (adbz. Basamortuak) ematen da. Apurketa mineralen arteko dilatazio diferentzialarekin lotuta dago.

Arroka batean, mineralen arteko dilatazio eta uzkuradura aldeak nabarmenak direnean, arrokan barne-tentsio indarrak sortu ditzazkete; indar hauek denboran luzatzen badira arroka apurketa eragin dezakete.

BESTE METEORIZAZIO MEKANIKO MOTAK: Bioklastia, haize-abrasio, ibai-abrasio, erraldioen eltzeak, glaziar-abrasio, glaziar-leunketa, glaziar-lautze.

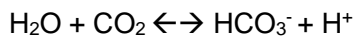
Meteorizazio kimikoa:

Uraren garrantzia meteorizazio kimikoan oso handia da, horregatik honen eragina nabarmenagoa da klima epel eta hezea daukate eskualdetan. Urak erreazio kimiko ezberdinak eragin ditzazke:

- Hidrolisia
- Disoluzioa
- Oxidazioa

- HIDROLISIA:

Uran disoziatutako ioiek eragindako erasoari deitzen zaio. Ur garbiaren disoziazioa txikia da, baina urak atmosfera edo lurzoruko CO₂ disolbatzen duenean H⁺ eta hidroxilo (OH)⁻ ioien kontzentrazioa handitzen da.



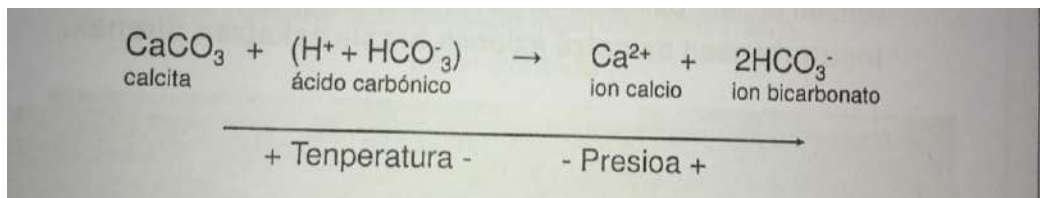
Hidrolisiaren eragina silikato eta ebaporitetan oso nabarmena da, dagoeneko H⁺ protoia hainbat kristal egituretan sar daiteke mineralen konposaketa eta barne-egitura eraldatuz.

- DISOLUZIOA:

Mineraleko atomo eta molekulen eransketa uretara.

Ur-molekuletan O²⁻ eta H⁺ banaketa irregularrak polaritate edo hondar-karga bat sorrarazten du, oso errektiboak bihurtuz ur-molekulak arroka ebaporitiko eta karbonatozko arroekin.

Urak izaera azidoa har dezake bere gaitasun korrosiboa handituz, batez ere karbonatozko arroketan, non presio-tenperatura balditzen arabera:



Karbonatoen disoluzioa eta hauspeaketak egitura karstikoak sorrarazten ditu kaborbonatozko arroketan.

- OXIDAZIOA:

Ura edo atmosferako oxigenoak eragindako erasoari oxidazioa deitzen zaio. Klima epelak oxidazioaren garapena areagotzen du. Prozesu honetan mineraletako katioi balentzia aldaltzen da, batez ere sulfuro eta karbonatoetan.

Meteorizazioa jasandako arrokak eta lurzoruak kolore gorriak aurkezten dituzte.

Sulfuroak (adbz. Pirita) oso errez oxidatzen dira; mineral klase hau meha metaliko askotan zein ikatzetan agertzen da. Ur meteorikoak mehategietan hidrolisia bitartez azido sulfurikoa sortzen du, eta oxidazioak burdin oxidoak eta hidroxidoak, ingurumenean dainatze azidoak bezala askatzen direnak.

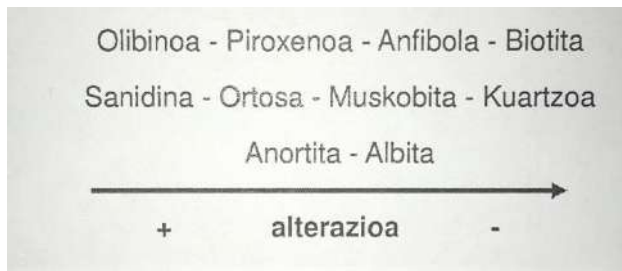
- **KELAZIOA:**

Zenbait bakterio, onddo eta likenen elikatze-prozesuan gai azidoak askatzen dituzte mineralekin erreakzionatzen dituztenak. Erreakzio hauetan mineraletatik askatutako osagai kimikoak metabolizatuak dira organismo hauengatik.

- **SILIKATOEN ALTERAZIO EREDUA:**

Arroka konposaketaren arabera alterazio kimiko mota bakoitzaren eragina desberdina izango da.

Goldich-ek (1938) silikatoen alterazio ereduak aztertu ondoren alde nabarmenak aurkitu zituen mineral desberdinen artean. Adibidez, zenbait silikatoen alterazio erraztasuna honakoa da:



6.3. GARRAIOA

Meteorizazioak eta aktibitate biologikoak tamaina desberdinetako partikulak sortzen dituzte: baldintza berrietan sortutako mineralak (“*neoformazio-mineralak*”), arroka aintzindarien zatiak eta mineralak, ioiak, osagai organikoak...

Askatutako materia multzo honek (“sedimentuak”) sorlekutik (“jatorri-eskualdetik”) transferentzia edo garraio bat jasan dezake sedimentazio inguruneraino (“arro sedimentarioa”).

Sedimentu ezaugarriak eta garraio agentea kontuan hartuz, ingurune jariokor batean sedimentu-garraioa modu desberdinetan eman daiteke:

- Ioiak uretan disolbatuta joan daitezke (“**disoluzio-zama**”)
- Pikor arinenak flotazioan joan daitezke (“**flotazio-zama**”)
- Pikor txikiak esekiduran (“**esekidura-zama**”)
- Pikor handienak jauzika, jira-biraka edota narrasean (“**hondoko-zama**”)

Egoera guztietan garraiatutako zaman mota desberdineko eraldaketak eta selekzioak ematen dira.

- Eraldaketei dagokienez, nagusienak 2 dira:
 1. Tamaina murrizketa
 2. Biribilketa
- Selekzio aldetik, hauek ere bi dira:
 1. Mineralogikoa
 2. Mekanikoa

ERALDAKETAK:

TAMAINA MURRIZKETA

Garraioan zehar partikulen arteko marruskadura eta talka ugariak partikulen itxura aldatzen dute.

Baina itxura aldaketak ez dira berdinak partikula guztietan, garraio-agentearen abiadura, distantzia eta partikulak eratzen dituzten mineral gogortasunak garrantzi handia izango dute tamaina murrizketan.

BIRIBILKETA

Higadurarekin lotuta dago. Biribilketa batez ere garraioaren hasieran ematen da, beraz garraioaren azken etapen ez dira aldaketa handirik somatzen.

Biribilketan sedimentuaren hasierako tamainak ere eragina dauka; horrela, tamaina handiko partikulak txikiak baino azkarrago biribiltzen dira.

SELEKZIOAK:

MINERALOGIKOA

Mineral gogortasunarekin lotuta dago. Garraioa luzatzean mineral gogorren proportzioa handituz doa.

MEKANIKOA

Garraio-agentearen energiarekin lotuta dago. Energia murriztean partikula astunak metatzen dira, partikula txiki eta arinen proportzioa handituz.

6.4. SEDIMENTAZIOA

Sedimentuaren garraio bukaera eta ondorengo metaketari sedimentazioa deitzen zaio.

Prozesu hau garraio-agentearen energia murrizketarekin lotuta egoteaz gain, beste hainbat baldintza fisiko-kimiko aldaketan menpe dago ere (pH, temperatura, kontzentrazio-elementalak...)

Arro sedimentarioak jasotako material kopurua hainbat faktoreen menpe dago: klima (agente geologikoen natura eta dinamika agintzen ditu), jatorri-eskualdeko arroka ezaugarriak (meteorizazioa eta higadura aurrean aurkeztuko duen erresistentzia baldintzatuko dute), orografia (ingurune malkartsua edo laua, airepekoa edo urpekoa...)

Denbora tarte batean metatutako sedimentu lodierari “**sedimentazio-tasa**” deitzen zaio.

Ingurune sedimentario bakoitzak sedimentazio-tasa bat izango du, baina normalean metaketa motela denez sedimentazio-tasaren neurketa unitateak txikiak dira: **cm/ky** edo **m/Ma**

6.5. EGITURA SEDIMENTARIOAK

Sedimentuko osagaiak **sedimentazioan jasotako konfigurazio makroskopikoa**, diagenesia ostean gordetzen dena eta ikus daitekeena sortutako arroka sedimentarioan.

Batzuk metaketan garatzen dira (adbz. Geruzapen gurutzatua), estuki lotuta daudenak garraio-agentearekin; beste batzuk, metaketa ostean ingurune baldintza aldaketak islatu ditzazketenak (adbz. Idortze-arraildurak)

Lortu daitekeen informazioa:

1. **Segida estratigrafikoaren polaritatea** (beharrezkoa dena eskualde deformatuetan)
2. **Sedimentazio baldintzak** (garraio agentearen mota eta energia), eta honekin batera **metaketaren ingurune sedimentarioa**.
3. Metaketan aritutako paleokorronteen norabidea eta noranzkoak, hau da **paleogeografia**.

ESTRATIFIKAZIOA

Arroka sedimentarioak sedimentuen gainjartze jarraiatik sortzen dira. Gainjarritako metaketak geruzak sortzen ditu, estratifikazio gainazalez mugatuta daudenak, eta geruza multzoari estratifikazioa (geruzapena) deitzen zaio. Arroka sedimentarioen egitura nagusia da.

GERUZAPENA

Geruza bakoitzak sedimentazio une zehatz baten baldintzak islatzen ditu, horregatik geruzen arteko ehundura, pikor-tamaina edota lodiera aldeak metaketan baldintza aldaketak islatzen dituzte.

Sedimentazio etenguneak (arroka-erregistrorik ez duen denbora-tartea, hots, **hiato-deposizionala**) geruzapena sor dezake. Estratifikazio gainazal bakoitzak sedimentazio denbora-tarte baten bukaera eta beste baten hasiera islatzen du.

GERUZAPEN GURUTZATUA

Sedimentu metaketa noranzko bakarreko ur edo haize korronteen bitartez denean geruzapen gurutzatuak (okertuak geruzen gainazalekiko) eratzen dira. Egitura hau ohikoa da basamortu eta kostaldeko dunetan, eta baita ibai eta delta kanaletan.

PIKOR-HAUTESPENA

Batzutan, geruza barruan, oinetik sabaira pikor-tamaina aldatzen da modu progresiboan, tamaina larritik finera edo alderantziz. Geruza mota hauei pikor-hautespena aurkezten dutela esaten zaie.

Egitura hau esekidura partikuletan aberatsak diren ur-korronteetatik izandako sedimentazio azkar baten eraginez garatzen da. Partikulen sedimentazioa batera ematen bada ere, lehenengo pikorrak metatzen direnak handiak eta astunenak dira, eta ondoren, korrontearen energia murriztu ahala, pikor txikiagoak eta arinagoak metatzen dira.

Uhertasun-korronteeek sortutako gorputzak turbidita izena jasotzen dute. Turbiditetan pikor-hautespena ohikoa da. Uhertasun-korronteeek zama asko garraiatzen dute, inguruko urak baino dentsuagoak direlarik, horregatik grabitatearen eraginez laku edo itsas azpian maldan behera doaz.

RIPPLEAK

Ur edo haize-korronteeek sedimentu gainean garatutako ondulazioak dira. Ondulazioen gandarrek angelu handiak definitzen dituzte garraio noranzkoarekin. Dagoeneko, dunak megaripple eolikoak dira.

Mota eta tamaina askotako rippleak daude, baina gehienetan multzoka agertzen dira, gandarrek paraleloak, ondulatuak edo anastomosatuak izanik. Bestalde, zehar-ebakian simetrikoak edo asimetrikoak izan daitezke.

RIPPLE ASIMETRIKOAK: Noranzko bakarrek fluxuek eraikitzen dituzte; hauetan alde maldatsuenak korrontearen noranzkoa adierazten du.

RIPPLE SIMETRIKOAK: Itxura simetrikoa dutenei oszilazio-rippleak deitzen zaie; hauek olatuen txandakako mugimenduaren eraginez sortzen dira, beraz sakonera gutxiku ingurune urtsuetan.

IDORTZE-ARRAILDURAK

Itxura poligonarreko sedimentu zati heterometrikoak mugatzen dituzten arraildurak dira. Arraildurek zabalera milimetrikotik zentimetrikora dute eta sakonera zentrimetrikoa.

Hezetasun eta lehorte garai txandaketa adierazten dute. Lehorte garaian, pikor fineko sedimentua airepean geratzen bada uzurtzen da, idortze-arraildurak garatuz. Egitura hauek sakonera gutxiko lakuetan eta paduretan ematen dira.

SLUMP-A

Sedimentazioarekin batera grabitateak eragindako deformazio-egiturak dira. Erdikontsolidatutako sedimentu geruzak maldan behera labaintzean sortzen dira. Egitura hauek sortzeko sedimentazio tasa handiak eta, ikuspuntu teknikitik, arro sedimentario ezegonkorrak (adbz. Lurrikarak) behar dira.

HIGADURA-FORMAK

Geruza oinean edo sabaian agertzen dira, eta hauetako asko iraganeko paleokorronteak, eta beraz paleogeografia, identifikatzeko baliogarriak dira.

FLUTE CASTS: Egitura luzangak dira, mutur bat erraboiakara dute eta bestea ia zapala, azken honek paleokorrontearen noranzkoa adierazten duena. Egitura hau gainera, polaritate-irizpide bezala erabiltzen da, geruzen oinean agertzen delako.

TOOL CASTS: Sedimentu bigunetan korronteak garraiatutako objektuek eragindako higadura-formak dira; sortutako sakonuneak jarraian betetzean gaineko geruzaren oinean agertzen dira (polaritate-irizpidea eta paleokorronteen norabidea jakiteko.)

RILL MARKS: Zabalera milimetriko, itxura adarkatua eta lerromakurreko ildoak dira. Ur-korronteek sortutako egitura hauek hondartzetan garatzen dira, itsas-maila jeisteak eragindako marea-korronteengatik. Ildaskak jarraian betetzean geruzen oinean agertzen dira (polaritate-irizpidea).

EURI TANTA AZTARNAK: Depresio txikiak dira, ertzak apur bat goratuak dituztenak, pikor oso fineko sedimentu gainean euri-tanten talkek eraginda airepeko baldintzetan. Bestalde, gasen ihes-markak itxura antzekoa dute, baina banaketa irregularragoa aurkezten dute.

IZOTZA, HALITA edo IGELTSUA: Kristaltzean, azken bi hauek baldintza hipergazietan, pikor oso fineko sedimentuetan kristal-moldeak sortu daitezke. Molde hauek ikusgarriak dira kristalak urtu edo disolbatu ondoren.

6.6. INGURUNE SEDIMENTARIOAK

Sedimentu metaketa gauzaten den eskualde geografikoari “ingurune sedimentario” deitzen zaio. Ingurune bakoitzak ezaugarri geologiko, geomorfologiko, fisiko, kimiko eta biologiko **bereziak** ditu; beraz, **metaketa baldintza desberdinetan** eman daitekenez, ingurune sedimentario mota bakoitzean sortutako **arroka sedimentarioen ezaugarriak konkretuak** izango dira.

Sedimentu metaketari dagokionez, hiru ingurune mota nagusi bereizten dira, bakoitzak ingurune sedimentario desberdinak biltzen dituelarik:

1. Kontinentalak
2. Trantsiziozkoak
3. Itsastarrak

INGURUNE SEDIMENTARIO KONTINENTALAK

- Flubiala
 - o Alubioi-konoa
 - o Ibai-kordatuak
 - o Meandro ibaiak
- Aintzirakoa (flubiolakutarra)
- Basamortukoa
- Glaziarra

INGURUNE SEDIMENTARIO TRANTSIZIOZKOAK

- Deltakoa
- Itsasadarrekua

INGURUNE SEDIMENTARIO ITSASTARRAK

- Itsasbazterrekua
 - o Hondartzak eta barra-irlak
 - o Lagoon
 - o Marea-lautada
 - o Itsasbazter ebaporitikoa
- Plataformakoa
 - o Karbonatozkoa
 - o Siliziklastikoa
 - o Arrezifekoa
 - o Ezponda kontinentalekoa
 - o Arroila kontinentalekoa
- Sakonekoa
 - o Glazisa
 - o Lautada abisala

FAZIE SEDIMENTARIO

Askotan, arroka sedimentario baten berezitasunak azpimarratzeko “fazie sedimentario” terminoa erabiltzen da; honek arrokaaren litologia, egitura sedimentarioak eta fosil-educiera definitzen ditu.

Egungo ingurune sedimentarioetan ikus daitezkeen ezaugarriak aztertuz eta iraganeko arroiekin alderatuz, aintzinako ingurune sedimentarioak identifikatu ditzakegu eta modu honetan, eskualde geografiko batean ingurune horien aldaketa denboran zehar nolakoa izan den jakingo dugu.

Edozein eskualde geografikoan fazie sedimentarioak bertikal zein horizontalean aldatzen dira. Aldaketa bertikalek denboran zehar izandako ingurune sedimentario mota aldaketak islatzen dituzte, eta aldaketa horizontalak sedimentu garaikideen metaketa baldintza desberdinak erakusten ditu.

6.7. DIAGENESIA

Metaketa ostean sedimentuetan garatutako aldaketa fisiko, kimiko eta biologiko multzoa da, bertan sedimentuen trinkadura eta litifikazioa (arroka bihurtzea) ematen delarik.

Litifikazioaren aurretik eta ostean ematen diren oso zailak direnez identifikatzea, askotan “litifikazioa” diagenesiaren baliokide bezala erabiltzen da.

Diagenesiaren baitan **sedimentuetan hainbat eraldaketa** gauzatzen dira prozesu ezberdinen eraginagatik:

- **Trinkadura**
- **Birkristaltzea**
- **Autigenesia**
- **Zementazioa**

Prozesu hauekin batera **aktibitate biologikoaren eragina nabarmena** izan daiteke; dagoeneko, sedimentuetan ikus daitezkeen zenbait eraldaketa aktibitate biologikoarekin erlazionatuta daude.

- TRINKADURA

Sedimentuen zamak eragindako bolumen galera da. Prozesu honek paketatzea handitzen du, dentsitatea handituz eta porositatea murriztuz. Bestalde prozesu honek poroetako fase fluidoak kanporatu ditzake.

- DISOLUZIOA

Pikorrek poroetako gai fluidoekin egindako ioi-trukea da. Pikorren arteko ukipen-puntuak fase likido baten ondoan badaude, ukipen-endarrek pikorren disoluzioa eragin dezakete puntu horietan. Pikorretatik askatutako elementu kimikoak poroetako fase fluidora alde egingo dute.

- AUTIGENESIA – ZEMENTAZIOA

Mineral berrien sorrera da. Prezipitazio bitartez sortu berriko mineralak sedimentuen poroetan edota pikorren gainazaletan kristaltzen dira. Autigenesia asko hedatzen bada sedimentuen zementazioa eragin dezake.

Batzutan, sortu berriko mineralek lehendik dauden mineralak ordezkatu ditzazkete leku berebean; prozesu hau pseudomorfismoa da, eta fosilen sorreran askotan ematen da (adbz. Silizeak edo piritak karbonatozko mineralak ordezkatzeko dituenean).

- BIRKRISTALTZEAK

Sedimentua osatzen duten mineralen hazkundera da, hauen tamaina eta kanpoko itxura aldatuz.

Ikuspuntu ekonomikotik diagenesian gauzatutako eraldaketak garrantzitsuak dira, ondorengo arroka sedimentarioen porositatea eta iragazkortasuna, hau da, petrolio, gas edo ur gordailu bezala izateko gaitasuna baldintzatzen duelako.

Fairbridgek (1967) diagenesian hiru etapa bereizten ditu:

1. Diagenesi goiztiarra edo **sindiagenesia**
2. Diagenesi ertaina edo **anadiagenesia**
3. Diagenesi berantiarra edo **epidiagenesia**

1. SINDIAGENESIA

Sakonera gutxira garatzen da (1 – 100m) eta 10.000 urte iraun dezake. Gauzatzen diren aldaketa gehienak sedimentazioarekin garaikideak dira, beraz ingurune sedimentarioko baldintzak eragin zuzena dute.

Metaketarekin batera hasten denez, gehienetan ur eta materia organiko kopurua handia da; hauei esker, sedimentuan (mikro-) organismo ugari daude, ingurune oxidatzaile bat sorrarazten dutenak. Baldintza oxidatzaileek feldespato eta miken alterazioa eragingo dute.

Alterazioak mineral berriak sortuko ditu, baina sakonerarekin aktibitate biologikoa murrizten denez, baldintzak geroz eta erreduktoreagoak izango dira. Sakoneko baldintza berri hauetan beste mineral batzuk agertuko dira (adbz. Sulfuroak sulfatoetatik).

2. ANADIAGENESIA

Sakonera handietan garatzen da (>100m), 100°C tenperaturak gainditu dezaketenak. Sakonera horietan trinkadura, poroetako ur desagertzea, zementazioa eta mineral berrien sorrera (autigenesia) ematen dira. Beraz, etapa honetan ez dagoenez inongo aktibitate biologikorik, prozesu fisiko-kimikoak nagusiak dira.

Sedimentuen trinkadurak poroetako ur kopurua murrizten du, askotan guztiz desagertu arte.

Trinkadurak pikorren arteko ukipen-puntuak ugaritzen ditu, eta honekin batera disoluzioa pikorren ukipen-puntuetan.

Disoluzioan askatutako elementuen hauspeaketak pikor gainazaletan eta poroetan sedimentuaren zementazioa eragingo du.

Lurperaketa edo sakonerarekin batera T° igoerak hainbat mineralen birkristaltzea eragiten du.

Eta honetan aipatutako prozesu multzoak sedimentuaren litifikazioa eragingo du.

3. EPIDIAGENESIA

Eta honetan lurpeko materialak (sedimentuak edo sortu berriko arroka sedimentarioak) gainazalera gerturatu dira. Ur meteorikoarekin ematen diren interakzioek baldintza oxidatzaile eta hidratatuak sorraraziko dituzte, eta baldintza berri hauekin batera mineral berriak sortuko dira.

7.gaia **ARROKA SEDIMENTARIOAK**

EDUKIAK:

- Sarrera
- Arroka detritikoak
- Arroka detritikoen osagaiak
- Arroka detritikoen ehundurak
- Karbonatozko arroka
- Beste arroka ez-detritikoak

1. SARRERA

Ingurune sedimentarioetan metatutako partikula edota hauspeatutako elementu kimikoez osatutako sedimentuen kontsolidaziotik sortutako arrokkak dira.

Lurrazalaren %5 bakarrik eratzen dute, baina gainazalaren %75 estaltzen dute.

Osagaiaren arabera arroka sedimentario multzo bi nagusi bereizten dira:

1. Arroka detritikoak
2. Arroka ez-detritikoak

ARROKA DETRITIKOAK

Osagai gehienak (>%50 bolumenean) meteorizazioak arroketatik sortutako higakinak dira.

Higakinak jatorri-eskualdetik solido egoeran garraiatutako partikulak dira, ehundura klastiko bat ematen diotenak arroka sedimentarioei.

Tamaina handiko pikor-multzoa ("trama") tamaina fineko pikor-multzo batean ("matrizea") bilduta egon daiteke. Bestalde, pikorren arteko hutsuneak hutsik egon daitezke ("poroak") edo beteta bertan kristaldutako mineralekin ("zementua").

ARROKA EZ-DETRITIKOAK

Soluzio batetik hauspeatutako osagaietatik edo landare eta animalien zati edo jariakinetatik eratorritako arrokkak dira. Konposaketa kimikoaren arabera mota ezberdinak bereizten dira:

- Silizezko arrokkak
- Karbonatozko arrokkak
- Arroka fosfatodunak
- Ebaporitak
- Arroka burdintsuak
- Manganesozko arrokkak
- Arroka organogenoak

Orokorrean, arroka ez-detritikoetan ehundura kristalinoa da motarik ohikoena, baina inoiz ehundura klastikoa edo bioklastikoa ere aurkeztu dezakete. Ehundura kristalinoa itxura homogeneodun gai batez definituta dago, milimetro- edota mikra-eskalako kristalekin osatuta dagoena.

Hainbat ehundura kristalino jatorrian bioklastikoak ziren (abdz. Mikroorganismoen eskeleto-metakinak) baina diagenesian gauzatutako birkristaltze prozesuetan izaera klastikoa galdu zuten (adbz. Silexa, ikatzak).

ARROKA SEDIMENTARIOEN ARTEKO UGARITASUNA

Lutitak: %55-65 **Detritikoak**

Hareharriak: %20-25

Kareharriak: %10-15

Gainontzeko arroka sedimentarioak: <%5

ARROKA SEDIMENTARIOAK

Arroka sedimentarioak iraganeko ingurune sedimentarioen informazio interesgarria erregistratzen dute eta, batzuetan, garraio-agentea edota jatorri-eskualdeari buruzko informazioa ere gordetzen dute.

Arroka sedimentarioak bakarrak dira fosilak dituztenak; azken hauek, iraganeko ingurune sedimentarioak nolakoak ziren jakiteko lagungarriak izateaz gain, arrokek datatzeko ezinbestekoak dira. Beraz, arroka mota hauek Lurraren historia ezagutzeko funtsezkoak dira.

Lurraren historia berreraikitzeke arroka sedimentario bakoitzaren historia definitu behar da. Horretarako klasto mota bakoitzaren jatorria, garraio mota eta iraupena, eta ingurune sedimentarioen baldintzak jakin behar dira.

2.ARROKA DETRITIKOAK

MOTAK

Grabauk (1913) pikor-tamaina (EZ naturan) oinarritutako sailkapena proposatu zuen, hiru klase bereiztuz:

1. RUDITA: Gutxienez pikorren %25-aren diametroa >2mm.
 - Konglomeratua: pikor-itxurak biribilak
 - Bretxa: pikor-itxurak angelutsuak
2. HAREHARRIA: pikor gehienek (>%50) diametroa 2 - 0,0625 mm artean dago.
3. LUTITA: pikorren %75 baino gehiagoren diametroa < 0,0625 mm denean.
 - Lohi-tamaina (0,0625 – 0,0039 mm) nagusia: Lohi-harria
 - Buztin-tamaina (<0,0039 mm) nagusia: buztin-harria

Silizezko osagaiak nagusiak direnez, aipatutako izenak natur horietako arrokei dagozkie, horregatik “detritiko” ordeztuz, arroka siliziklastiko izena ere erabiltzen da. Aldiz, osagaien natura karbonatozkoa bada beste izen hauek erabiltzen dira hauen izaera azpimarratzeko:

- Kaltzirudita
- Kalkarenita
- Kaltzilutita

RUDITAK

Pikor-tamaina handiko klastoak (trama) arroka zatiak dira; hauei esker erreza da jatorrizko-eskualdearen identifikazioa, berez oso urruti ez daudenak, bereziki Bretxen kasuan.

Gehienetan pikor-selekzioa txikia denez klasto handienak harea tamaineko matrizean bilduta daude. Ruditen sorrera kontinente zein itsaspeko erliebe malkartsuetan, edo hauetatik gertu ematen da, korronte zurrunbilotsuak edota aldapa maldatsuak dauden lekuetan.

HAREHARRIAK

Matrize-portzentaia arabera hareharriak bi taldetan banatzen dira (*Petijohn et al.*, 1987)

- Arenitak (matrize-portzentaia < %15)
- Wackes (matrize-portzentaia > %15)

Hareharrien kasuen izendapena kuartzo / feldespatu / arroka zatiak proportziotik dator

Ingurune sedimentario desberdinetan sortzen dira. Hala ere, pikor-tamaina aldeak (sorting), pikorren itxura eta gainazal ehundurak garraioari buruzko informazio interesgarria.

Adibidez, haizeak sortutako harea-metakinak sorting txikiak daukate (pikor-tamaina aldeak txikiak), ondoren itsasbazterreko korronteez sortutakoak (hondartzak) eta, azkenik, ibaietako korronteez sortutako harea-metakinak sorting altuagoa daukate.

LUTITAK

Lohi- eta buztin-tamaineko arroka detritiko hauetan pikor gehienak buztin-mineralak dira. Kuartzoa eta feldespatuak egotekotan lohi-tamainekoak dira. Mineral osagarri bezela ere ager daitezke: mikak, karbonatoak, burdin oxidoak, piritak.

Lohi- eta buztin-tamaineko pikorren metaketa dekantazioz izaten da, energi oso gutxi ingurune sedimentarioetan (abdz. Lakuak, uholde-lautadak, padurak, arro ozeaniko sakonak...). Buztin-tamaineko pikorren dekantazioa emateko hauek agregakinak sortu behar dituzte.

Lutiten konposaketa kimikoak ingurune sedimentarioari buruzko informazioa eman dezake. Adibidez, lutita beltzak materia organikoan aberatsak dira baldintza edo ingurune ez-oxidatzailea eskatzen dutenak (abdz. Zingirak, materia organikoa ez oxidatzeko)

Diagenesian trinkadurak poroetako gai fluidoak kanporatzen ditu, zementazio prozesua eragotziz; gainera trinkadurak paraleloki orientatzen ditu filosilikatoak, porositatearen konektagarritasuna murriztu.

Zementazio urriak litifikazio eskasa ematen die lutitei, izaera mekaniko "biguna" (ez-konpetentea) aurkeztuz.

Poroen arteko konektagarritasun mugatuak transmisibitate txikia ematen die lutitei, gai fluidoentzat (ura, petrolio, gasa,...) hesi iragaztezinak bihurtuz. Propietate honi esker lutitak oso interesgarriak dira hidrokarburo-tranpa bezala.

Zenbait buztin-harri ("shale lutita") erreztasunez apurtzen dira xafra-itxuradun zatietan; propietate hau fisibilitatea da. Aldiz, lohi-harri gehienak zati irregularretan apurtzen dira ("mudstone"), kuartzo eta feldespatu pikor gehiago dituztelako.

3.ARROKA DETRITIKOEN OSAGAIK

- **Terrigenoak:** arroka aintzindariaren zatiak, mineralak eta mineral zatiak dira, jatorri-
eskualdetik arro sedimentarioa heltzeko garraio bat jasan dutenak.
- **Ortokimikoak:** sedimentuan bertan hauspeatutako osagai kimikoak dira. Prozesu
hau, hots, hauspeaketa, arro sedimentarioan bertan ematen da.
- **Alokimikoak:** ingurune sedimentarioan sortutako detritoak edo partikulak dira, baina
metatu aurretik garraio bat jasan dute

OSAGAI TERRIGENOAK

Arroka zatiak: hauetan jatorrizko arrokaren ezaugarriak erreztasunez bereiztu daitezke.

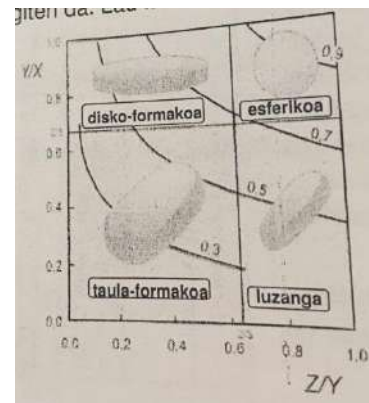
Jatorri organikoak partikulak (ambarra, ikatza...) Beira bolkanikoa

MINERAL EDO MINERAL ZATIAK:

<p style="text-align: center;">KUARTZOA</p> <p>Bataz besteko kopurua arroka sedimentarioetan: %20-25</p> <p>Banaketa:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hareharria: %60-70 Lutiteta: %30 Kareharrietan: <%5 <p>Jatorria: nagusia arroka plutoniko eta metamorfikoen higaduratik askatutako pikorrak.</p>	<p style="text-align: center;">FELDESPATOK</p> <p>Batez besteko kopurua arroka sedimentarioetan: %5-10</p> <p>Ugaritasuna:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feldespato potasikoa (ortosa) - Plagioklasa sodikoa (albita) - Plagioklasa kaltzikoa (anortita) <p>Jatorria: Arroka plutoniko eta metamorfikoen higaduratik askatutako pikorrak. Kuartzoa ez bezala, feldespatoen egonkortasun kimikoa meteorizazioan txikia da eta gehienetan buztin mineraletara aldatzen dira.</p>
<p style="text-align: center;">FILOSILIKATOK</p> <p>Bataz besteko kopurua arroka sedimentarioetan: %5-10</p> <p>Ugaritasunari begira:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buztin mineralak (illita ugariena) - Mikak (muskobita > biotita) - Klorita <p>Jatorria: mineralen alteraziotik (adbz. Kaolinita feldespatoetatik eta klorita mineral ferromagnesioanoetatik) eta neurri txikiago batean, arroka plutoniko eta metamorfikoen higaduratik askatutako pikorrak.</p>	<p style="text-align: center;">MINERAL ASTUNAK</p> <p>Kuartzoa eta feldespatoak baino dentsuagoak diren mineralak dira.</p> <p>Mineral osagarri bezala (proportzio txikian) agertzen dira, baina sedimentuen jatorriari buruzko informazio nabarmena ematen dute (adbz. Olibinoa arroka igneoen higaduratik; granatea arroka metamorfikoen higadurak).</p>
<p style="text-align: center;">KARBONATOK</p> <p>Jatorria: Kareharrien higadura eta organikoa (biokimikoa; adbz. Maskorrak)</p> <p style="text-align: center;">Kaltzita (CaCO₃) arruntena da Aragonitua (CaCO₃) bioklastoetan nagusia Siderita (FeCO₃) Dolomita (CaMg(CO₃)₂) Ankerita (CaFe(CO₃)₂)</p>	

3. **Itxura:** pikorraren luzera-ardatzen arteko erlazioa ($Y/X - Z/Y$). Neurketa zailak direnez askotan diagramen bitartez egiten da. Lau itxura nagusi bereizten dira:

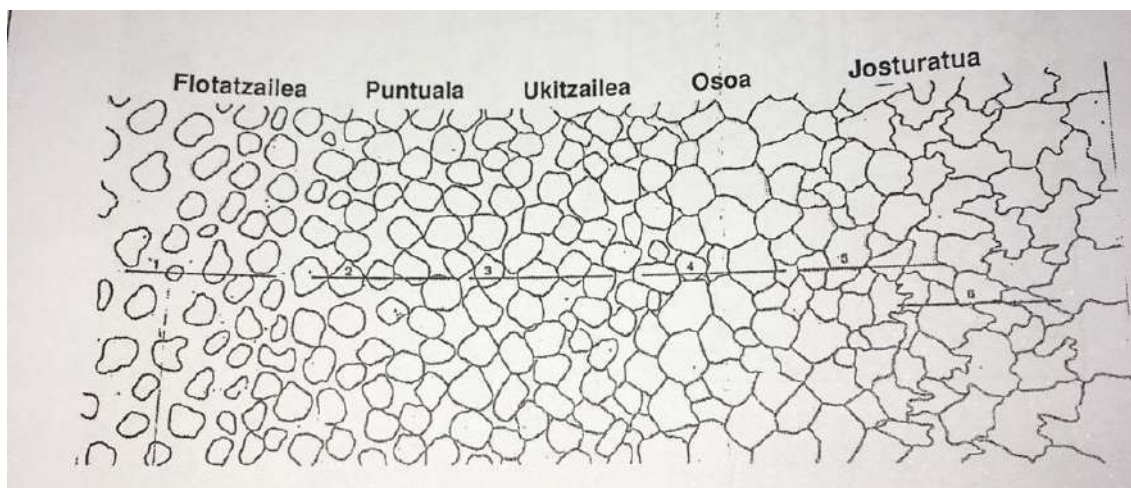
1. Disko-formakoa
2. Esferikoa
3. Taula-formakoa
4. Luzanga



4. **Gainazal ehundura:** pikor gainazalen distira eta mikroerliebea da.

4. Paketatzea:

Tramako pikorren arteko tarte-kopuruari dagokio. Tarte hauek matrizea, zementua edota poroak izan daitezke.



- Flotatzailea: pikorrek ez dira elkar ikutzen
- Puntualea: pikorrek ukipen puntu bakarra dute
- Ukitzailea: pikorrek gainazalaren bitartez ikutzen dira
- Osoa: pikorren gainazal osoa ukipenean dago
- Josturatua: pikorrek gainazal barneratuak dituztenean.

Deskribapenak egiteko datu-bilketa mikroskopiako teknika (petrografia konbentzionala eta elektronikoa) eta aplikazio informatiko desberdinen bitartez egiten dira.

EHUNDURA-HELDUTASUNA

5. KARBONATOSZKO ARROKAK

Arroka sedimentario ez-detritikoen artean ugariak dira. Hauetan mineral nagusiak karbonatoak dira, batez ere kaltzita CaCO_3 eta aragonitua CaCO_3 , eta inoiz ere dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Mineral osagarri bezala kuartzoa, feldespatoak, buztin mineralak, pirita edota siderita ager daitezke.

KARBONATOSZKO ARROKAK

Mineral nagusien arabera, karbonatoszko arroka mota hauek daude:

- Kareharria (>%95 CaCO_3)
- Magnesiodun kareharria (%90-95 CaCO_3)
- Kareharri dolomitikoa (%50-90 CaCO_3)
- Dolomia karetsua (%10-50 CaCO_3)
- Dolomia (<%10 CaCO_3)

KAREHARRIAK

Kareharriak ingurune itsastar (pelagikoak zein neritikoak) eta kontinentaletan (aintzira, laku, ibai eta lurzoruetan) sortzen dira. Kaltzitzen jatorria sedimentuan kimikoki hauspeatutakoa izan daiteke (mikrita) edo biokimikoa (organismoen eskeletoak eta gorotzak), azken hau ugariena.

DOLOMITIZAZIOA

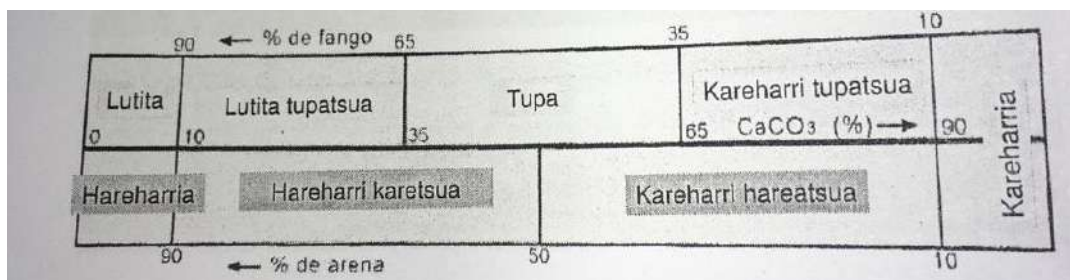
Aldiz, dolomia gehienak kareharrietan gauzatutako Ca-Mg ordezkapenatik sortzen dira. Ordezkapen prozesu hau dolomitizazioa bezala ezagutzen da. Dolomitizazioak denbora behar duenez, aintzineko arroketan dolomiak kareharriak baina arruntagoak dira.

Ordezkapen honekin batera, ehundura aldaketa nabarmenak gauzatzen dira, jatorrizko ezaugarri asko galtzen direlarik (adbz. fosilak)

TUPARRIAK EDO MARGAK

Arroka detritiko (batez ere kareharriak eta lutitak) eta karbonatoszko arroken bitarteko arroka asko daude. Hauei, tuparria edo marga deitzen zaie.

Tupetan osagai terrigenoen tamaina lohi edo buztin tamainekoa da eta hauen kopurua tupetan %35 - %65 (bolumenean) bitartean kokatzen da. Harea tamaineko pikor kopurua >%50 baldin bada arroka detritiko bezala sailkatu behar da.



IKATZ HUMIKOAK

Ugarienak dira. Banda itxura dute eta ikatz mota hauetan egur eraldatua osagai nagusia da. Karbono edukieraren arabera mota ezberdinak daude, baina karbono edukiera handitzean gai hegazkorren edukia (H_2 , CO_2 , CH_4 eta H_2O) murrizten da.

Karbono edukiera batez ere lurperatze-tenperatura eta berotze-denboraren menpe dago; orokorrean, adinarekin ikatzaren karbono edukiera handitzen da.

- **Zohikatz** (C: %55): Ikatzen sorrerako lehen fasea da, karbono edukiera txikiena duena. Deskonposatu eta trinkotutako landare zatiez osatuta dago.
- **Lignitoa** (C: %73): maila baxuko ikatza, gai hegazkorren eta karbono-edukierak antzekoak dituenak. Oraindik landareen zatiak bereiztu daitezke.
- **Huila** edo harrikatz (C: %84): ez dira ikusten landareen zatiak, baina oraindik banda egitura mantentzen du.
- **Antrazita** (C: %93): ikatz beltza, maskor-itxurako hausturarekin

IKATZ SAPROPELIKOAK

Eraldatutako espora, alga eta landare zatiez osatuta daude, eta hauetan itxura homogeenagoa da.

Ikatzak hainbat trantsiziozko (deltak) zein ingurune kontinentaletan (lakuak) sortzen dira, gai humikoen eraldaketatik baldintza erreduktoreetan. Gai humikoak lignina, zelulosa eta landare proteina deskonposiziotik datoz.

PETROLIOA

Berez ez da arroka sedimentario bat. Itsas arro itxietan metatu eta, ondoren, eraldatutako hondar planktonikotik sortutako hidrokarburo-nahasketa konplexu baten osatuta dago, gehi beste osagai osagarri batzuk (nitrogenoa, sulfuroak...). Petrolioaren konposaketa adina eta lurperatze-tenperaturarekin aldatzen da.

Materia organikoaren aberatsak diren arroketan sortzen da (ama arroka), normalean lutitak edo margak dira. Ondoren migratzen du iragazkortasun handiko arroketan (hareharriak edo kareharriak) gelditu arte (biltegi-arroka), horretarako tranpa bat behar da (lutitak). Aldiz, gainazalera heltzen bada oxidatzen da, asfalto metakinak sortuz.

Diagenesian tenperatura igoerak petrolioaren heltzea dakar, heldutasun-maila optimoa 70-100°C lortuz; baina balio maximo batetik aurrera hasten da kontsumitzen gasa emateko. Hasierako gasa hezea da, baina 150°C-tik aurrera metano lehorra sortzen da.

8.gaia **ARROKA** **METAMORFIKOAK**

EDUKIAK:

- METAMORFISMOA
- METAMORFISMO-FAKTOREAK
- ERALDAKETA METAMORFIKOAK
- METAMORFISMO-MOTAK
- EHUNDURA METAMORFIKOAK

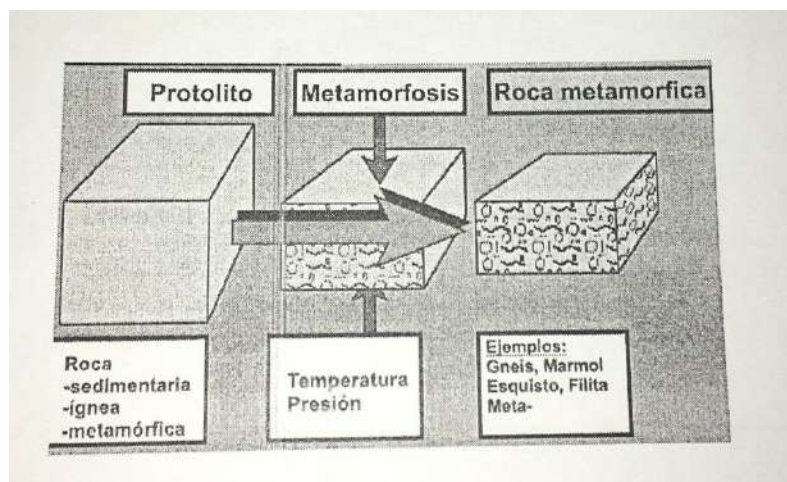
1. METAMORFISMOA

Arroka batean, presio, temperatura, substantzia kimiko edota esfortzu tektonikoen eraginez solido egoeran eraldaketa fisiko-kimikoak gertatzea. Eraldaketek arroka-mineralogia, ehundura eta barne-egitura aldatzen dituzte, nahiz eta jatorrizko arroka-mineralogian bereizitasunak inoiz mantendu daitezkeen.

IUGSeko Arroka Metamorfikoen Subkomisioa (SCMR):

“Metamorfismoa arroka batean mineral konposaketan edota mikroegituran (ehunduran) aldaketa gertatzea da, gehienetan prozesu hau solido egoeran izanda”.

Funtsean, arroka (protolito) baten eraldaketa da; beraz, arroka metamorfikoak, arroka igneo, sedimentario eta baita metamorfikoetatik sortu daitezke.



Eraldaketa metamorfikoak litosfera barneko baldintza fisiko (presio eta temperatura) aldakorrei egokitzeko gauzatzen dira. Bestalde, nahiz eta meteorizazio eta diagenesiko eraldaketa asko solido egoeran izan, hauek metamorfismotik kanpo daude.

Gehienetan eraldaketa metamorfikoak modu progresiboan gauzatzen dira, hasieran maila txikiko aldaketekin (gradu oso baxuko metamorfismoa) eta, inoiz, aldaketa handiak eman arte (gradu altuko metamorfismoa). Horregatik, batzutan lutita eta arbel baten arteko bereizketa makroskopikoa zaila da.

Hala ere, sindiagenesiko eta metamorfismoko eraldaketa batzuen arteko bereizketa zaila da. Normalean, bereizketarako arroak aurkezten duen elkarte mineralogikoa erabiltzen da, arroka-jasandako presio eta temperatura minimo bat adierazten dutenak:

$$T = 150^{\circ}\text{--}200^{\circ}\text{C}$$

$$P = 100 - 250 \text{ Mpa (4 - 5 km)}.$$

Presio eta temperatura baldintza altuetan (gradu altuko metamorfismoa) eraldaketa metamorfikoek protolitoen jatorrizko ezaugarriak (abdz. Fosilak, geruzapena...) ezabatuz ditzakete, mikroegitura eta ehundura berriak agertuz.

Metamorfismoaren beste muturreko muga arroka-galdaketa da, anatexia bezala ezagutzen den prozesua. Anatexian sortutako galdatuari mobilizatua deitzen zaio eta arroka-zati erregogorrei restita. Biak, mobilizatua eta restita, nahastuta agertzen badira arroka metamorfikoari migmatita edo anatexita deitzen zaio.

Hala ere, metamorfismoan fusio-tasa txiki bat onartzen da, baldin eta arrokkak ez badu galtzen bere solido egoerako portaera mekanikoa.

Arrokaren elkarrekin mineralogikoak eragin nabarmena dauka anatexiaren hasieran, baina arrokaren gai fluido kopurua da faktorerik garrantzitsuenak; gai hauek ugariak direnean galdaketa-tenperatura 650°C-koa izan daiteke, aldiz baldintza anhidroetan anatexia 1000° - 1100°C ematen da.

Fusio baldintzetatik gertu gauzatutako eraldaketa multzoa ultrametamorfismo bezala ezagutzen da. Galdaketa asko hedatzen bada arroka igneoak sortzen dira.

2. METAMORFISMO-FAKTOREAK

Arrokan solido egoerako eraldaketa fisiko-kimikoak eragiten dituzten faktoreak eta hauen eragileak:

- Tenperatura: gradiente geotermikoa edota magmak
- Presioa: konfinamenduko-presioa (presio litostatikoa) edota esfortzu tektonikoak
- Esfortzu-egoera: esfortzu tektonikoak
- Fluido-agerpena: ur-bolumen handiak eta beroa (magmak)

Batzutan faktore bakar batek eragiten du metamorfismoa, baina normalean faktore bat baino gehiagok parte hartzen dute.

Protolitoaren jatorrizko mineral-elkarrekin baldintzatzen du metamorfismo-faktore bakoitzak protolitoan izan dezakeen eragina, eta baita sortuko den arroka metamorfikoaren konposaketa (prozesu isokimikoa). Horrela, mota bakarreko mineralogiaz osatutako protolitoetan, eraldaketa metamorfikoak ez dira agerikoak, batez ere mineralak ez badira oso erreaktiboak (adib. Kuartzoarenita).

Aldiz, protolitoa mineral erreaktiboetan aberatsa bada (adib. CO_3^{2-} edo OH^- taldeak dituzten mineralak) edota mota askotako mineralez osatuta badago, erreakzio kimikoak errezten dira eta metamorfismoaren eragina zabaldu daiteke hainbat kilometrotan.

TENPERATURA

Metamorfismoko faktore nagusia da. Tenperatura igoerak kristalen barne-energia handitzen du, atomo eta molekulen bibrazioa kristal-sarean handituz eta, honekin batera, lotura atomikoak ahultzen dira. Kristal egitura ahulek ioien difusioa errezten dute mineral barruan, eta hauekin erreakzio kimikoak eta birkristaltze prozesuak.

Normalean, mineral mota bereko kristal txikiak elkartzen dira kristal handiak eraikitzeko (birkristaltze metamorfikoa). Sortu berriko ehundurak kristal tamaina handiagoa du, eta sortutako ehundurari granoblastikoa deitzen zaio.

Temperatura igoerak deshidratazio erreakzioak ere eragiten ditu, hots, CO_2 eta H_2O , gehi beste gai hegazkorren desagertzea, batez ere karbonatozko arroketan. Beraz, metamorfismoan tenperatura igoerak arrokako mineral hidratatuen kopurua jetsiko du, eta erreakzio kimikoek baldintza berrietan egonkorra den paragenesi-minerala sortuko du.

Lurrak dituen bero-iturri nagusienak elementu erradioaktiboen desintegrazetetik askatutakoa eta Lurraren sorreratik (akrezio-beroa) geratzen den beroa dira. Lurrazalean gradiente geotermikoa 20° - 30°C /km -koa da, eta sakonerarekin ematen den bero igoera honek metamorfismoa eragiten du. Tenperatura efektua nabarmenagoa da gainazaletik gertu

sortutako arroketan, azken hauek subdukzioz edota sedimentu pilaketa handiak ematen diren arro sedimentarioetan behe-lurrazalean kokatzen direnean. Baita ere kontinente-kolizioak ematen diren eskualdeetan, non lurrazalaren loditzean arroak sakonera handietara desplazatzen dira, temperatura altuak jasaten, galdaketa eman arte.

PRESIOA

Presio eta tenperatura eraginen arteko bereizketa oso zaila da, biak sakonerarekin batera aldatzen direlako. Zuzendutako esfortzuak ez badaude, konfinamenduko-presioa presio litostatiko bezala kontsideratzen da. Presioa handitzean kristalen arteko hutsuneak desagertzen dira eta birkristaltzea ematen da, arroka dentsuagoan bihurtuz, baina deformatu gabe.

ESFORTZU-EGOERA

Zuzendutako esfortzuak agertzen badira konfinamenduko-presioa ez bezala, arrokek jasotako presioa ez da uniforme, horregatik esaten zaie "esfortzu diferentzialak".

Esfortzu diferentzialak edo tektonikoek arroak deformatu eta egitura tektonikoak sorrarazten dituzte, eta hauekin batera ehundura anistroboak, non mineralen ardatz-luzeenak konpresio-esfortzu nagusiekiko elkarzuta daude. Ehundura hauetan ikus daitezkeen egituren orientazioak esfortzuen norabidea adierazten dute.

Nagusiki, zuzendutako esfortzuak (esfortzu diferentzial edo tektonikoak) ertz-plaketan sortzen dira, batez ere, ertz konbergenteetan. Azken hauetan konpresio-esfortzu handienak horizontalkak dira, horregatik ingurune geodinamiko hauetan lurrazala horizontalki laburtu eta bertikalki loditzen da.

Zuzendutako esfortzuek sortutako egitura anisotropoen artean ehundura lepidoblastioak daude. Ehundura hauetan mineralen ardatz-luzeenak konpresio-esfortzu nagusiekiko elkarzuta daude.

FLUIDO-AGERPENA

Metamorfismoan H_2O eta CO_2 agerrerak izugarritzko garrantzia dauka. Gai hauek arroak zeharkatzerakoan bertako elementu kimikoak mugiarazi ditzakete, arroken konposaketa eta ehundura aldatuz. Prozesu honi metasomatismoa deitzen zaio.

Metamorfismoa prozesu isokimiko bat bezala ulertzen da, hots, arroken konposaketa kimiko globala konstante mantentzen da.

Magmatismo inguruetan metasomatismo fenomenoak ohikoak dira. Magmek beroa askatzeaz gain kristaltze prozesutik askatutako fluido kopuru handiak gorputz intrusiboetatik kanporatzen dira; gainera magmek arroka ostalariek gordetzen duten ura berotzen dute, fluido hidrotermalak sortuz.

Presio altuengatik mineralen arteko ukipen-puntuetan ematen den disoluzioa, edota kristalden gainazaletatik migratzen dituzten ioiak fluidoz betetako poroetara heltzen dira. Fluidoak migratze ionikoa eragiten dute distantzia handietara eta, gainera, tenperatura goerarekin fluidoak erreaktiboagoak dira.

3. ERALDAKETA METAMORFIKOAK

Metamorfismoa jasaten duten arrokek baldintza fisiko (kimiko) berrietara egokitzeko mineralogian zein ehunduran eraldaketak izaten dituzte. Eraldaketa mineralogikoak bi modutara burutu daitezke, biak ere islada izango dutenak ehunduran:

- Eraldaketa kimikoen bitartez, hots, mineralen konposaketa kimikoa aldatuz
- Mineralen kristal-egitura aldatuz, hau da, eraldaketa isokimiko edo polimorfikoen bitartez.

ERALDAKETA MINERALOGIKOAK

Metamorfismoan mineralogian gauzatutako eraldaketa multzoari kristaltze metamorfikoa deitzen zaio, eta sortutako mineral egonkor multzoari paragenesi-minerala, zeinen konposaketa kimiko globala protolitoarena da.

Dena dela, gradu altuko metamorfismoan protolitoetako mineral hidratatuak (adbz. Buztin mineralak, mikak, anfibolak,...) desagertzen dira, eta protolitoetatik kanporatutako gai hegazkorrak aske daude garraio ionikoa egiteko, hots, metasomatismoa eragiteko eskualdeko arroketan.

8km-ko sakoneran ($T= 150^{\circ}\text{-}200^{\circ}\text{C}$) buztin mineralak klorita eta muskobitara eraldatzen dira baina beste silikato batzuk (adbz. Kuartzoa eta feldespatuak) egonkorrak dira tenperatura eta presio hoietan.

Eraldaketa polimorfikoan kristal-tamaina handitzen da, kristalen arteko ukipen-puntuak murriztuz. Prozesu hau, nahiz eta askotan presioa igoseraren ondorioz izan, normalean tenperatura igoserarekin lotuta dago; izan ere, $200^{\circ}\text{-}250^{\circ}\text{C}$ atomoek mugikortasun nahikoa dute berrantolatzeke. Prozesu hau solido egoeran garatzen da.

EHUNDURA ERALDAKETA

Nahiz eta askotan mineral berrien sorrera eragina izan, normalean mineralen berorientazioak eragina nabarmenagoa dauka ehundura-eraldaketan. Itxura luzatua edo zapaleko mineralak euren jatorrizko norabidea aldatu dezakete esfortzu-tektonikoen eraginez, modu honetan, mineral hauen ardatz luzeena esfortzu nagusien norabidekiko elkarzutak kokatzen dira.

METAMORFISMO-GRADUA

Metamorfismo-gradu bereko zonaldeak mapan lerro bitartez lotu daitezke; lerro hauek isogradak dira. Beraz, isogradak zona-metamorfiko desberdinak bereizten dituzte, eta zona bakoitzak mineral indize baten izena hartzen du (adbz. Biotita-zona; klorita-zona...)

Mineral indizeak presio eta tenperatura baldintza zehatz batzuk adierazten dituzten mineralak dira. Hauen identifikazioarekin eskualde batek jasandako metamorfismo-gradua jakin daiteke.

METAMORFISMO-FAZIE

Askotan arroka batek jasandako metamorfismo-gradua adierazteko metamorfismo-fazie kontzeptua erabiltzen da; beraz, termino honek ere zona bateko metamorfismo-intentsitatea adierazten du. Metamorfismo-fazieek ere izen konkretuak dituzte (adbz. Eskisto berdeak fazieak, anfibolita fazieak...)

4. METAMORFISMO MOTAK

Presio eta tenperatura aldaketa intentsitateari erreparatzen bada honako metamorfismo-motak bereizten dira:

- Aurrerako metamorfismoa edo progradoa
- Atzerako metamorfismoa edo erretrogradoa

METAMORFISMO PROGRADOA

Aurrerako metamorfismoa edo progradoa. Presioa igotzean ehunduran zein mineralogian gauzatutako aldaketak biltzen duen metamorfismoa da. Adbz. Gneissen sorrera-baldintzak granitoen galdaketa mugatik gertu daude.

METAMORFISMO ERRETROGRADOA

Presioa edota tenperatura jaistean ematen dena, hots, arroka metamorfikoen sorrerako baldintzen intentsitatea jeisten denean. Orokorrean, metamorfismo mota honetan ez dira alderantzizko aldaketak gertatzen mineralogian edota ehunduran, erreakzioak itzuliezinak direlako.

Hala ere, zenbait erreakzio tarte batean itzulgarriak dira; adibidez, mineraletan erreakzio-koroak edo ertz berriak agertu daitezke nukleo zaharren inguruan, baina kristal itxura eta tamaina mantenduz.

Metamorfismoa jasandako eskualde geografikoaren zabalerari erreparatuz, metamorfismo-mota hauek bereizten dira:

- Lekuko metamorfismoa
- Metamorfismo zabala

LEKUKO METAMORFISMOA

Netamorfismoa jasandako eskualdea ez da oso zabala, lekuko prozesu geologikoekin erlazionatuta dagoelarik. Lekuko metamorfismo-mota desberdinak bereizten dira:

- Ukipen-metamorfismoa
- Metamorfismo dinamiko edo kataklastikoa
- Metamorfismo hidrotermala
- Talka-metamorfismoa

UKIPEN-METAMORFISMOA

Sakonerarekin presioa eta tenperatura batera handitzen direnez isotermak eta isobarak paraleloak dira. Isotermak eta isobarak elkarri mozteko perturbazio bat behar da; adibidez, iturri termiko bat agertzen bada (magma intrusioa) eskualde bateko gradiente geotermikoa aldatu daiteke.

Intrusio igneoen inguruan gertatzen da, beraz tenperatura faktore nagusia da. Metamorfismoa jasan duen zonari aureola edo ukipen-aureola deitzen zaio eta bertan sortutako arroka metamorfiko masiboei korneanak (hornfels). Aureolaren zabalera metrotik ehundaka metrotaraino izan daiteke.

Ukipen-aureola zabalera eta honen barruko arroka bakoitzak jasandako metamorfismo-maila faktore hauen menpe dago:

- Intrusio tamaina
- Intrusio tenperatura
- Intrusioko kontakturaino dagoen tartea

Arroka ostalarien mineralogia eragin handia dauka, batez ere mineral hidratatu oso erreaktiboak badira (adibz. Karbonatoak). Kasu hauetan, aureolak oso zabalak dira eta ohikoak dira azpierrezu metamorfikoak.

METAMORFISMO DINAMIKO EDO KATAKLASTIKO

Faila handien inguruan garatzen da. Egitura hauskor hauen energi mekaniko portzentai bat bero moduan askatzen da eta gainontzekoa arroken birrinketan erabiltzen da; honen ondorioz arroak deformatzen dira eta ehunduran aldaketak izaten dira.

Gainazaletik gertu, deformazio-baldintza hauskorretan, arroak apuntzen dira (kataklistak: faila-bretxa eta faila-irina) zati txikietan esfortzu diferentzialen eraginpean.

Sakonean aldiz, deformazio-baldintza harikorretan kristalak zapaltzen eta luzatzen dira; baldintza hauetan arroak ("milonita") fluxu bitartez deformatzen dira.

METAMORFISMOA HIDROTERMALA

Ingurune bolkaniko edo plutonikoetatik askatutako tenperatura altuko fluidoek zirkulazioarekin lotuta dago, arroketan aldaketa kimikoak eragiten dituztenak. Fluido hauek, ioietan oso aberatsak direnak, soluzio hidrotermal bezala ezagutzen dira eta mineral hobi garrantzitsuak sortzen dituzte.

TALKA-METAMORFISMOA

Meteorito handien erorketa lekuan garatzen da, beraz oso arraroa da. Meteoritoaren energia zinetikoa energia termikoa eta talka-uhinetan (presio altua) bihurtzen da, lurrazaleko arroak birrintzen dutenak.

Sortutako metakinek ("ejekta") birrindutako arroak, beirak (arroka galduak) eta presio altuko kuartzo eta diamanteak dituzte. Errebote isostatikoak mantu litosferikoaren galdaketa eragiten du, horregatik talka-kraterrean basaltoak agertzen dira.

METAMORFISMO ZABALA

Metamorfismoak eskualde geografiko zabaletan eragina dauka eta gehienetan erlazionatuta dago litosfera-eskalako prozesuekin. Honen barruan mota hauek bereizten dira:

1. Metamorfismo dinamotermikoa
2. Zama-metamorfismo edo metamorfismo buriala
3. Ozeano hondoetako metamorfismoa

METAMORFISMO DINAMOTERMIKOA

Geografikoki zein genetikoki mendikateak sortzen dituzten prozesuekin (orogenesia) batera ematen da. Plaka litosferikoen muga konbergenteetan arroka metamorfiko ugarienak sortzen dira eta normalean sortutako arrokkak deformatuak daude.

Testuinguru geodinamiko hauetan metamorfismo-faktore guztiak agertzen dira: esfortzu-tektonikoak (arrokkak deformatzen dituztenak), subdukzioz presio altuetara garraiatutako arrokkak eta magmatismoa, hots, tenperatura altuak eta hidrotermalismoa.

Lurrazala loditzean arroka bolumen handiak sakoneratzen dira, presio eta tenperatura altuetara iritsiz. Horregatik, mendikate hauen nukleoan presio eta tenperatura altuko arrokkak aurkitu daitezke.

ZAMA-METAMORFISMO EDO METAMORFISMO BURIALA

Ez dauka erlaziorik orogenesiarekin. Arroka sedimentarioak progresiboki hondoratzen direnean, gaineko materialen zamak (konfinamenduko-presioa) eta gradiente geotermikoak metamorfismo mota hau eragiten die. Beraz, metamorfismo hau gradualki gertatzen denez oso zaila da sakoneko diagenesitik bereiztea.

Adibidez: Marmola, kuartzitak, eskisto berdeak eta arbelak

OZEANO HONDOETAKO METAMORFISMOA

Ozeano-gandor inguruan garatzen da, ur-bolumen eta bero-iturri (magma) handiak daudelako. Ur hidrotermalak ozeano hondoko arrokkak zeharkatzean eraldaketa kimiko sakonak eragiten ditu (metasomatismoa). Eraldaketa hauek eskualde zabaletan ematen dira, lurrazal ozeaniko osoari eraginez. Horrela, lurrazal ozeanikoko basaltoen metamorfismoak sortutako arrokkak *serpentinak* deitzen dira.

5. EHUNDURA METAMORFIKOAK

Arroka metamorfikoen kristal-tamaina ohikoenak milimetro eskalakoak direnez, hauen ehundura deskribatzeko azterketa mikroskopikoen bitartez (mikroskopia petrografikoa edo konbentzionala) egiten da. Orokorrean lau ehundura nagusi bereizten dira:

1. Ehundura granoblastikoa
2. Ehundura lepidoblastikoa
3. Ehundura granolepidoblastikoa
4. Ehundura nematoblastikoa

EHUNDURA GRANOBLASTIKOA

Kristalak antzeko tamaina dute eta paketatze hexagonal itxuradun mosaiko bat marrazten dute. Ehundura mota hau marmola, kuartzita eta metamorfismo-gradu altuko korneanek aurkezten dute.

EHUNDURA LEPIDOBLASTIKOA

Mineral planarretan aberatsak diren arroketan ikus daiteke; hauetan mineralak paraleloki aurkitzen dira paketatze josturatu bat definituz. Ehundura hau *eskisto*, *filita* eta *arbeletan* ematen da.

EHUNDURA GRANOLEPIDOBLASTIKOA

Aurreko bi ehundura konbinaketatik sortutakoa. Bi ehundura hauek txandakatzen dira arrokari banda-egitura emanez.

Kolore iluneko bandak, hots, ehundura lepidoblastikoa dutenak, miketetan aberatsak dira.

Kolore argiko bandak, kuartzo eta feldespatuetan, hau da, ehundura granoblastikoa daukatenak.

Ehundura mota hau *gneissetan* ematen da.

EHUNDURA NEMATOBLASTIKOA

Kristal-itxura luzangadun mineraletan aberatsak diren arroketan ikus daiteke; hauetan ere mineralak paraleloki aurkitzen dira paketatze josturatu bat definituz. Ehundura mota hau *anfibolitetan* ematen da.

FOLIAZIOA

Arroka metamorfikoen egitura makroskopiko arruntena da; bertan kristaldutako mineral metamorfikoan edota jatorrizko mineralak norabide paraleloak hartzen dituzte planoak definituz. Foliazio-mota desberdinak daude:

- Eskistositate arrunta (rough-cleavage)
- Arbel cleavage
- Eskistositatea
- Gneiss-bandeatua

Eskistositate arrunta:

Egitura planarra burdin-oxido eta filosilikatoek definitzen dute, mineral hauek gainazal anastomosatuak marrazten dituztelarik. Gainazal hauen artean dauden mineralek ez dute inongo norabide berezirik aurkezten. Egitura hau *kuartzita* eta *marmoletan* ikus daiteke.

Arbel-cleavagea:

Garapen handiko egitura planarra eta homogeneoa, tamaina txikiko filosilikatoek definitzen dutena. Egitura jarrai hau sortzeko arroka mota hauetako mineraletan aberatsa izan behar du. Egitura hau metamorfismo-gradu txikiko *arbeletan* ematen da.

Eskistositatea:

Presio eta tenperatura ertain-altuetan mika eta kloriten kristaltzetik sortutako egitura-planarra. Mineral hauek begi hutsez ikusten dira, eta deformatutako kuartzo eta feldespatu kristalak ere ager daitezke, gehi sortu berriko granateak edo andaluzitak. Egitura hau eskistoetan ikusten da.

Gneiss-bandeatua:

Gradu altuko metamorfismoan migrazio ionikoen mineralen segregazioa edo banaketa eragin dezakete, banda ilun (miketetan aberatsak) eta argi (kuartzo eta feldespatuetan aberatsak) txandakatze bat sortuz. Egitura hau aurkezten duten arrokak gneiss bezala ezagutzen dira.

