

SARRERA:

Zer da mineral bat? Solido homogeneo naturala eta kristal egitura duena. Konposizio ez organikoa du eta finkoa, eta propietate fisiko-kimiko ezagunak.

Baldintza hauetako bat ez bada betetzen, mineraloide deituko diogu (obsidiana, anbarra...).

Mineral batez edo gehiagoz osatutako multzoa arropa da.

Elementuak paketatzen dira, tamainaren arabera, mota desberdinetan:

- Kubiko/ oktaedriko \rightarrow K^+ , Na^+ , Ca^{2+}
- Tetaedriko \rightarrow Al^{3+} , Si^{4+}
- Oktaedriko \rightarrow Mn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} , Al^{3+}

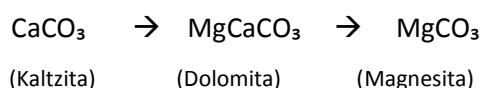
MAGAMA	OSAERA	T	d	KOLOREA
AZIDOA (Feltsikoa)	%75 SiO_2 Al , Na , K [FdK] Fe , Mg [Biotita] Hegazkor (altua)	650-800°C	2,3 g/cm ³	ARGIA
BASI KOA (Mafikoa)	%50 SiO_2 Fe , Mg , Ca Al Hegazkor (baxua)	1000-1200°C	2,6 g/cm ³	ILUNA

Zer da alterazio supergenikoa? Nahiko azalean, sakonera txikian, uraren bidez ematen diren alterazioak.

Zer da hidrotermalismoa? Ur beroa poroetatik edota arrokaletatik joaten da arroka lixibatu daitezke eta mineral hauek hauspeatu egin daitezke kilometro askotara.

❖ METASOMATISMOA (Adibideak):

- **Dolomitizazio hidrotermala:** Hau gertatzen da sakonerako urak Mg^{2+} badarama katioiak ordezkatzuz.

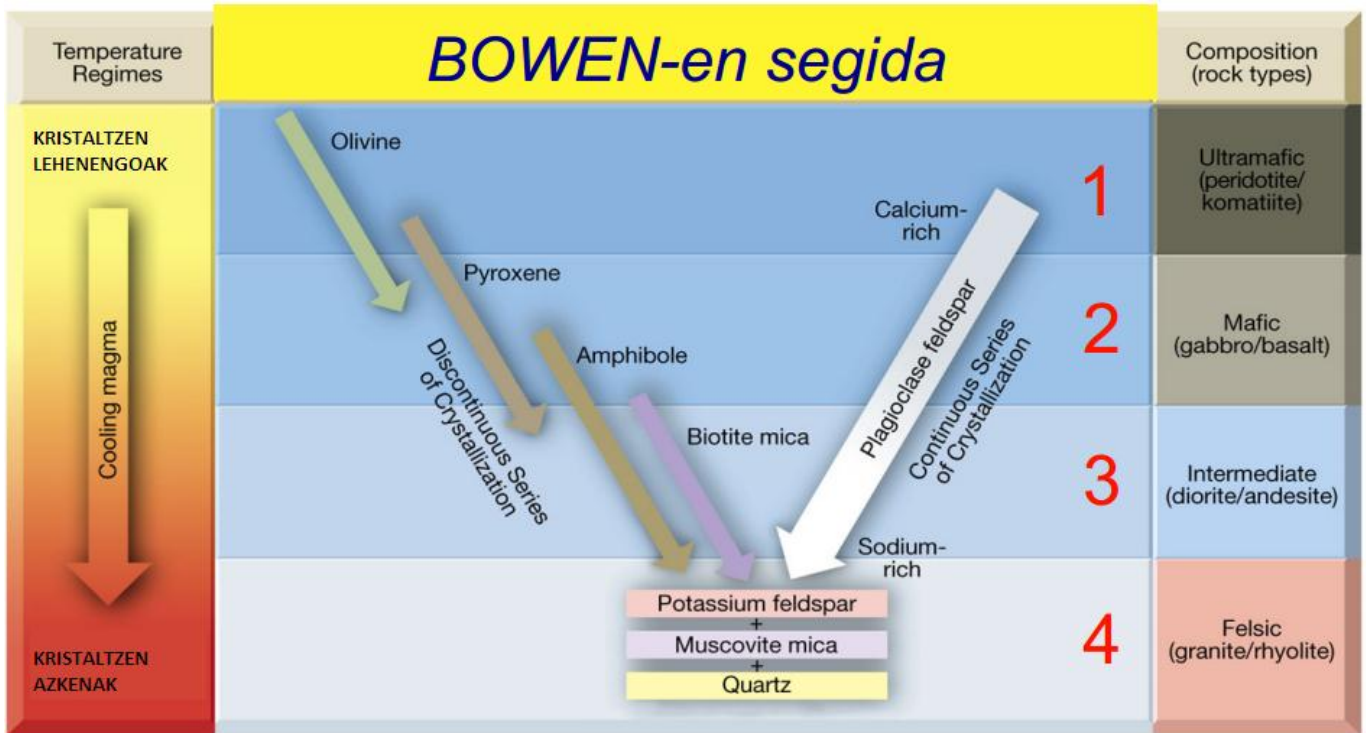


- **Skarn:** elkartruke kationikoa arroka igneo eta kareharriaren artean. Mineral kalkosilikatatuak sortzen dira. Ura da elementu garraiatzailea.

[Mineralen %63a tektosilikatoak dira]

Klibaje edo exfoliazioa → Minerala apurtzean forma exaktua badu; hau da kontrola badago.

❖ **BOWEN-EN SEGIDA:**

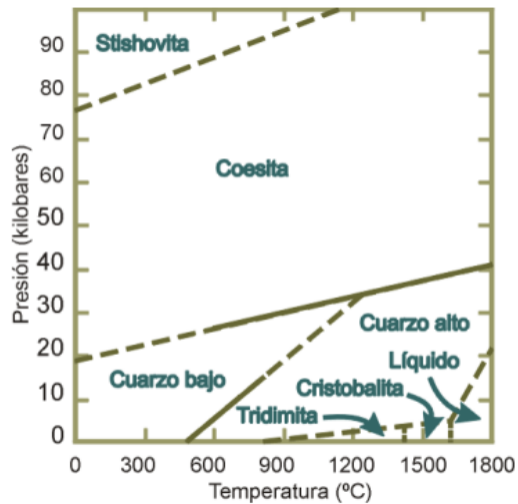


TEKTOSILIKATOAK:

Tetaedroetako (Si) erpin guztiak besteekin konpartituta.

- **Silizearen taldea** → SiO_2
- **Feldespatoen taldea**
 - **Alkalinoak** → KAlSi_3O_8 - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
 - **Plagioklasak** → $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
- **Feldespatoideak**
 - Leuzita → KAlSi_2O_6
 - Nefelina → $(\text{Na},\text{K})\text{AlSiO}_4$
- + Eskapolitak, Zeolitak.

SILIZEAREN TALDEA:



KUARTZO ALTUA \leftrightarrow KUARTZO BAXUA

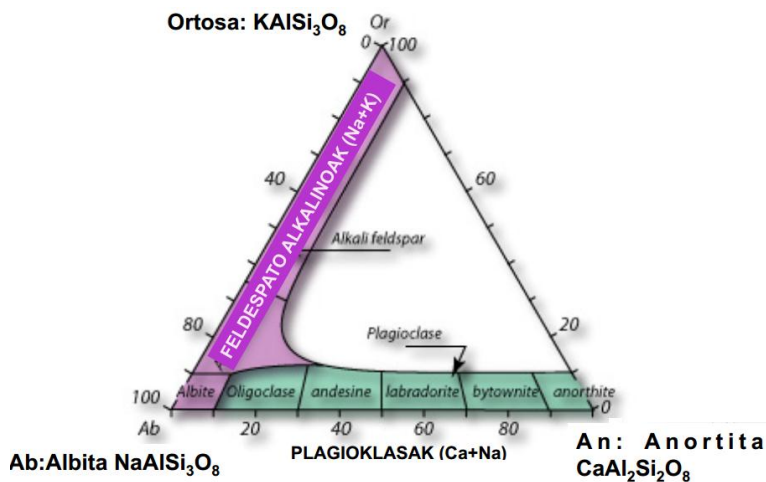
(hexagonala) (trigonal)

(Desplazamendu polimorfismoa jasan dezake, hau da, kristal sistema aldaketa jasan dezake)

- Labazko koladan \rightarrow Tridimita
- Meteorito kraterrean \rightarrow Stishovita/Coesita
- Granito batean \rightarrow Kuartzo baxua

Aldarte kristalino desberdinak (kolore desberdinak). Baita ere silexa, opaloa, agata...

FELDESPATOAK:



- Ortosa \rightarrow KAlSi_3O_8 (FdK)
- Albita \rightarrow $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
- Anortita \rightarrow $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
- PLAGIOKLASAK:
 - Oligoklasa
 - Andesina
 - Labradorita
 - Bytownita
 - Anortita

Feldespatoen bi exfoliazio plano dituzte: (010) eta (001). Hau da, bikoitza eta ia perpendikularra. Hala ere, ez da ikusten ez Visuz ezta xafla mehetan ere.

Hiru ortosa mota daude, tenperaturaren arabera bereizten direnak.

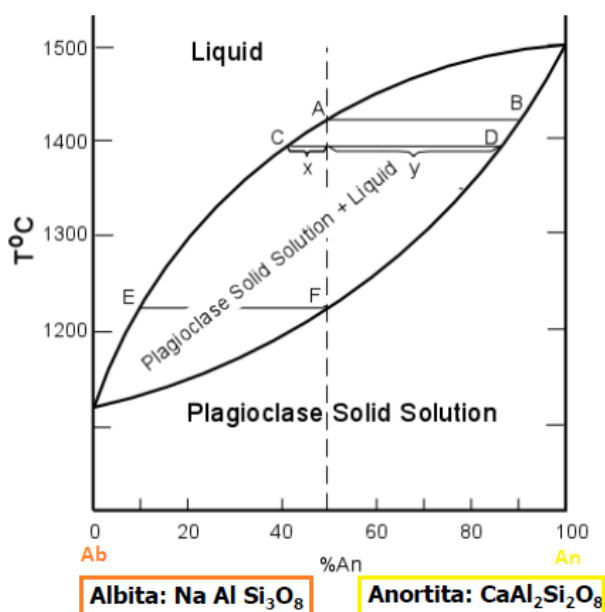
T(+) Sanidina



Ortoklasa

T(-) Mikroklin

Feldespatu alkalinoetan soluzio solidoa eman daiteke, T altuko kristal homogeneo batetik, hozten joan ahala, desnahasten joaten delarik. Hozte prozedua geldoa izan behar da. Honen ondorio dira pertitak; Na mugitu egiten da "lerro" moduko gaiak sortuz. Hozte prozesu motela behar duenez, arroka ez da bolkanikoa izango. Egoera solidoan ematen da heterogeneotze prozesu hau. Plagioklasa sodikoan antipertitak edukiko ditugu.



A-n B-ren konposizioa edukiko dute kristaltzen hasiko diren kristalek.

Hasierako galdutua eta amaierako solidoak konposizio bera dute.

- ❖ Plagioklasa → Makla polisintetikoak
- ❖ FdK → Carlsbad

FELDESPATOIDEAK:

Feldespatoidiek silize gutxi dute, beraz, ezin dira kuartzoarekin batera agertu. SiO₂ (kuartzoa) egotekotan, feldespatoidekin erreakzionatuko lukete FdK emateko



ZEOLITAK:

Zeolitak feldespatu, feldespatoida eta buztinetatik sortzen dira. Mineralek kristal egituretako ura galtzen dute, hau apurtu gabe.

Zeo (irakin)+**lito**(arroka)

ESKAPOLITAK:

Mineral metamorfikoak dira, sarritan marmoletan agertzen direnak.

Marialita $\rightarrow \text{Na}_4 (\text{AlSi}_3\text{O}_8)_3 (\text{Cl}_2, \text{CO}_3, \text{SO}_4)$

Meionita $\rightarrow \text{Ca}_4 (\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8)_3 (\text{Cl}_2, \text{CO}_3, \text{SO}_4)$

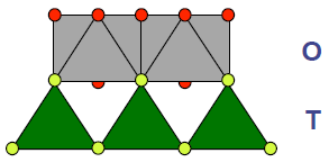
FILOSILIKATOAK:

Orri tetraedriko eta orri oktaedrikoz osatuta (+katioiak). **Motak:**

- **1:1 mota (T-O):**

- Serpentinaren taldea
- Kaolinitaren taldea

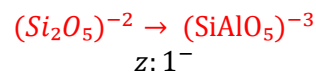
1:1 (T-O) filosilikatoak



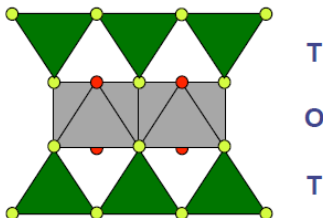
- **2:1 mota (T-O-T):**

- $z=0$ (talko eta pirofilita)
- $z=1$ (mikak)
- $z<1$ (illita, esmektita, klorita)
- Sepiolita eta paligorskita
- Xaflatartekatuak

z: Al-k Si ordezkatzearan sortzen den karga.



2:1 (T-O-T) filosilikatoak

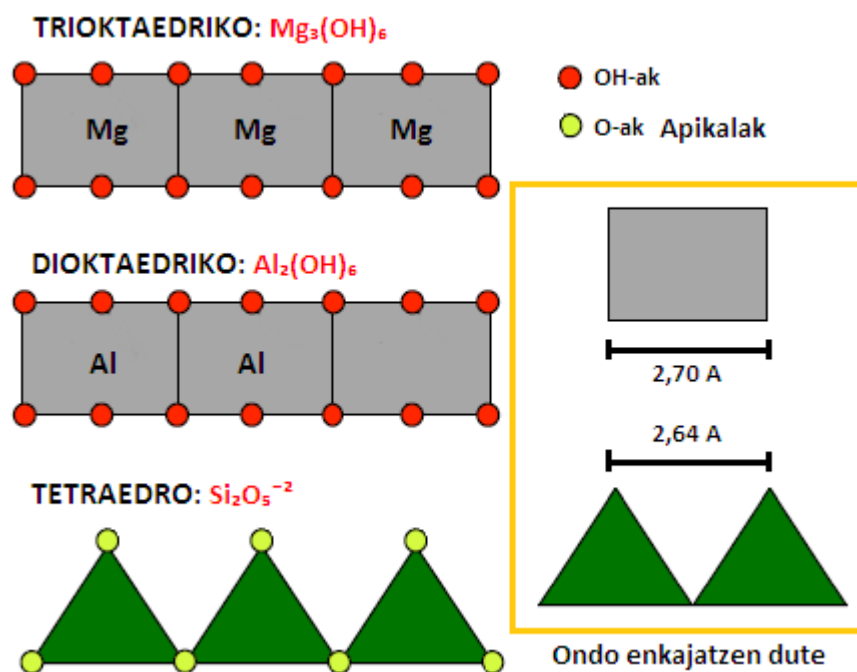


❖ **Orri tetraedrikoak** \rightarrow eraztun hexagonalak (goiti begiratuta) elkartuta xafla infinituak eratuz. Unitate gela bakoitzeko $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{-2}$.

Zer dira oxigeno apikalak? Gero katioiekin elkartuko direnak, hau da, oktaedroak sortuko dituzte gero katioiak hor sartzeko. OH-en bidez ere oktaedroak sortuko dira, eta hauek (OH^-) oxigeno apikalen altuera berean daude. Filosilikato guztiak dituzte OH-ak.

❖ **Orri oktaedrikoa** → unitate minimoa ez da neutroa, horretarako orri oktaedrikoa dugu. Katioiaren arabera bi motatakoa izango da.

- **Orri trioktaedrikoa:** katioi dibalenteak (Mg^{2+}, Fe^{2+}). Orriaren formula $Mg_3(OH)_6$ izango da, eta **bruzita** du izena ($Mg(OH)_2$).
- **Orri dioktaedrikoa:** katioi tribalentea (Al^{3+}). Orriaren formula $Al_2(OH)_6$ izango da, eta **gibbsita** du izena ($Al(OH)_3$).

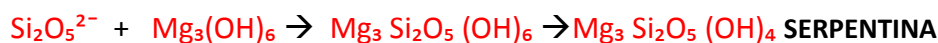


Hala ere, atomoak ORDENA daitezke eta simetria GALTZEN da. → (Hexagonala → Trigonal)

Nola kalkulatu formulak?

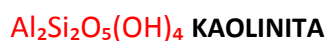
Adb:

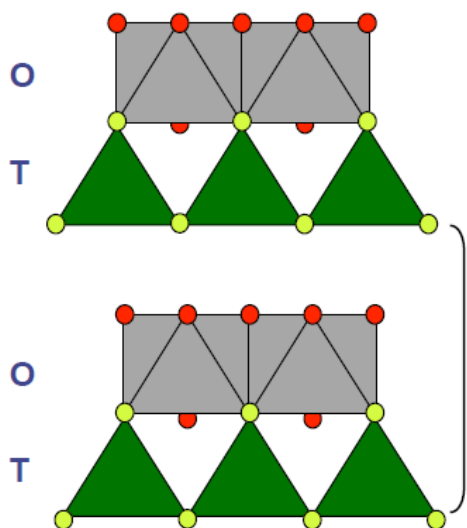
- **T-O Magnesiko**



Ez da neutroa! Bi tetraedro (Si)daude, eta beraz, bi apikal daude eta bi OH kenduko ditugu, apikal hauek ordezkatzeko baitituzte.

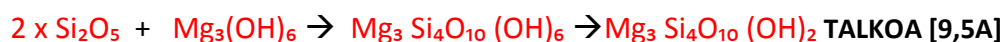
- **T-O Aluminiko**



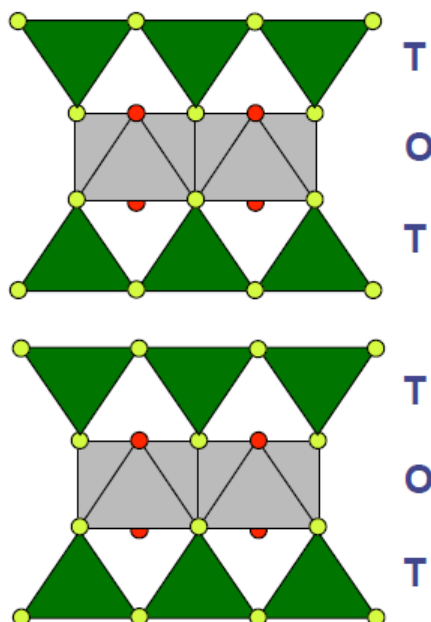


- T-O xaflak neutroak ($z=0$):
Al-k ez du Si ordezkatzan
- T-O xaflen arteko lotura:
Van der Waals eta H-zubiak
- T-O xaflen arteko distantzia: 7Å
- Mineralak:
SERPENTINA (Mg)
KAOLINITA (Al)

• T-O-T Magnesiko



Ez da neutroa! Bi tetraedro (Si)daude, eta beraz, bi apikal daude eta bi OH kenduko ditugu, apikal hauek ordezkatzan baitituzte.



- Ordezkapen kationikoaren bitartez (Al-a sartu Si-aren ordeaz) sortzen den kargaren arabera (z):

- $z = 0$: talko eta pirofilita
- $z = 1$: mikak (moskovita, biotita)
- $z < 1$: illita, bermikulita, esmektitita eta kloritak
- Sepiolita eta paligorskita
- Xaflatartekatuak

ESFOLIAZIOA: (Basala)

- Kaolinita eta Serpentina → H zubiak, Van der Waals. (T-O)
- Mikak → Katioiak (T-O-T)
- Kloritak → Orri oktaedrikoak (beste orientazio batean) (T-O-T)
- Talkoa → Van der Waals (T-O-T)

Zer da politipismoa? Polimorfismo mota bat, filosilikatoen xaflen pilaketan azaltzen diren aldaketa sistematikoengatik sortua (errotazioa edota desplazamendua).

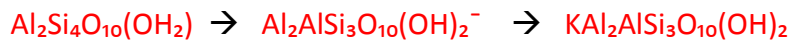
SERPENTINA: hiru polimorfo: $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \rightarrow \text{T-O} // z=0$

- **Krisolito** (haritsua)
- **Lizardita**
- **Antigorita** (inbertsioak)

Ur gabeko Mg-silikatoen alterazioz sortua sarritan.

KAOLINITA: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Feldespato potasikoaren alterazioz sor daiteke, edo diagenesian.
 $\rightarrow \text{T-O} // z=0$

MOSKOBITA: *aluminiko* $\rightarrow z=1 // \text{T-O-T}$



Pirofilita [9,5A]

Moskobita [10A]

BIOTITA: *magnesiko* (kolorea Mg+Fe) $\rightarrow z=1 // \text{T-O-T}$



ILLITA: Tamaina txikiko mika degradatuak.

ESMEKITA: Xaflen arteko distantzia aldakorra da. Buztin puzgarriak dira, elkartruke kationikorako oso eraginkorrak.

❖ Klorita, moskobita eta biotita gradu baxuko metamorfismoan ageri dira.

INOSILIKATOAK:

PIROXENOAK: Kate bakunezkoak dira. Formula **ABZ_2O_6** da.

A: Ca, Fe^{2+} , Li, Mg, Mn^{2+} , Na, Zn \rightarrow kubiko (**M_2**)

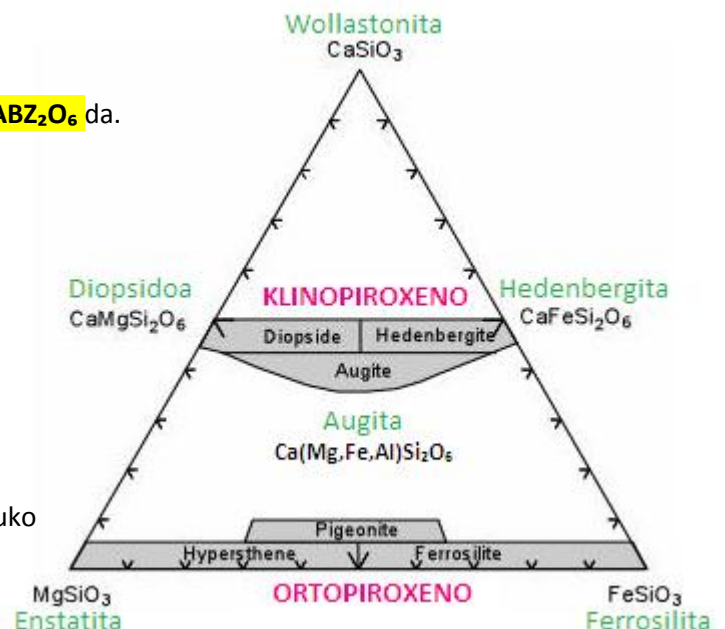
B: Al, Cr^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg, Mn^{2+} \rightarrow oktaedro (**M_1**)

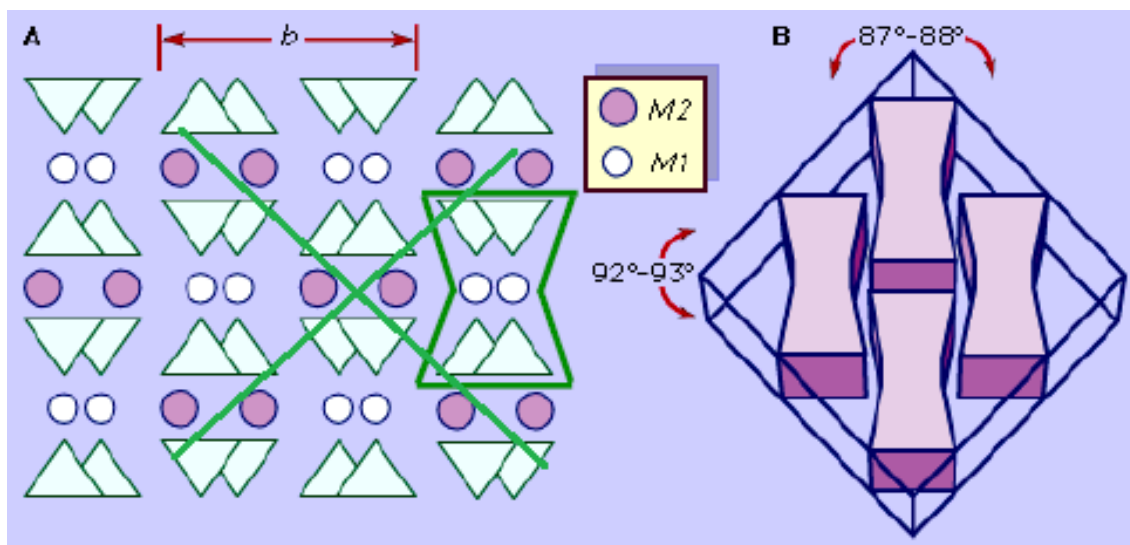
Z: Al, Si \rightarrow tetraedro

M_2 hutsuneetan \rightarrow Ca, Na, Li

M_1 hutsuneetan \rightarrow Mg, Fe, Al

Basaltoetan (basiko) ageri ohi dira edo gradu altuko arroka metamorfikoetan. Monoklinikoak.





- Unitate estruktural honi **e-beam** deritzo.
- Apurketa norabide honetan ematen da, ez kateen artetik. Esfoluzio bikoitza dute; ia perpendikularra.

***Wollastonita:** (CaSiO_3) \rightarrow Piroxenoide bat da. Mineral metamorfikoa da. Skarn-etan.



ANFIBOLAK: Kate bikoitzekoak dira. $\text{A}_{0-1}\text{B}_2\text{Y}_5\text{Z}_8\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})_2$

OH-ak dituzte!!

A: Ca, Na, K, Pb

B: Ca, Fe^{2+} , Li, Mg, Mn^{2+} , Na

Y: Al, Cr^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg, Mn^{2+} , Ti

Z: Al, Be, Si, Ti

Katioi gehiago dituzte eta beraz, unitate minimoa **e-beam**-a izango da baina askoz ere konplexuagoa. Esfoliazio bikoitza dute hauek ere (56° - 124°). Bitarteko SiO_2 duten arroketan ageri dira. Bi adibide:

***Horblenda:** Ca, Mg, Fe, Na

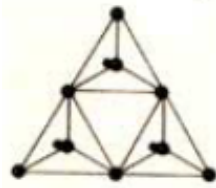
\rightarrow Kloritara aldera daitezke.

***Tremolita:** Ca, Mg // **Aktinolita:** Ca, Fe.

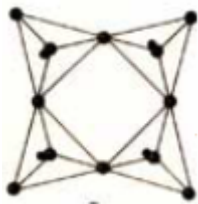
➤ **Piroxenoa aldatuz alfibola sor daiteke.**

ZIKLOSILIKATOAK:

BENITONITA: $\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$

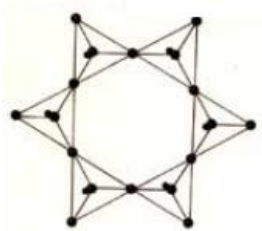


PAGOITA: $\text{Ca}_2\text{Cu}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})_9$



BERILIO ETA TURMALINA: $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ // (Azidoa) → Pegmatitetan ageri da

- **Turmalina:** tetraedro kapa, bi oktaedro multzo desberdin (orientazui desberdina), borato triangeluarrak eta katioi solteak (Na, edo Ca) → Prismatikoa
- **Berilioa:** Berdea → Esmeralda
Urdina → Aguamarina



SOROSILIKATOAK:

EPIDOTA: nesosorosilikatoa da $[\text{SiO}_4][\text{SiO}_7]$ taldeak baititu. Batzuetan erradioaktiboa izan daiteke, gehien bat **arroka metamorfikoetan** agertzen da eta skarn-etan.

NESOSILIKATOAK:

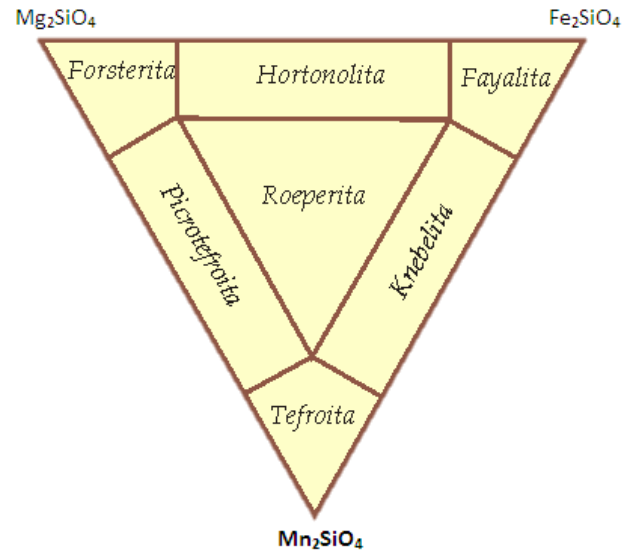
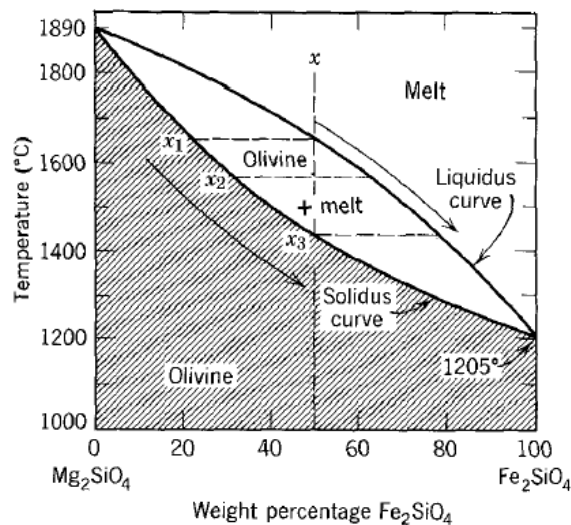
Tetaedro guztiak solte daude.

OLIBINOAREN TALDEA:

- **FORSTERITA:** Mg_2SiO_4
- **FAYALITA:** Fe_2SiO_4

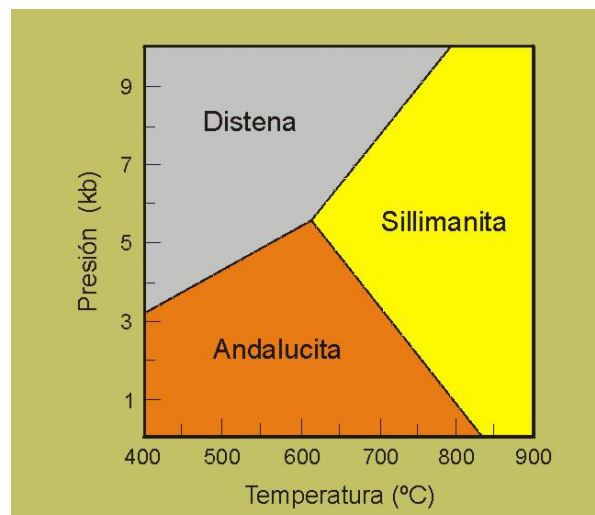
Temperatura altuetan kristaltzen da. Arroka ultrabasikoetan agertzen da eta marmoleta ere ager daiteke, metamorfismoa altua bada.

Soluzio solido sortzen da forsterita eta fayalita artean.



ALUMINOSILIKATOAK:


- **ANDALUZITA**
- **SILLIMANITA**
- **DISTENA (ZIANITA)**



GRANATEAREN TALDEA:

- **PIRALSPITA**
 - Piropo → $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
 - Almandino → $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
 - Espesartina → $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
- **UGRANDITA**
 - Uvarovita → $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$
 - Grosularia → $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
 - Andradita → $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$

BESTE BATZUK

- **ZIRKOIA** → $\text{Zr}(\text{SiO}_4)$ // Zirkonita honen aldartea artifiziala da. Sarritan metamiktikoa izan ohi da.
- **KLORITOIDEA** → $(\text{F}, \text{Mg}, \text{Mn}) \text{Al}_2 \text{SiO}_5 (\text{OH})_2$ // Orri oktaedrikoa eta tetraedrikoak.
Bere forma: 
- **ESTAUIROLITA** → $(\text{F}^{2+}, \text{Mg}, \text{Zn})_2 \text{Al}_9 (\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$ // Luzea da.

METAMORFISMOA:



FLUIDO INKLUSIOAK:

Geotermometria lurrazalaren azpitik gertatzen diren tenperaturak neurtzen dituen geologiaren atala da. Sistema hidrotermaletako uretan sortzen diren mineralen sortze tenperatura jakiteko metodo bat da. Ur hauek ez dira akuiferotakoak, 200km-tik beherakoak eta laku, ibai edo itsasoetakoak. Fluido inklusioen bidez jakingo dugu tenperatura.

Ikuspuntu genetikotik bi motatakoak izan daitezke:

- Inklusio Primarioak → mineralean sakabanatuta agertzen dira, elkarren artean erlaziogabeak eta itxura irregulardunak dira. Minerala sortu zenean presio eta tenperatura baldintzak kalkulatzeko erabilgarri dira.
- Inklusio Sekundarioak → minerala sortu ondoren eratu direnak (birkristaltzearen ondorioz). Mineralen sortzeari buruzko informazioa eman dezakete baina ez dute balio minerala zein presio edo tenperaturatan sortu zen.

Mineralean dauden hutsune batzuk dira, fase desberdinak dituztenak: likido (H_2O , CO_2), solido (gatzak, beste mineral batzuk) eta gas likido burbuilak harrapatuta geratzen dira. Apurtzen bada, ezin izango dugu T kalkulatu.

Tamaina desberdinetakoak:

- $> \text{mm}$ → oso bereziak dira.
- $3\text{-}20\mu\text{m}$ → mikrotermometriarako ohiko tamaina
- $1,5\text{-}20\mu\text{m}$ → H_2O edo CO_2 duten inklusioak aztertzeko tamaina minimoa.
- $5\mu\text{m}$

Fluido inklusioak aztertzeko mikroskopio petrografikoa erabiltzen da, berotzeko eta hozteko osagarri bat duena.

Bost mota daude:

- Likidoa gas burbuila txiki batekin.
- Likidoa gas burbuila handi batekin
- Fase anitzeko inklusioa gas burbuila txiki batekin.
- Bi likidoduna gas burbuila eta fase minerala duena.
- H_2O eta CO_2 likidoa gas burbuila batekin.

Emango diguten informazioa:

- Minerala sortu zeneko ur hidrotermalen tenperatura.
- Minerala sortu zeneko ur hidrotermalen presioa.

- Ur hidrotermalen konposizioa.
- Ur hidrotermalen dentsitatea.

Gehien bat likidoan aberatsak direnak erabiltzen dira.

T Kalkulatzeko:

Bi metodo daude (dekrepitrometria eta mikrotermometria) eta hauen bidez ateratzen da homogeneizazio tenperatura [Th]. **Zer da?** Fluido inklusioa harrapatuta geratu zen tenperatura minimoa = minerala sortu zeneko ur hidrotermalen tenperatura minimoa= minerala sortu zeneko tenperatura minimoa.

*ISOKORA: dentsitate eta bolumen konstantea duen P eta T lerroa.

P Kalkulatzeko:

Gasean aberatsak diren fluido inklusioak erabiltzen dira. Isokora kritiko bat harrapatu eta honen ebaketa metodoa egin behar da nahastezinak diren bi likido (adb. H₂O eta petrolioa) agertzen direnean.

Gazitasuna Kalkulatzeko:

Ur hidrotermalak gaziak direnez fluido inklusioen bidez atera daitekeen beste datu bat da. Gazitasuna fluido inklusioen urtze tenperaturatik kalkulatzen da, gatz bakoitzak bere eutektikoa du.

Lehendabizi inklusioa izoztu egiten da nitrogeno likidoa erabiliz. Ez dakigunez zein gatz mota izango den izoztea ziurtatzeko -80°C-raino izoztuko dugu. Ondoren T pixkanaka igotzen joango gara urtzen hasi arte, urtze T hau eutektikoari dagokio. Azkenik gatzak disolbatzen hasiko da eta azken izotz kristala disolbatzen denean likidus tenperaturara heltzen da.

P Kalkulatzeko:

Aurreko ezaugarri guztiekin.

EH-PH DIAGRAMAK:

Ur sistemetan sortzen diren mineralak ur horien Eh-pH-arekin mugatuta egoten dira, informazio hau eramaten dute euren baitan. Mineral hauen jatorrizko baldintzak kalkulatzeko erabiltzen dira diagrama hauek.

- **Oxidazioa** → elektroiak galdu (erreduzitzailea)
- **Erredukzioa** → elektroiak irabazi (oxidatzailea)

Elektrodoen erredukzio potentzial estandarra: zelulen potentziala da, hauek egoera estandarretan egonik. Konbekzioz, ekuazio erdiak hartzen dira kontuan.

$$AG_R = -nFE$$

AG_R : erreakzioko energia librea.

E : potentziala.

n : transferitzen diren elektroien kopurua.

F : Faraday 96,42kg/V.m

Potentzial elektriko hau hidrogenoarekiko konparatzen da, hau 0V-koa izanik.

Nerst –en ekuazioaren bidez kalkulatuko dugu potentziala:

$$E = E^\circ + \frac{0,0592}{n} \cdot \log \frac{ox}{er}$$

Ur natural gehienak:

Eh 0,5eV – +0,6eV

pH 4 – 9

Burdinarik dagokionez, 3 motatan ager daiteke oxidatua: 0, +2 eta +3. Fe₃O₄ Magnetita da, eta Fe₂O₃ Hematitea. Fe⁰-a urarekin ez da naturan existitzen.

