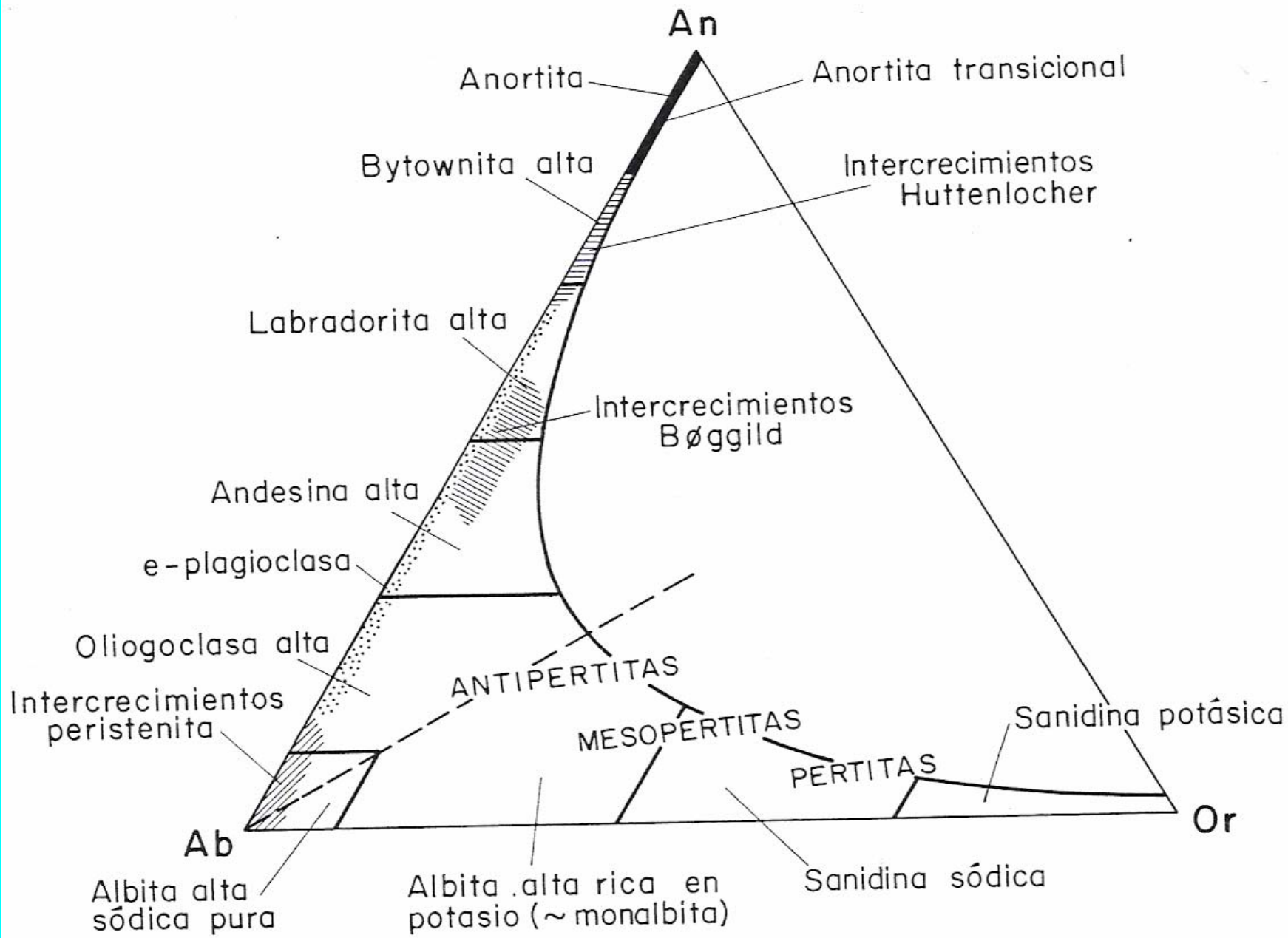




TECTOSILICATOS-4
FELDESPATOS

M. Rodas

Labradorita



PLAGIOCLASAS:

Albita $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Anortita $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Albite - An_0 - An_{10} (Ab_{100} - Ab_{90})

Oligoclase - An_{10} - An_{30}

Andesine - An_{30} - An_{50}

Labradorite - An_{50} - An_{70}

Bytownite - An_{70} - An_{90}

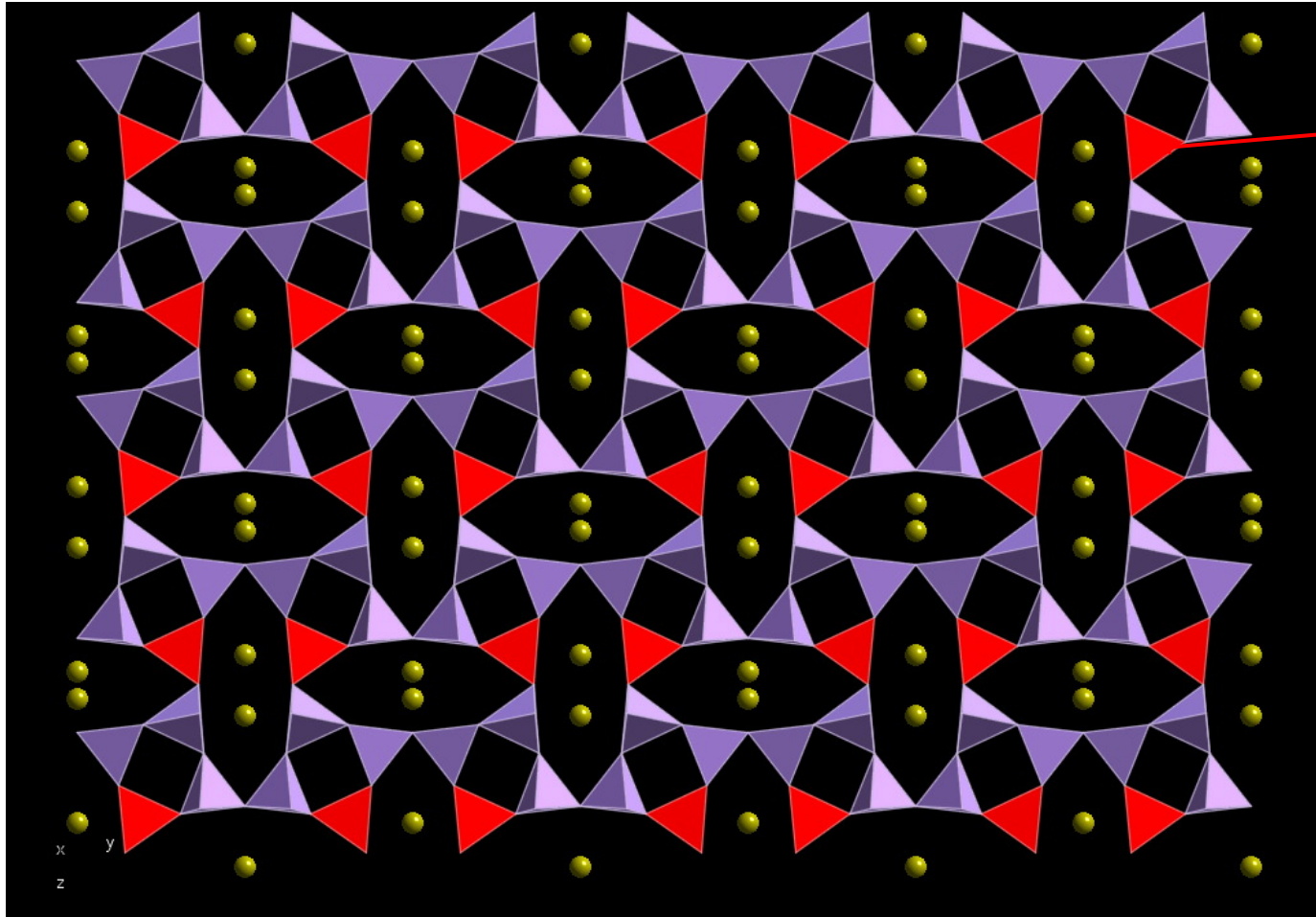
Anorthite - An_{90} - An_{100} .

- A T ambiente son cristales mixtos extremadamente complejos.
 - Dimensiones de la celdilla
 - Angulos interaxiales
 - Indices de refracción
 - Relaciones de volumen
 - Densidades etc.

CAMBIAN IRREGULARMENTE CON
LA COMPOSICIÓN

Plagioclasas: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (albita) - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (anortita)

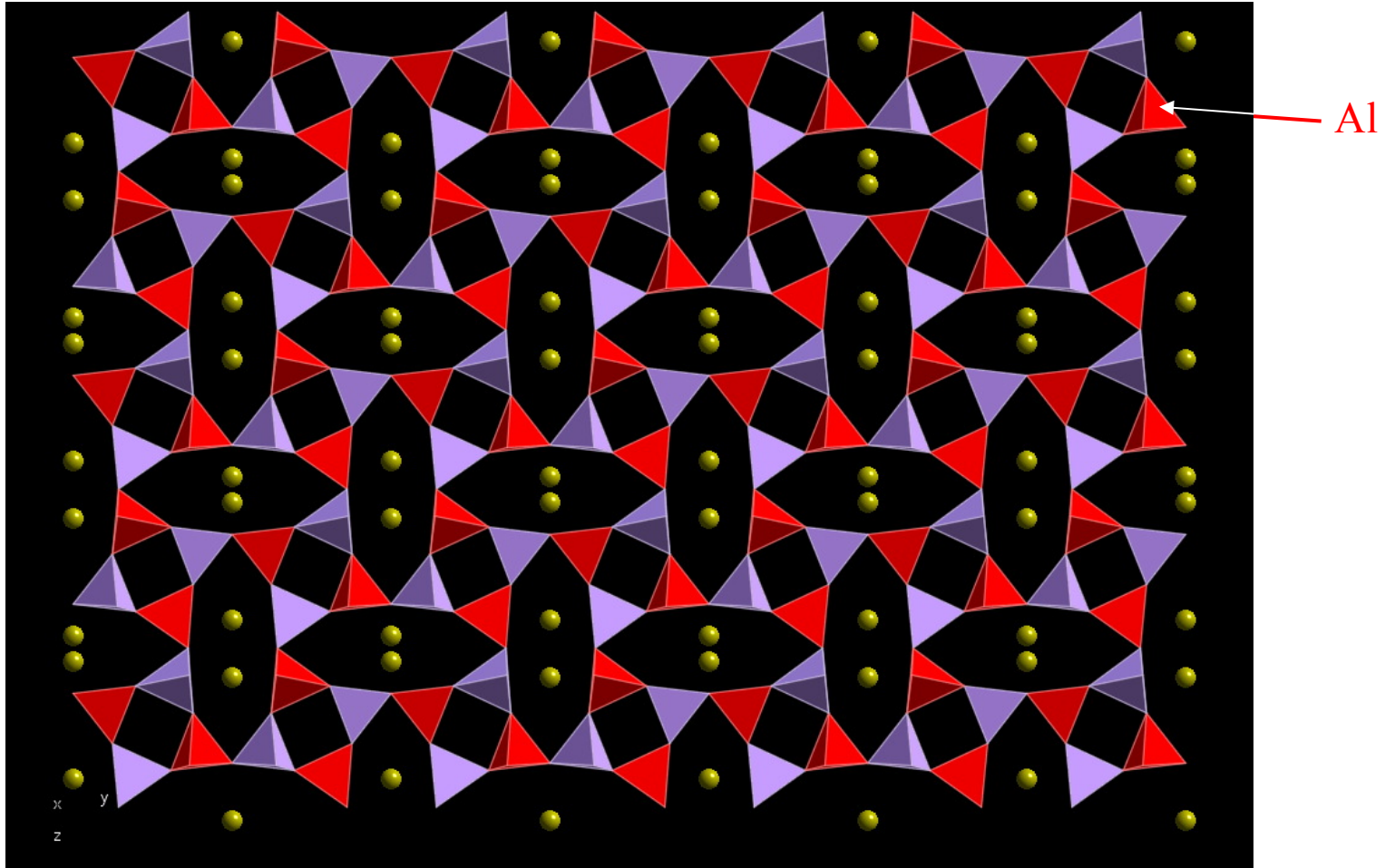
Fuerte tendencia al orden Al,Si al bajar T



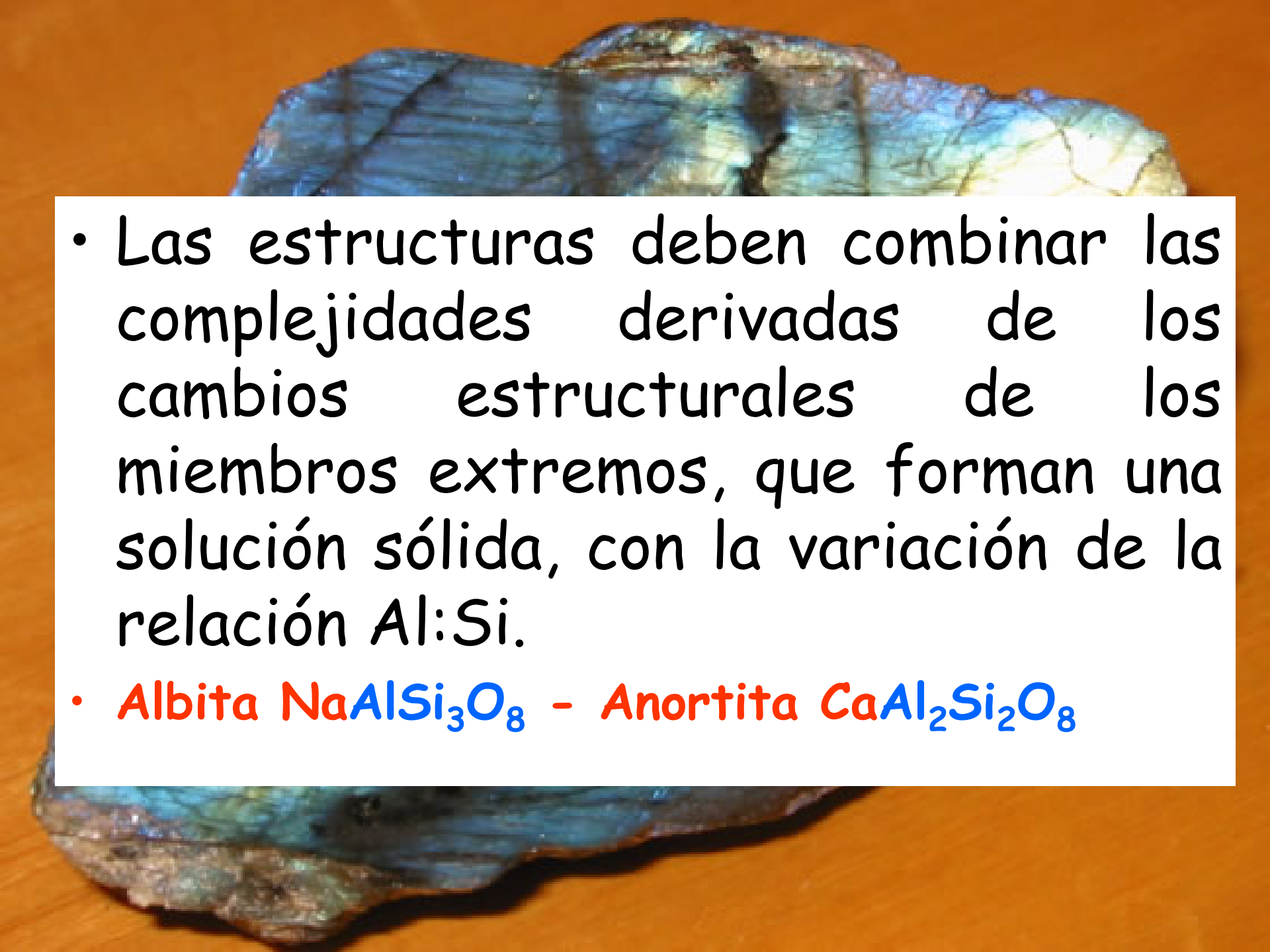
Patrón de orden Al, Si en la albita (Al:Si = 1:3)

Plagioclasas: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (albita) - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (anortita)

Fuerte tendencia al orden Al,Si al bajar T



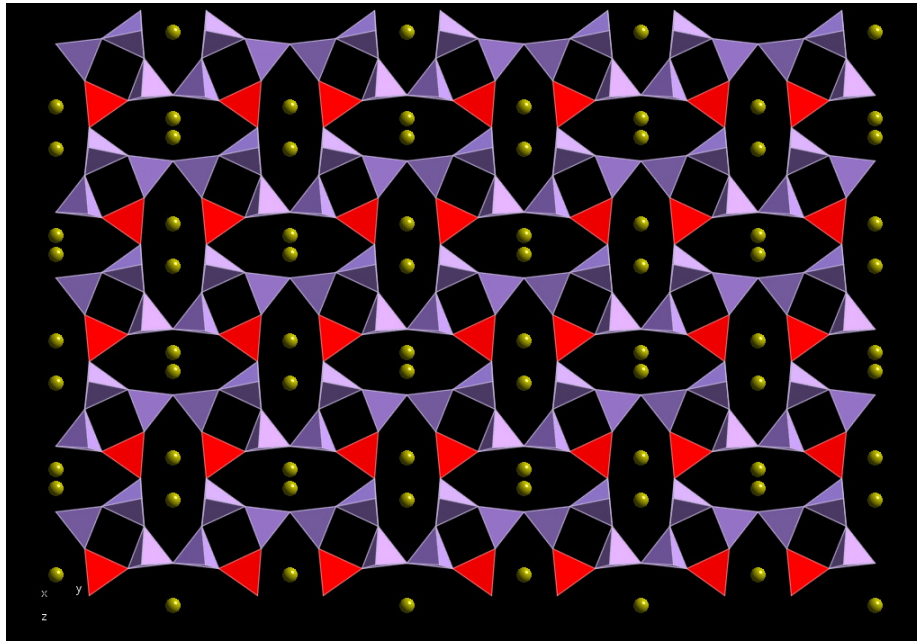
Patrón de orden Al, Si en la anortita (Al : Si = 2:2)



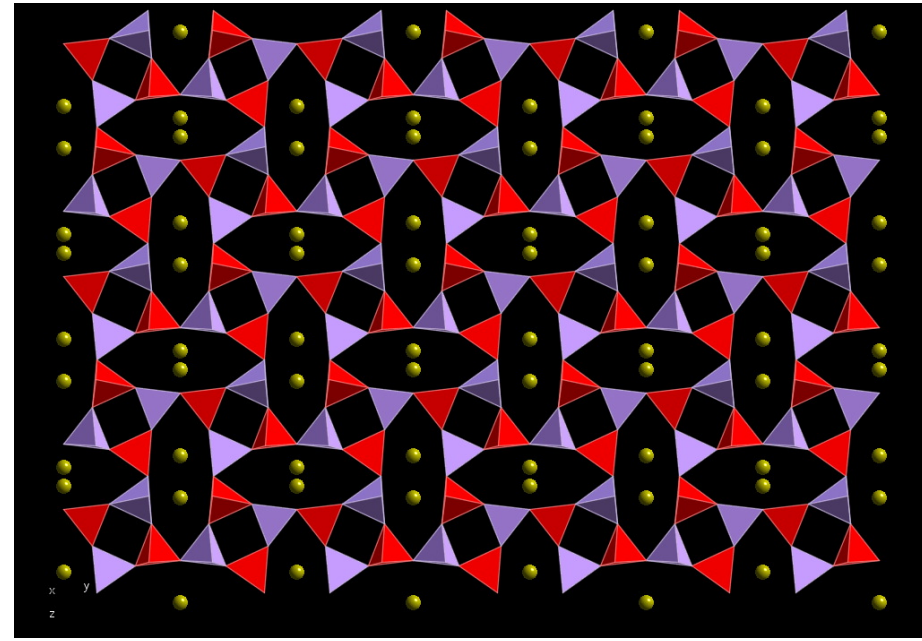
- Las estructuras deben combinar las complejidades derivadas de los cambios estructurales de los miembros extremos, que forman una solución sólida, con la variación de la relación Al:Si.

- Albita $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Anortita $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Plagioclasas: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (albita) - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (anortita)



Patrón de orden Al, Si
en la albita (Al:Si = 1:3)

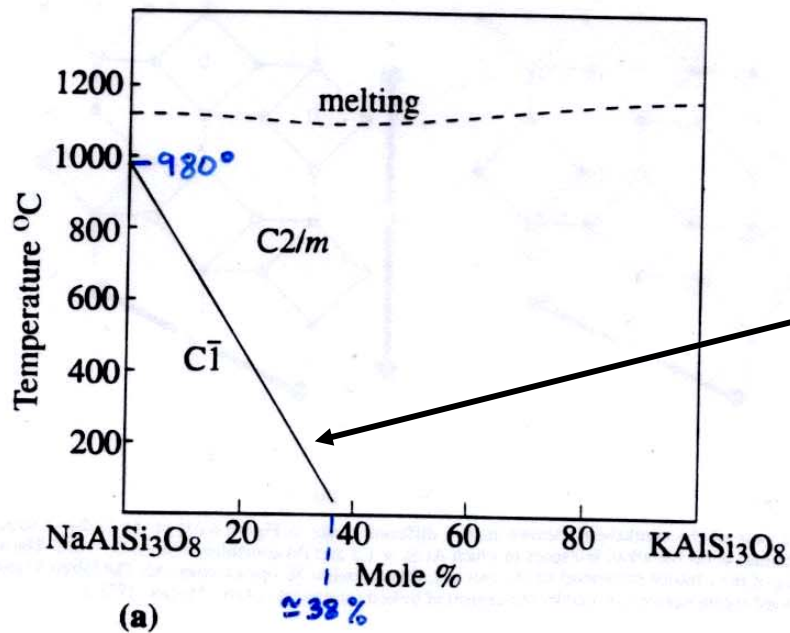


Patrón de orden Al, Si
en la anortita (Al:Si = 2:2)

Estos patrones de orden son incompatibles entre si. Por ello, la solución sólida (en la cual la relación Al:Si ratio varía entre 1:3 y 2:2) no tiene un esquema de ordenamiento sencillo.

Anortita $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ pura

- Alta T más de 2000°C (por encima del P.F) está desordenada $\rightarrow C2/m$
- Baja T ($\downarrow 240^\circ\text{C}$) Anortita está ordenada $\rightarrow P\bar{1}$.
- Baja T ($\uparrow 240^\circ\text{C}$) Anortita está ordenada $\rightarrow I\bar{1}$
- A 240°C se produce el paso de $I\bar{1} \rightarrow P\bar{1}$. es una transformación desplazativa \rightarrow disminuye el hueco ocupado por el Ca



• Colapso estructural está controlado por el tamaño del catión → La T de inversión $C2/m \rightarrow \overline{C1}$ depende del contenido cationico

• La T a la que se produce esta transición **Disminuye** bruscamente desde composiciones de Ftos. Na → Ftos K.

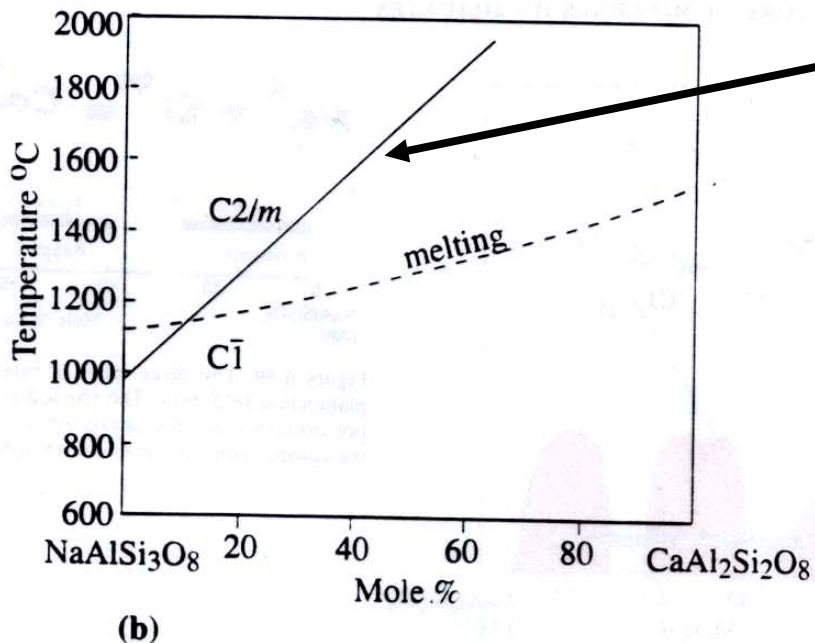
• En los Feldespatos ricos en K la estructura sigue siendo tipo $C2/m$ hasta temperatura ambiente.

• La T **aumenta** bruscamente al pasar de composiciones de feldespato Na → feldespato Ca.

En los feldespatos Na, Ca la estructura adopta el tipo $\overline{C1}$ hasta el punto de fusión,

• **LA TRANSFORMACIÓN**

• $C2/m \rightarrow \overline{C1}$ ES DESPLAZATIVA E INSTANTÁNEA.



Distorsión estructural y ordenamiento Al,Si en la estructura

- El K o el Ba pueden evitar el colapso, y la estructura permanece expandida
- La estructura expandida de alta T tiende a colapsar en torno al catión intersticial Na, al descender la T.
- El Na o Ca (más pequeños) permiten la distorsión de la estructura, reduciendo la simetría a triclinica, con grupo espacial $C\bar{1}$.
- En los feldespatos sódicos la estructura $C2/m$ es estable por encima de $980^{\circ}C$, por debajo la estable es $C\bar{1}$
- Puesto que el colapso estructural está controlado por el tamaño del hueco catiónico, la temperatura de la transformación $C2/m$ a $C\bar{1}$ depende en gran medida del contenido del hueco M.

DISTORSION ESTRUCTURAL Y ORDEN Si, AL SON PROCESOS ACOPLADOS

La transformación $C2/m$ a $C1$ es desplazativa e instantánea, pero sólo se produce cuando se alcanza un ligero ordenamiento.

El camino que sigan las estructuras con el descenso de la temperatura depende de la interacción y comportamiento de estos dos procesos.

ORDEN-DESORDEN Si, Al EN FELDESPATOS

-Proceso extremadamente lento → Rotura de enlaces Si-O y Al-O

- ESTRUCTURAS MONOCLINICAS C2/m → Desorden total por encima de 980°C.

Tienen dos posiciones tetraédricas T1 y T2

▶ Relación Si:O = 1:3 → Es muy difícil el ordenamiento

* Cuando se produce un ligero ordenamiento la estructura pierde simetría → C1 (Triclínica)

- Pérdida de planos m
- Pérdida de ejes binarios

▶ Relación Si:O = 1:1 → El ordenamiento se produce de forma que el Al no ocupa posiciones contiguas

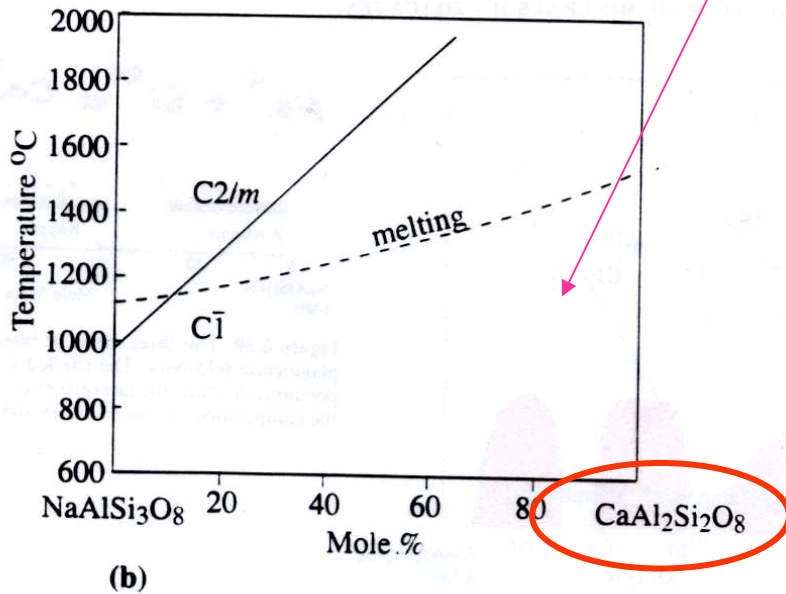
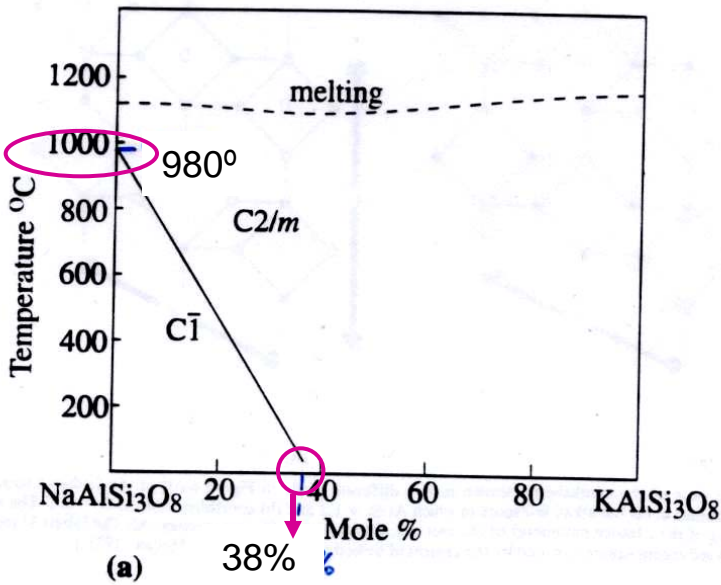
• * Por tanto, se puede producir un orden perfecto y el parámetro c es doble.

SOLUCIONES SÓLIDAS: Plagioclasas

- Solución sólida completa entre Ab y An por encima de 700°C como resultado de la sustitución acoplada:



- A baja T las plagioclasas aparecen **homogeneas** en apariencia (**microsc.petrografico**) en todo el intervalo de composición.
- Al **M. Electronico** aparecen **intercrecimientos** con diferente composición y distintas pautas de ordenamiento
- Las plagioclasas intermedias representan el intento del sistema de minimizar la energía mediante una reorganización del armazón y por el ordenamiento de las posiciones atómicas



- **En Anortita pura**, el Ca (más pequeño) no es capaz de mantener la estructura expandida monoclinica $C2/m$ a ninguna temperatura por debajo del punto de fusión.
- La tendencia del Si y Al a ordenarse en los tetraedros es mayor que en los feldespatos alcalinos
- La relación Al:Si 1:1 significa que en el armazón cualquier desorden implicará la formación de enlaces Al-O-Al.

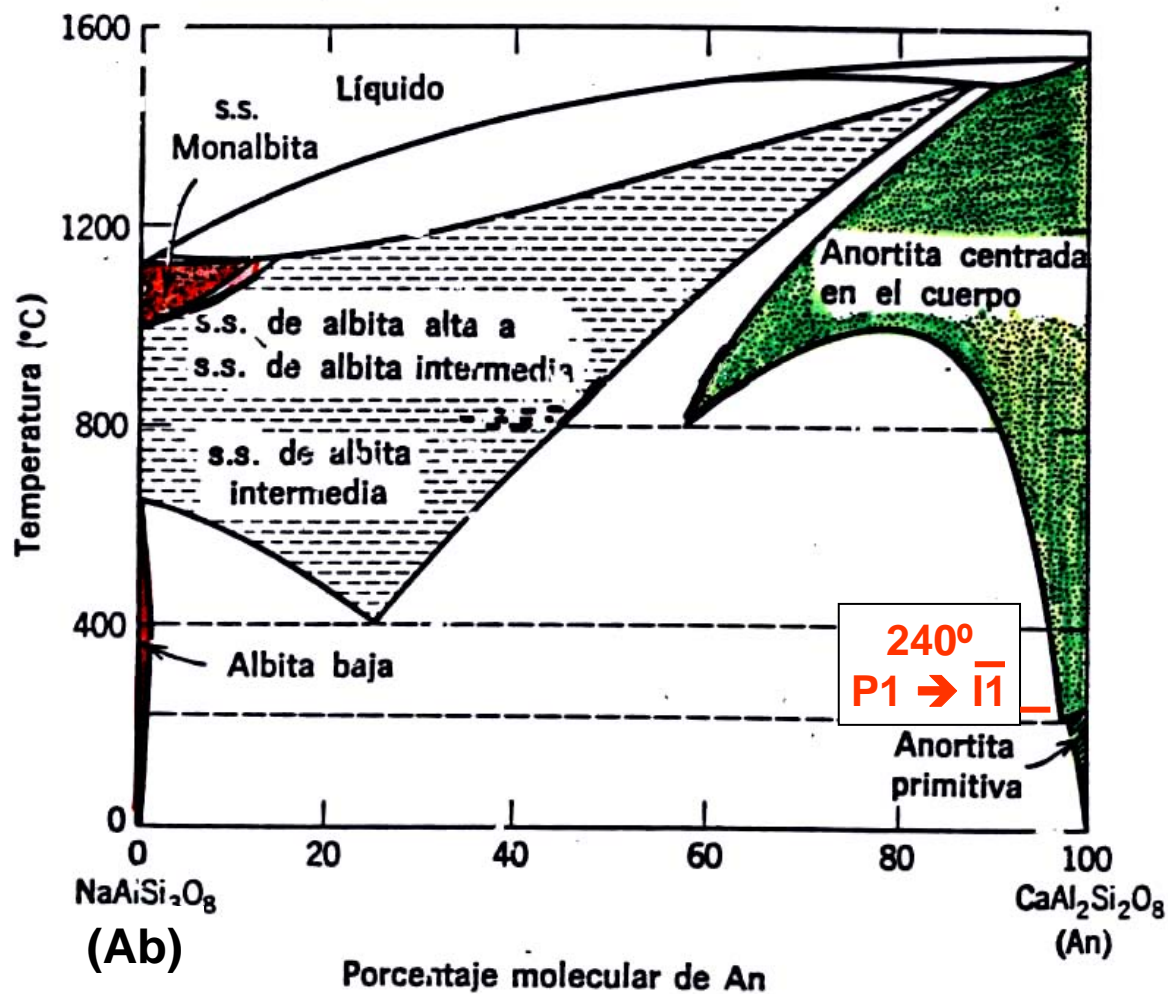
- **La ocupación de dos tetraedros vecinos por Al es energéticamente desfavorable**
- Feldespatos con relación Al:Si de aprox. 1:1, → deben ser sometidas a muy altas temperaturas para que se produzca el desorden total.
- En la anortita pura esta temperatura es de unos 2000°C, muy superior a su punto de fusión → **la anortita tiene una estructura esencialmente ordenada**
- **El eje c de la celda unidad es el doble que en la estructura de la albita.**

Existe s.s entre albita y anortita $\uparrow 700^{\circ}\text{C}$, como resultado de la sustitución acoplada



En la mayor parte del intervalo composicional la s.s tiene la estructura colapsada $\bar{C}1$ sin ordenamiento Al,Si (es decir, la estructura tipo albita de alta),

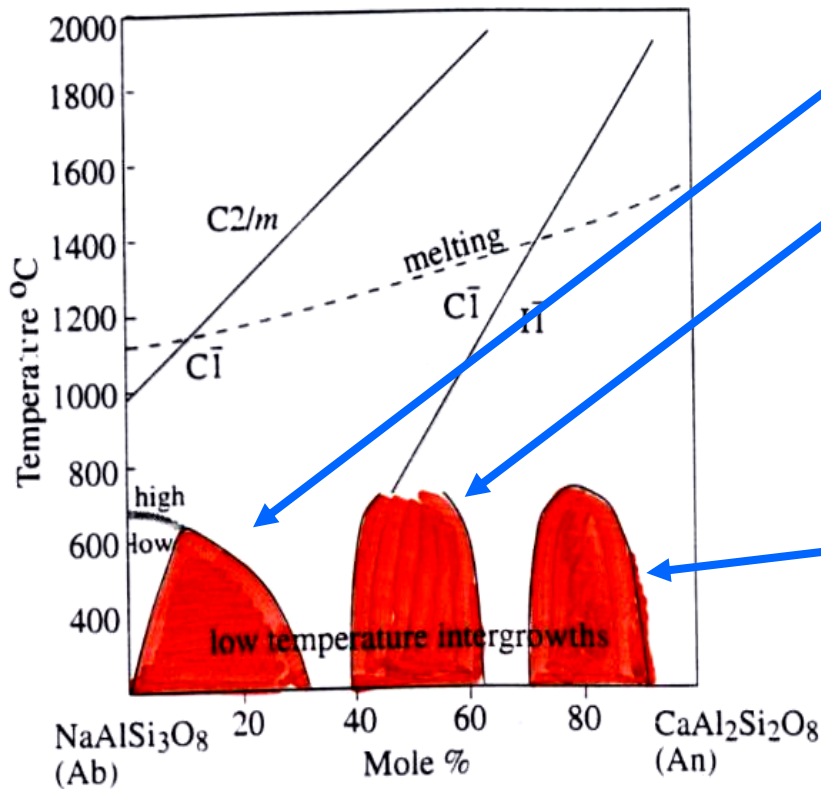
Para composiciones ricas en anortita tienen una estructura Triclínica tipo I1, debido a la tendencia al ordenamiento Al,Si al aproximarse la relación Al:Si a 1:1.



Plagioclasas de composición intermedia

- Los tipos de intercrecimiento dependen de las composiciones globales de las plagioclasas:
- a) Las plagioclasas ricas en albita ($An_2 - An_{20}$) aparecen como intercrecimientos laminares se les denomina peristeritas.
- b) La región central, para composiciones ($An_{40} - An_{60}$), están formadas por intercrecimientos laminares de $0.1 \mu m$ de los dos tipos de estructuras cuya composición difiere hasta un 20% An. Este intercrecimiento se denomina tipo Bøggild.
- c) Las plagioclasas ricas en anortita ($An_{65} - An_{90}$) presentan también intercrecimientos laminares de dos estructuras A este tipo de intercrecimiento se le denomina Huttenlocher.

PLAGIOCLASAS



• $(An_2 - An_{20}) \rightarrow$

intercrecimiento tipo peristeritas.

• $(An_{40} - An_{60}) \rightarrow$

intercrecimiento tipo Bøggild.

• $(An_{65} - An_{90}) \rightarrow$

intercrecimiento tipo Huttenlocher.

Figure 6.58. Summary of the stability regions of the various feldspar structures in the plagioclases. At high temperature the phase boundaries between $C2/m$, $C\bar{1}$ and $I\bar{1}$ structures are truncated by the melting curve. At low temperature the shaded areas represent regions in which the plagioclase consists of intergrowths barely visible by optical microscopy. (After Carpenter, 1987.)

Factores que controlan el comportamiento de la solución sólida en PLAGIOCLASAS:

1. El ordenamiento del Al y Si debe estar unido a la del Ca y Na, → mantener el balance local de cargas. Cualquier ordenamiento entre Ca y Na debe ser compatible con el esquema de ordenamiento Al-Si.

2. Las pautas de ordenamiento Al,Si en $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ y $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ son bastante diferentes y no hay un esquema simple de ordenamiento entre las estructuras de feldspatos con relación Al:Si de 1:3 (albita) y 2:2 (anortita).



La sustitución **CaAl por NaSi** en una estructura ordenada tipo albita o la sustitución inversa en una estructura tipo anortita ordenada, **introduce necesariamente un cierto desorden.**

En la albita implica la formación de enlaces **Al-O-Al** → el esquema de ordenamiento de la albita sólo se da en composiciones ricas en albita mientras que el tipo de ordenamiento de la anortita I1 puede existir en un intervalo composicional más amplio.

Propiedades físicas



1. Feldespatos alcalinos. hábitos.

hábitos prismáticos alargados según el eje c o el eje a

ADULARIA, → restringida a filones de baja T , tienen apariencia ortorrómbica

exfoliación perfecta según $\{001\}$ y buena según $\{010\}$, en las monoclinicas se cortan a 90° ;

en las triclinicas estas exfoliaciones sólo son aproximadamente perpendiculares entre sí.

maclado



ORTOSA



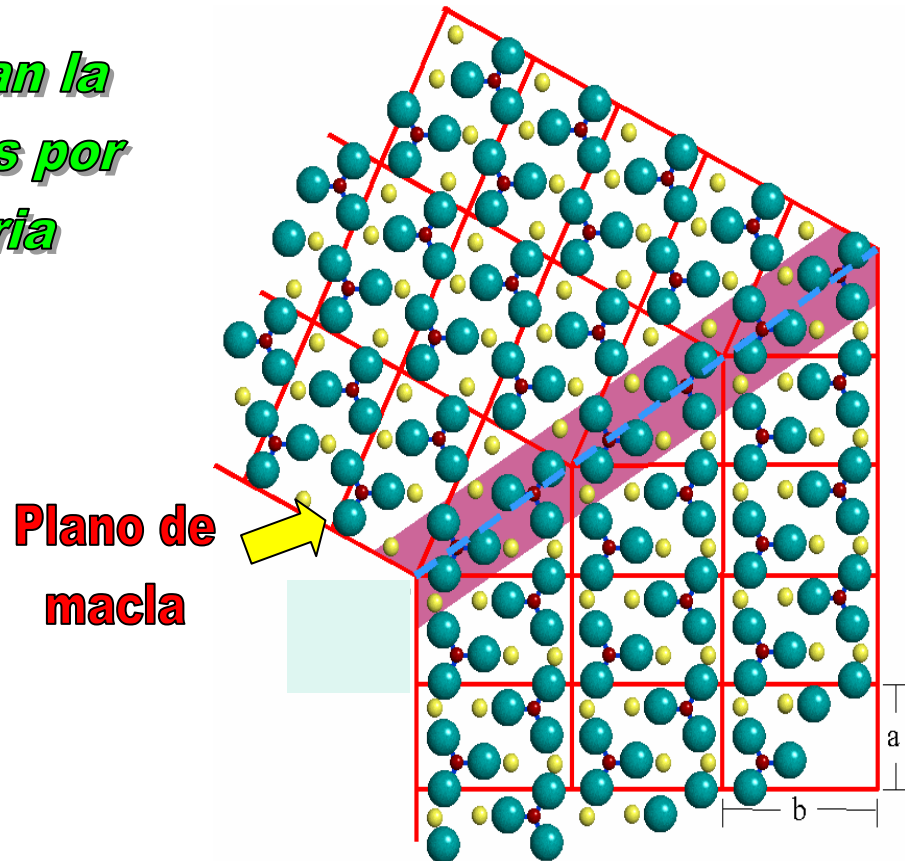
ALBITA



MACLAS

Una macla es un crecimiento conjunto de dos o mas cristales de la misma sustancia.

Los individuos que forman la macla estan relacionados por un elemento de simetria

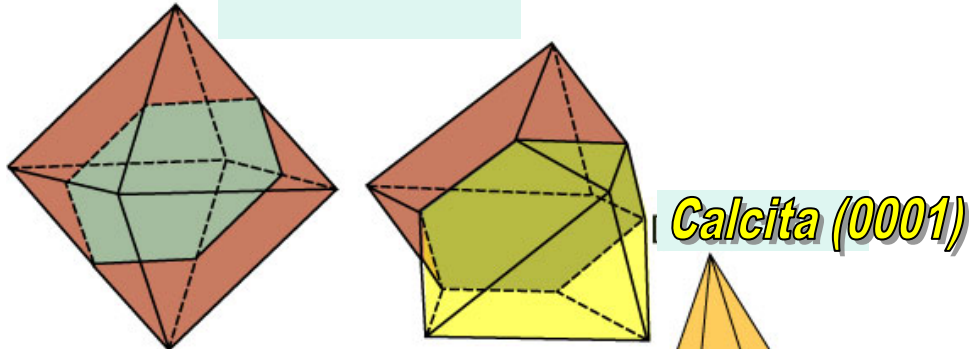


TIPOS DE MACLAS

Maclas de contacto y de penetración

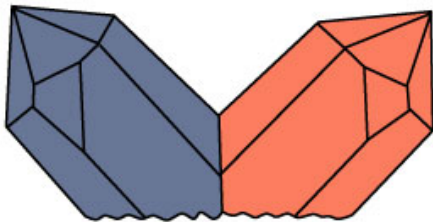
(Estan compuestas solamente por dos individuos)

Maclas de contacto

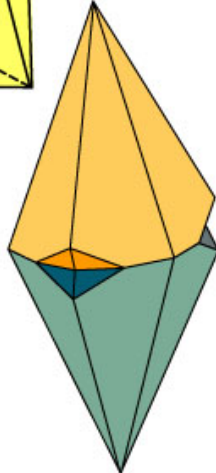


Calcita (0001)

*Macla octaedrica (111)
en la Espinela*

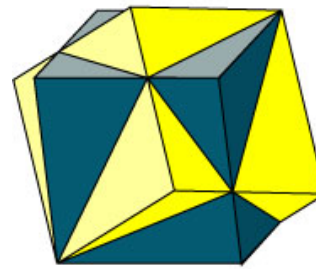
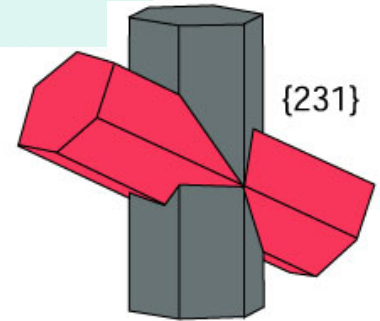
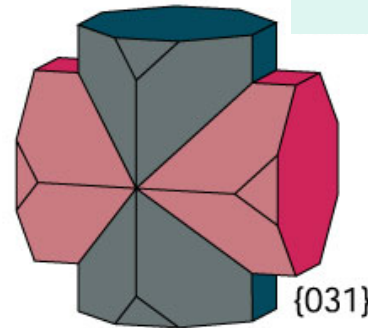


*Macla de Japon
del cuarzo*

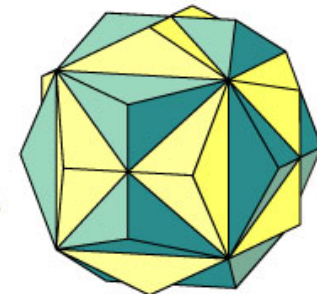


Maclas de penetración

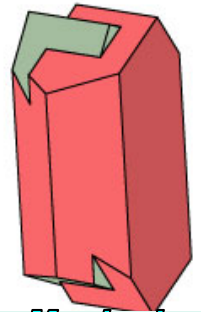
Maclas de la estaurolita



Fluorita [111]



Piritoedro [001]



*Macla de
Carlsbad [001]*

TIPOS DE MACLAS

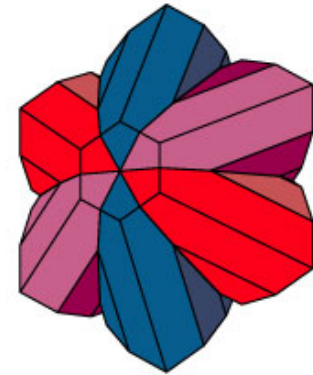
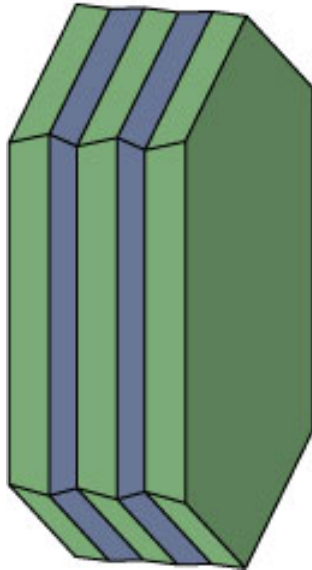
Maclas multiples (mas de dos orientaciones y varios individuos)

Maclas ciclicas

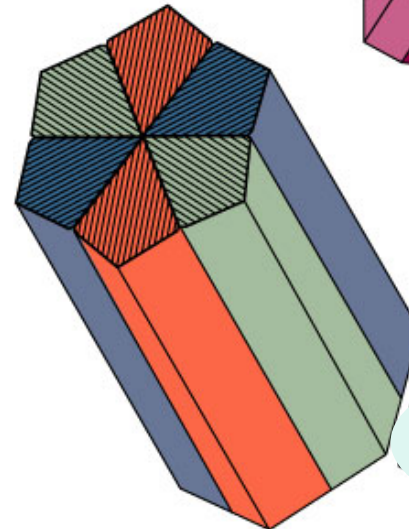
Maclas polisintéticas (paralelas)

(individuos con planos no paralelos)

*Maclas polisintéticas
de la albita*



Grisoberilo

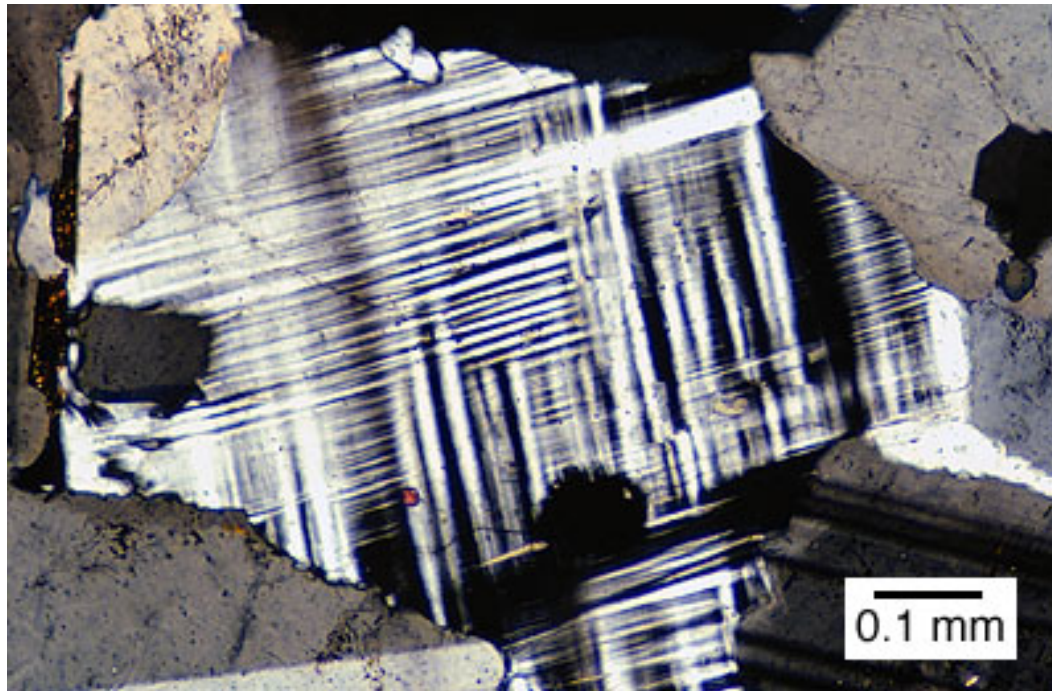


*Macla
pseudo-hexagonal
del Aragonito
(ortorrombico)*

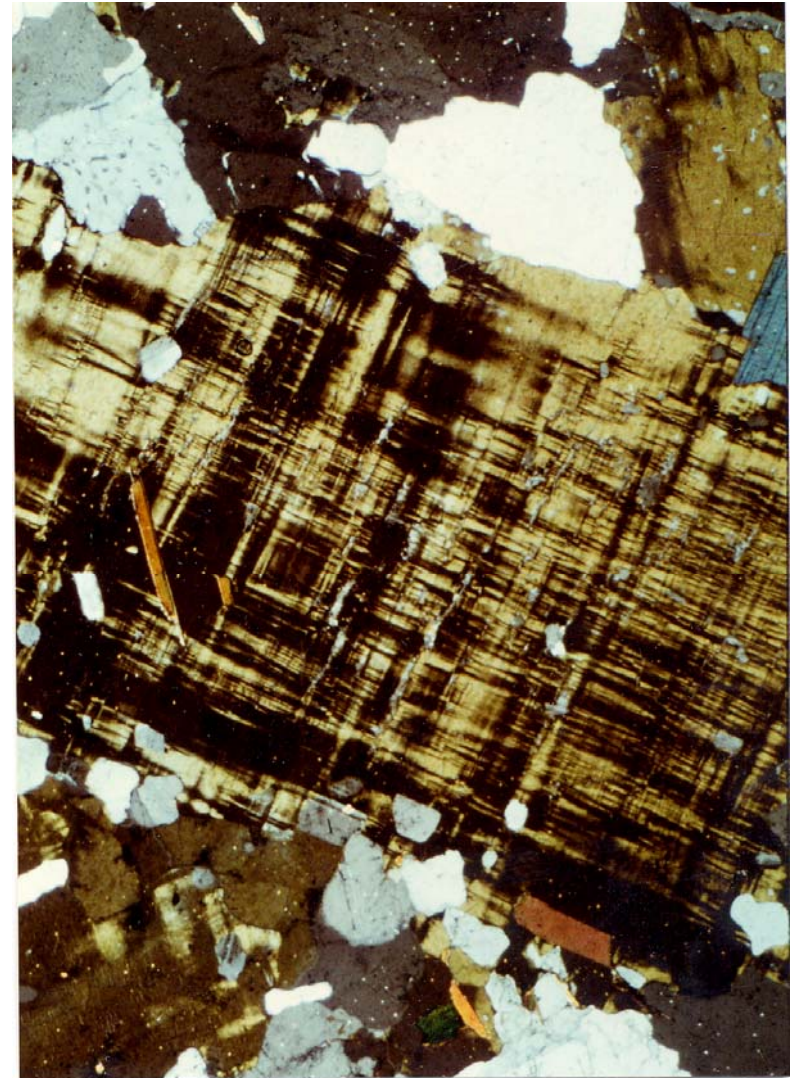
MACLAS

- El maclado en feldspatos alcalinos puede ocurrir como consecuencia de tres mecanismos diferentes:
 - a) maclado primario, durante el crecimiento;
 - b) maclado secundario por deformación;
 - c) por transformaciones inducidas térmicamente al pasar a formas de menor simetría. Las maclas pueden agruparse en normales, paralelas y complejas.

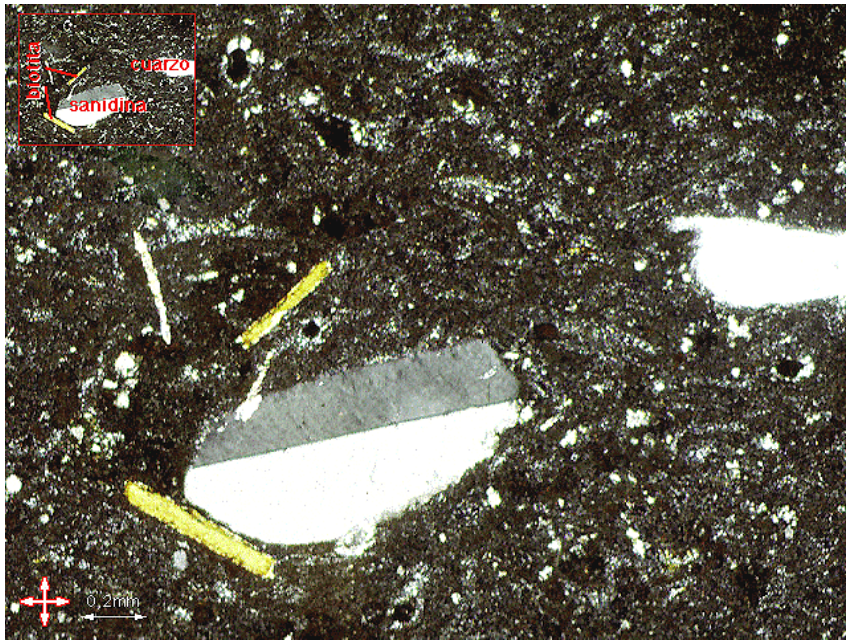
Feldespato K de baja T MICROCLINA



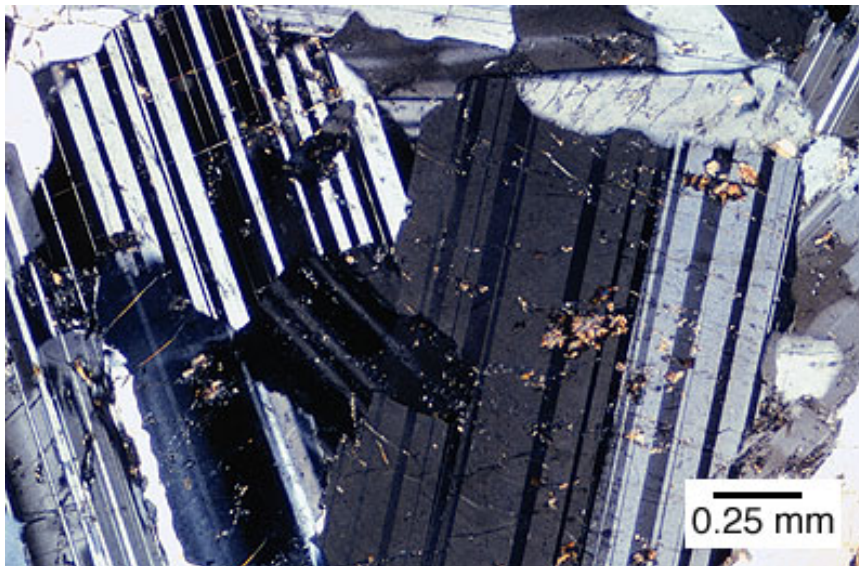
Macla en enrejado



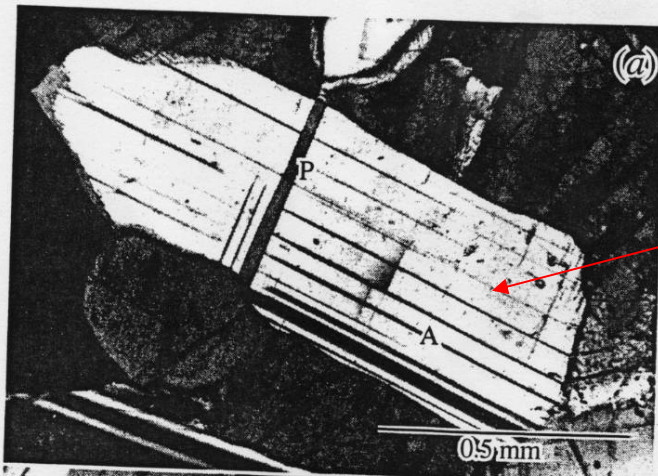
MICROCLINA TEÑIDA, N X



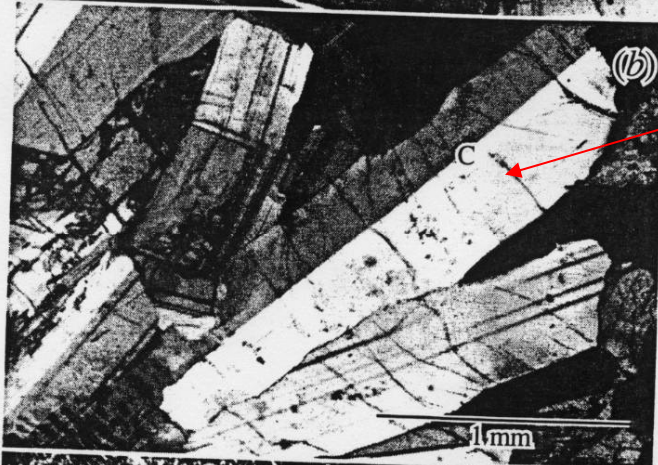
CRISTAL DE ORTOSA
MACLA DE CARLSBAD. Dos
individuos



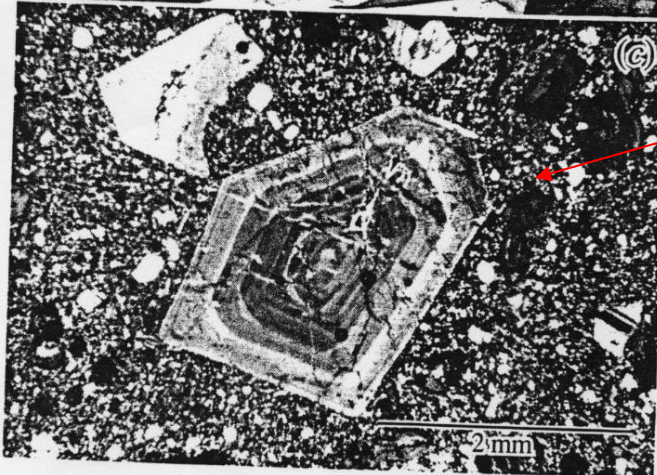
CRISTAL DE ALBITA
Macla polisintetica



CRISTAL DE ALBITA
Macla polisintetica



CRISTAL DE ORTOSA
MACLA DE CARLSBAD. Dos individuos

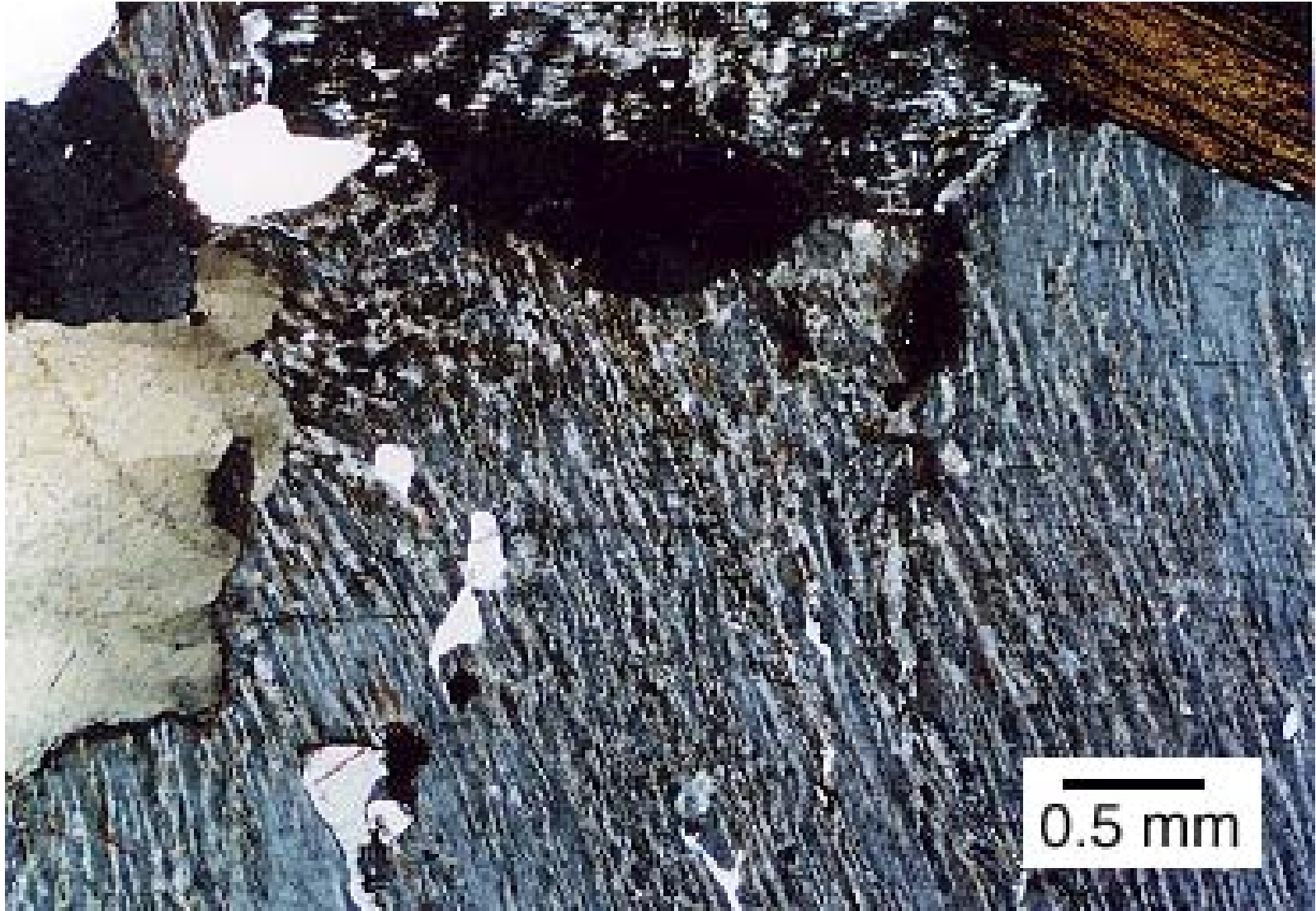


Fenocristal con zonado oscilatorio de plagioclasas



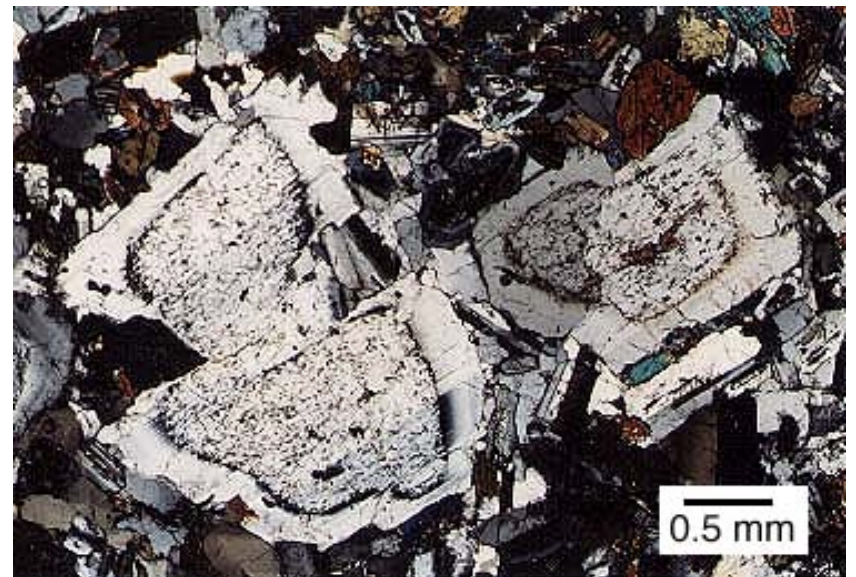
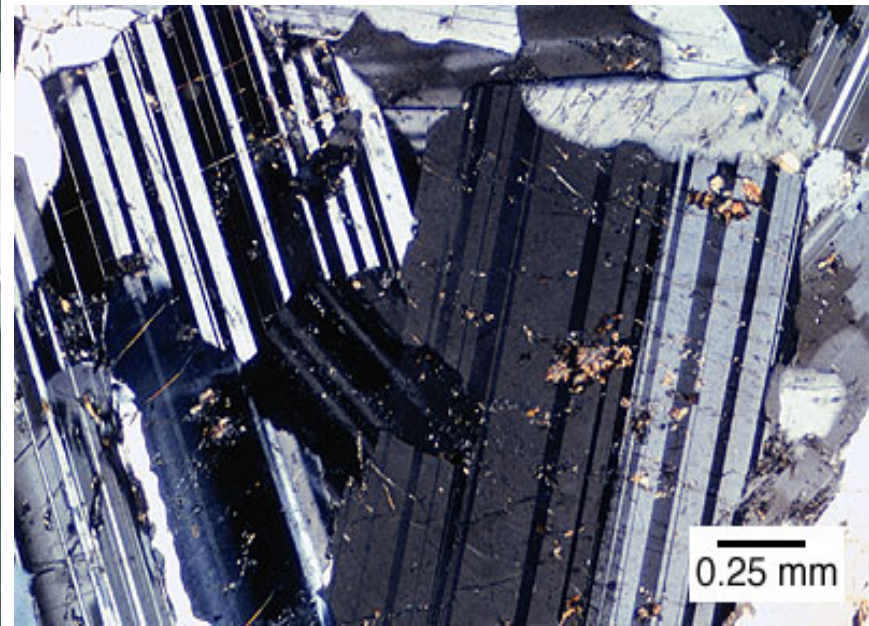
Amazonita → variedad de la microclina

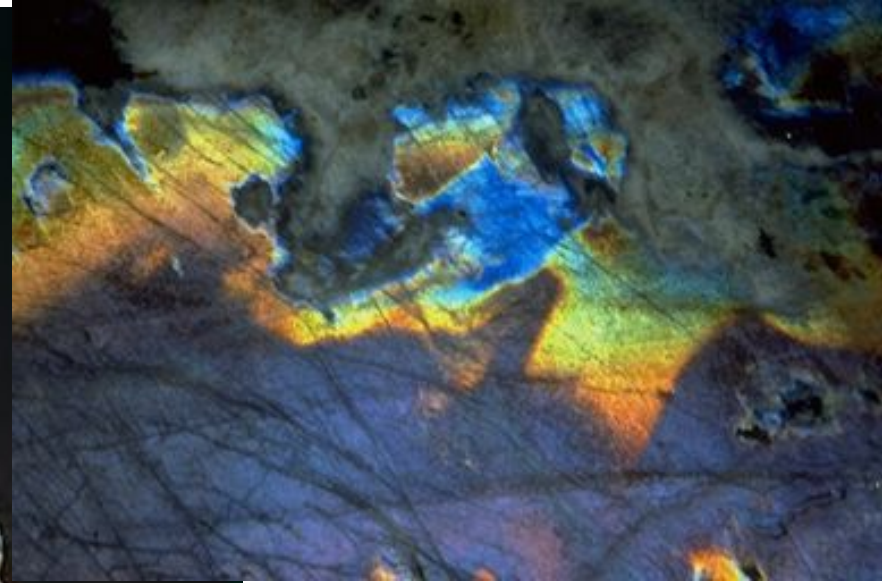
Pertitas: Exolución entre Fto K y Fto Na



PLAGIOCLASAS: Propiedades

- Los **hábitos** de las plagioclasas difieren poco de los que presentan los feldespatos alcalinos. Los cristales son generalmente tabulares.
- Las plagioclasas presentan exfoliación perfecta según $\{001\}$ y buena según $\{010\}$, cortándose a aproximadamente **94°**
- Las plagioclasas aparecen frecuentemente macladas **polisintéticamente**





IRIDISCENCIAS EN LABRADORITA

GÉNESIS

- **Feldespatos alcalinos.** son componentes esenciales de rocas ígneas alcalinas y ácidas.
- Abundantes en sienitas, granitos, granodioritas, y sus equivalentes volcánicos.
- También son componentes mayoritarios de pegmatitas y algunos gneises.
 - **En rocas plutónicas** el feldespato alcalino es normalmente ortoclasa o microclina (a veces micropertíticas),
 - **En rocas volcánicas** predomina la sanidina y la anortoclasa (ambas pueden ser criptopertíticas).

La adularia es un feldespato potásico casi puro que aparece en venas hidrotermales de baja temperatura.

GÉNESIS

- En rocas metamórficas, el feldespato potásico es un mineral característico de grado alto formándose a expensas de micas y cuarzo en sedimentos arcillosos.
- También pueden aparecer feldespatos alcalinos como minerales autigénicos en rocas sedimentarias, a veces como recrecimientos de feldespatos detríticos.

GÉNESIS: Plagioclasas

- Las plagioclasas son los minerales más abundantes en la mayoría de **rocas básicas e intermedias**, en las que es frecuente la aparición de **zonados** → predominan los términos cálcicos (bytownita-labradorita).
- **En rocas pegmatíticas** suele aparecer la albita, mientras que en granitoides pueden aparecer términos intermedios (oligoclasa y andesina).
- **En rocas metamórficas**, la composición está → relacionada con el grado metamórfico de la roca.
 - la albita → estable en metamorfismo regional de grado bajo.
 - En grado medio, las plagioclasas van teniendo contenidos más altos en anortita.

Además del grado metamórfico, la composición de las plagioclasas está condicionada por **la naturaleza de la roca de caja**.

En rocas sedimentarias la albita es un mineral **autigénico** bastante común, presentando composiciones de albita pura y ausencia de maclados polisintéticos.