



fcfm

Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Rocas extrusivas intermedias: Andesitas

Petrología Ígnea y Metamórfica GL5103-1, Primavera 2022

Profesor: Diego Morata

Auxiliar: Luis Naranjo

Ayudante: Javiera Terán

Conceptos básicos rocas ígneas

Términos con connotación genética

Masa fundamental

Término utilizado para referirse a la parte de grano fino de una roca que no es posible discernir. En rocas ígneas corresponde generalmente a vidrio + microlitos.

Microlitos

Cristales pequeños que forman parte de la MF, se forman en el último estado de enfriamiento (por eso no alcanzan a crecer lo suficiente y tienen tamaños microscópicos).

Fenocristales

Cristales de mayor tamaño en una roca ígnea (mayores que microlitos) que comenzaron a formarse en un estado de cristalización temprana.

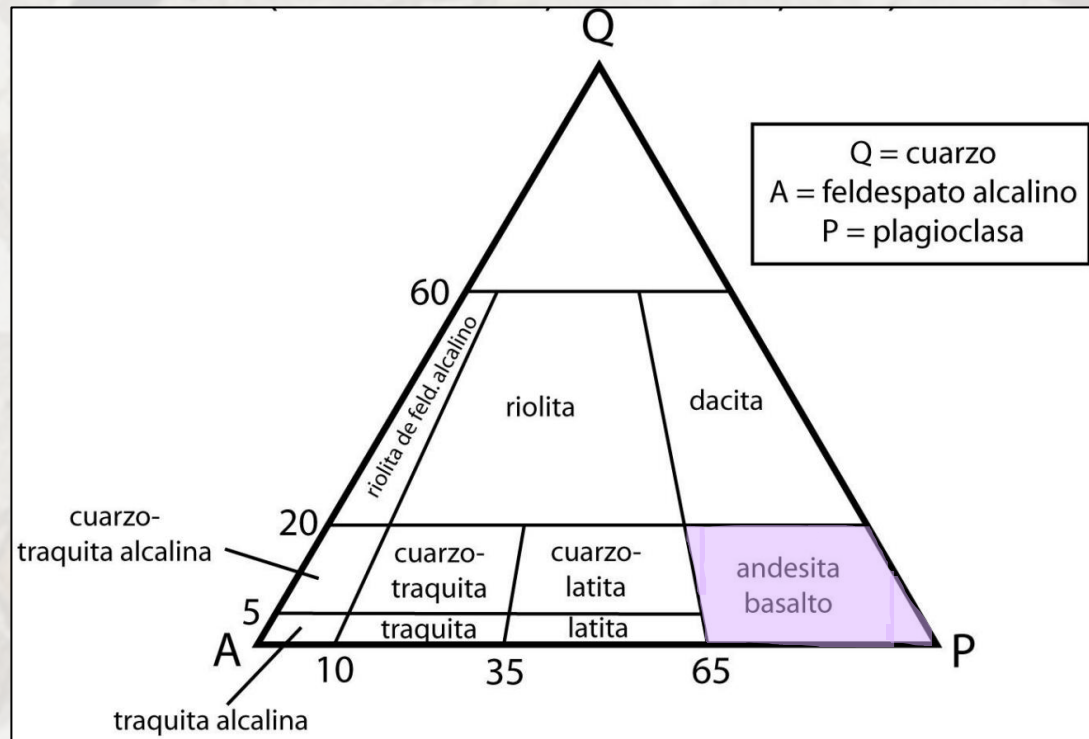
Macrocristales

Microcristales

Cristales de mayor tamaño
que los microlitos

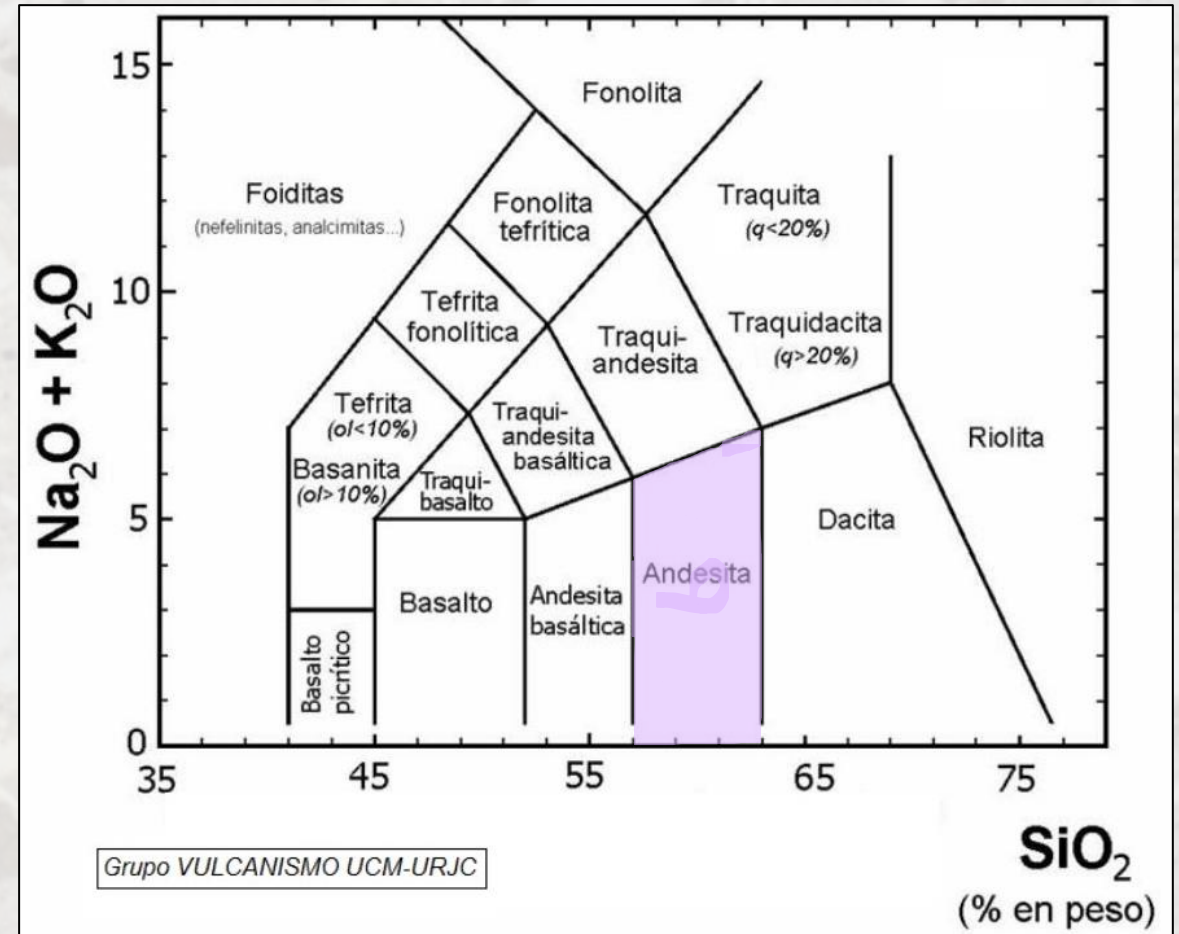
Términos puramente descriptivos

Andesitas: Clasificación modal



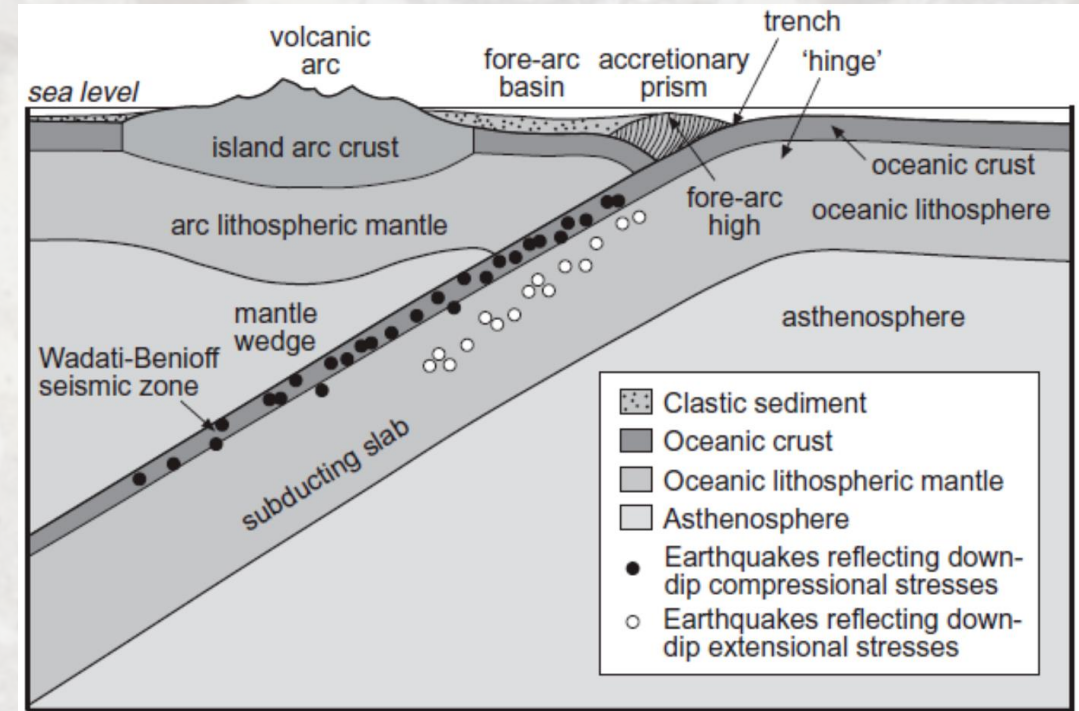
Andesitas: Clasificación química

Roca ígnea extrusiva intermedia, contiene entre 57 – 63 wt.% de SiO_2 y < 5 wt.% de álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), generalmente se encuentran en texturas porfíricas o vitrofírica. Se forman en ambientes variados (zonas de subducción, zonas de rift y centros de expansión oceánica).



Ocurrencia de las andesitas

- Término acuñado en 1835 por Leopold Von Buch para describir grupo de rocas encontradas en Andes de Bolivia , Chile y Kamchatka , Rusia .
- Asociadas con 422 de los 721 volcanes activos de la tierra .
- Andesitas modernas se encuentran por encima del plano de Wadani -Benioff.
- Composición promedio de la corteza continental .
- Brown y Musset (1981) han demostrado que la tasa de crecimiento de la corteza continental es $0.5 \text{ Km}^3 / \text{año}$ y el material es andesítico .



Mineralogía

**Minerales
esenciales**

**Minerales
tipo**

**Minerales
accesorios**

**Minerales
postmagmáticos**

Andesitas

- Opx, Hbl, Bt
- Plg (An 30 - 50)

- Nefelina (o algún feldespatóide)
- Olivino

- Óxidos (magnetita o ilmenita, titanita)
- Circón, cordierita

- Serpentina o iddingsita (en Ol)
- Esmeclita (en rx, mxs o vidrio)
- Clorita o uralita (en Px)
- Sericita o epidota (en Plg)
- Clorita y opacos (en Bt)
- Chl, Ep, Calcita o talco alterando a Hbl

Texturas de rxs ígneas extrusivas (Basaltos y Andesitas)

Texturas Inequigranulares	Texturas orientadas y alineadas	Texturas radiadas
Pofírica/vitrofírica	Traquítica (Pilotaxítica-Hialopilítica)	Variolítica
Seriada	Traquitoide	Spínifex
Glomero/cumulo porfírica	Texturas de intercrecimiento	Texturas de cavidades
Poikilítica (Ofítica-Subofítica)	Intrafasiculada	Vesicular
Intersticial (Intersertal-Intergranular)		Amigdaloidal

Texturas de desequilibrio

Texturas de sobrecrecimiento	Texturas de forma cristalina
Zonación	Parche
Bordes de reacción (coronas en mxs anhidros, hidratados, de descomposición)	Sieve
	Reabsorción/embahiamientos

IMPORTANTE:

En los basaltos y andesitas se pueden observar las mismas texturas, sin embargo, en las andesitas las texturas de desequilibrio son más comunes → Plagioclasa

Crystal Zoning

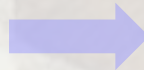
Textura desarrollada en minerales en solución sólida. Se caracteriza por cambios de color en el cristal o en el ángulo de extinción. La zonificación es un registro de las reacciones incompletas entre la MF y la solución sólida en cristalización. Resultado de la incapacidad del mineral para mantener el equilibrio químico con el magma parental.

ZONIFICACIÓN
ÓPTICA



ZONIFICACIÓN
QUÍMICA DEL MX

¿Por qué ocurren
estas reacciones?



Cambios en las propiedades intensivas

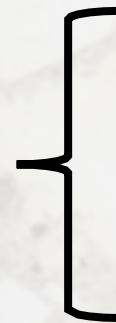
ΔT ΔP ΔH_2O

(Cambios en la composición del magma)

>>>

Cinética química

Tipos de zonaciones



Zonación normal

Zonación inversa

Zonación parche (Patchy zoning)

Zonación oscilatoria, continua o discontinua

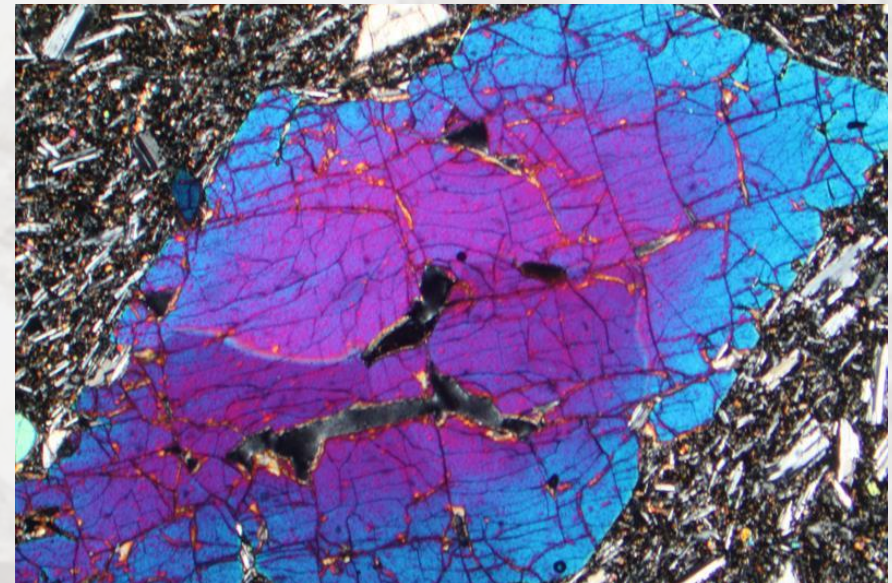
“Sector Zoning” Cpx [bajo undercooling]*

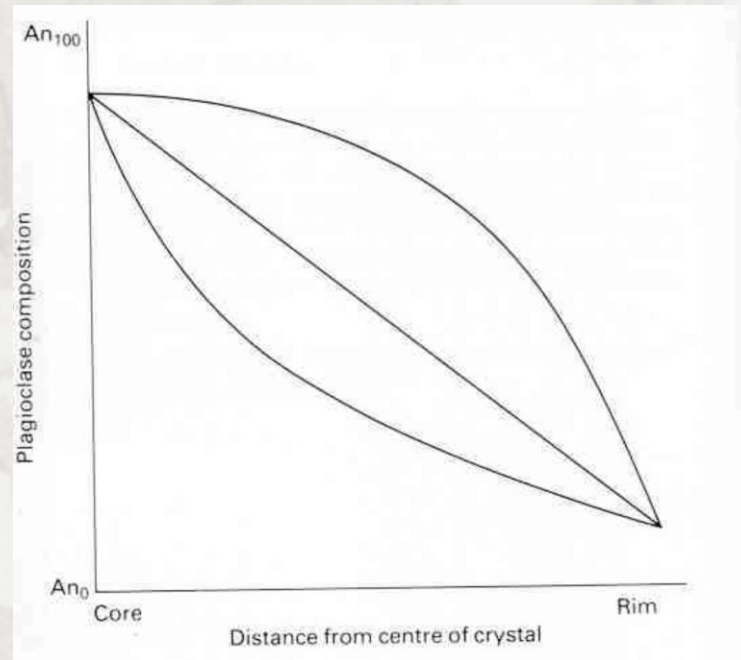
Zonación

Cambios graduales, abruptos u variables (zonación continua, discontinua y oscilaroria respectivamente) de la composición de un mineral, el cual forma parte de una solución sólida (ejemplos: plg, olivino). Evidencia una rxn continua entre el fluido y el cristal, se produce cuando el cambio composicional del magma es más rápido que la cinética de difusión química dentro del cristal.

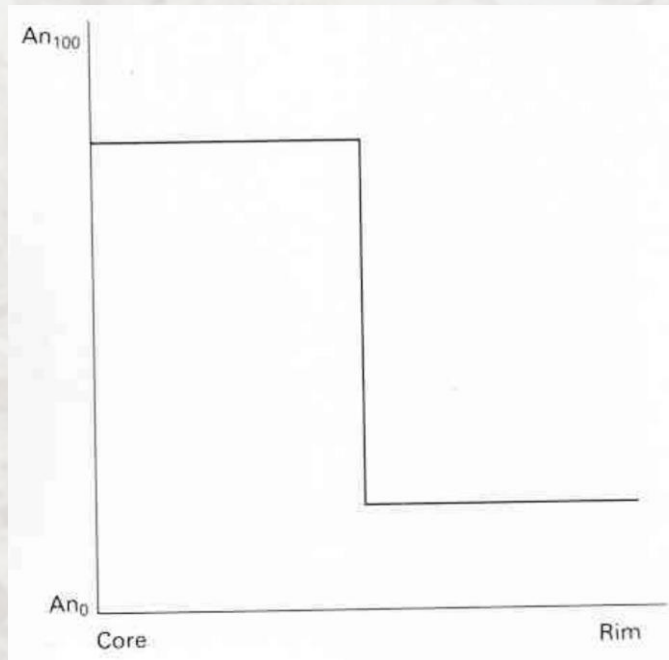
- **Zonación normal:** desde un componente de alta T° a uno de baja T° (en plagioclasa, de una rica en Ca a una rica en Na). Lo opuesto se denomina **zonación inversa**. Se llama zonación oscilatoria si hay variaciones entre las composiciones
- **Patchy zoning (zonación parche)**
- **Sector Zone Cpx**

Para reconocer los diferentes tipos, es necesario recurrir a otros tipos de análisis

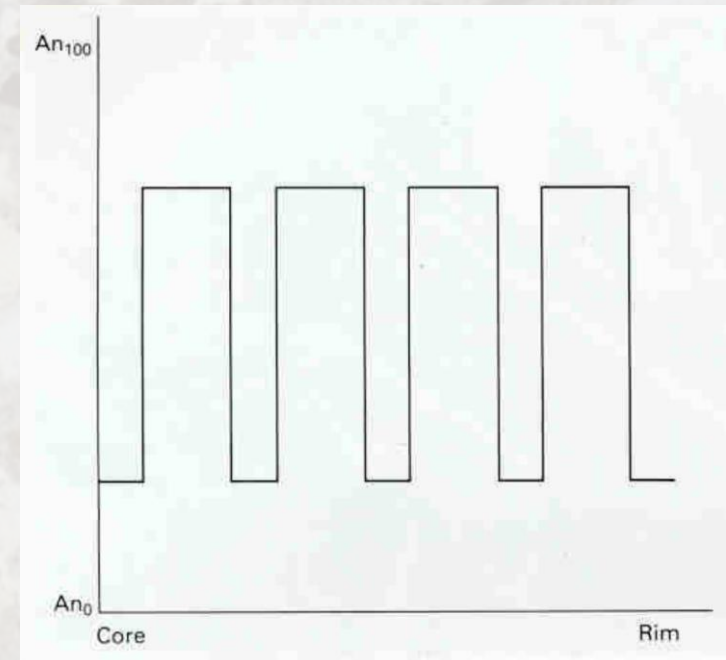




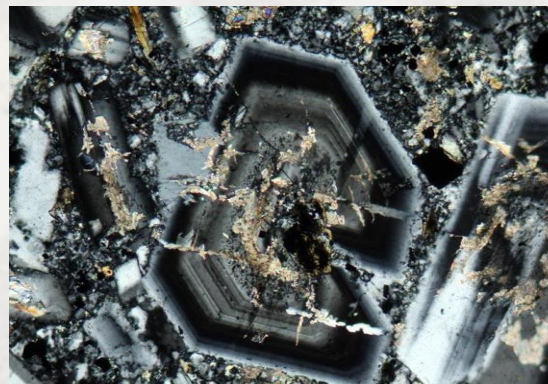
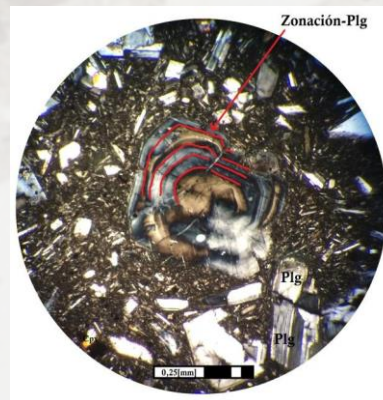
Zonación continua



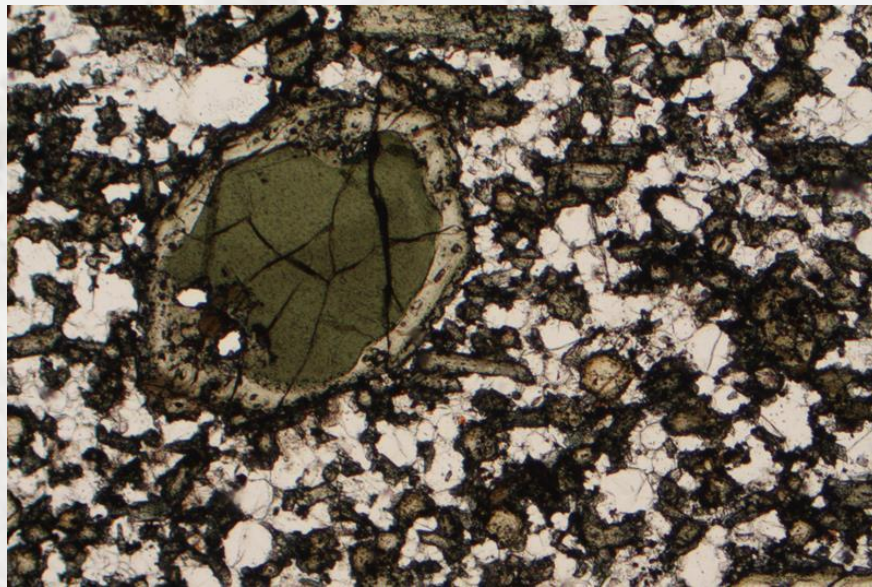
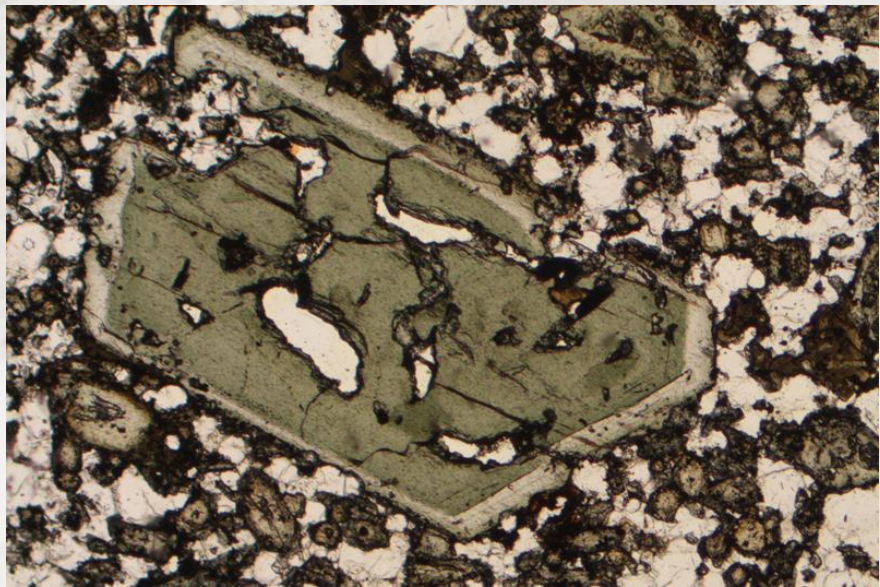
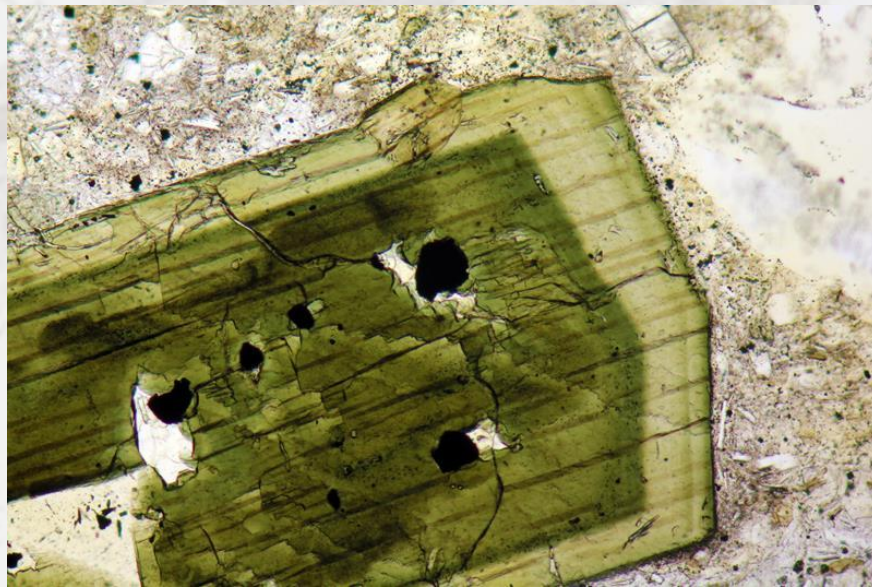
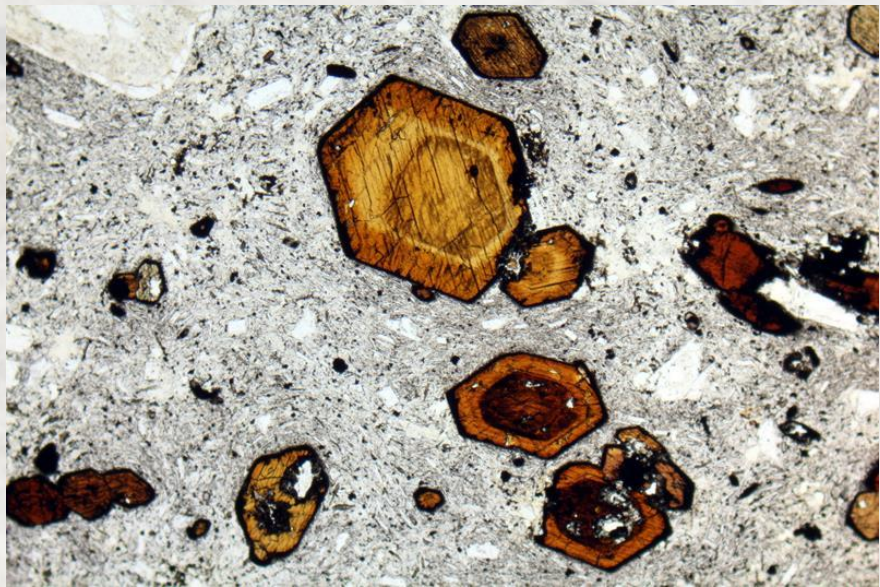
Zonación
discontinua



Zonación oscilatoria

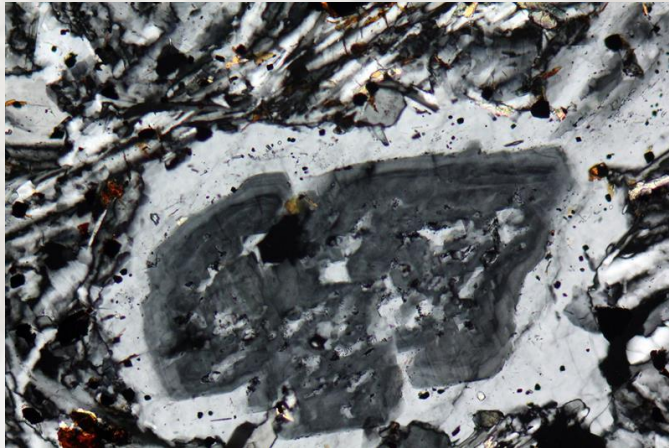
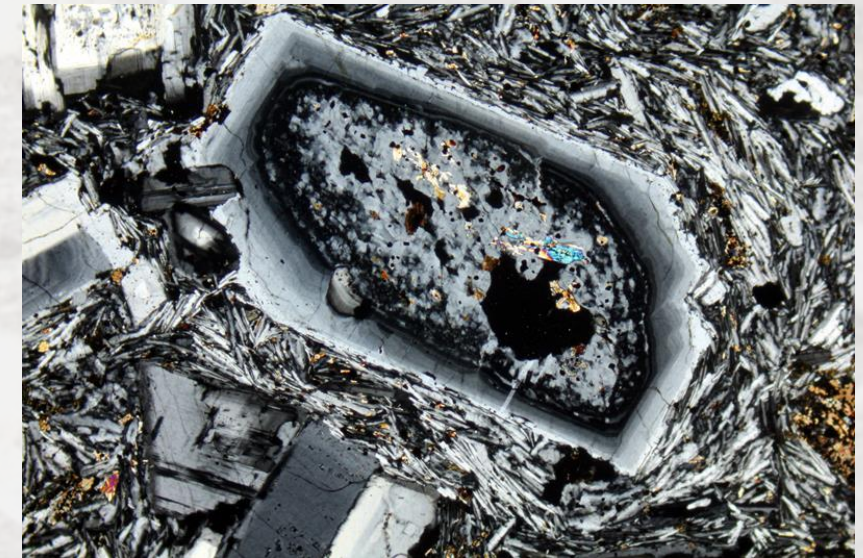
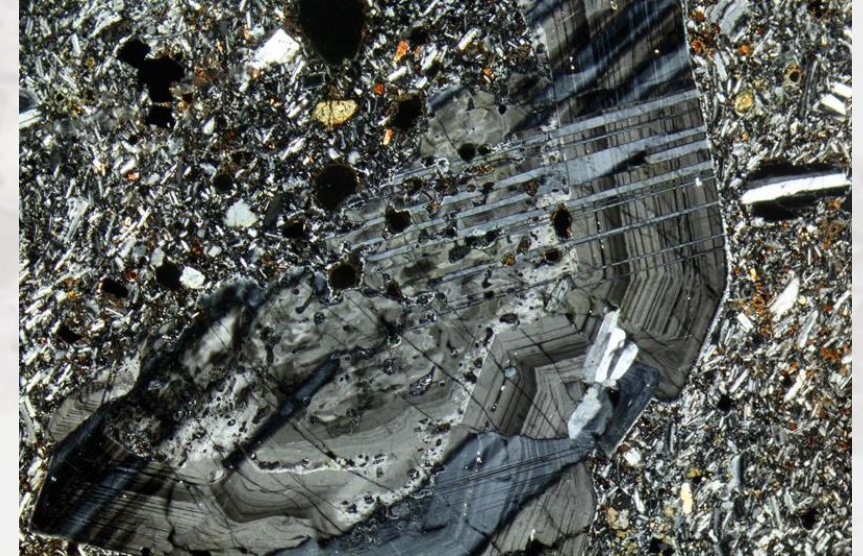


- Zonación en la que la composición varía cíclicamente del núcleo al borde, generando anillos concéntricos de menor y mayor ángulo colores de interferencia. Generalmente suele darse en Pl pero también es visible en otras fases mx (e.g., Cpx).



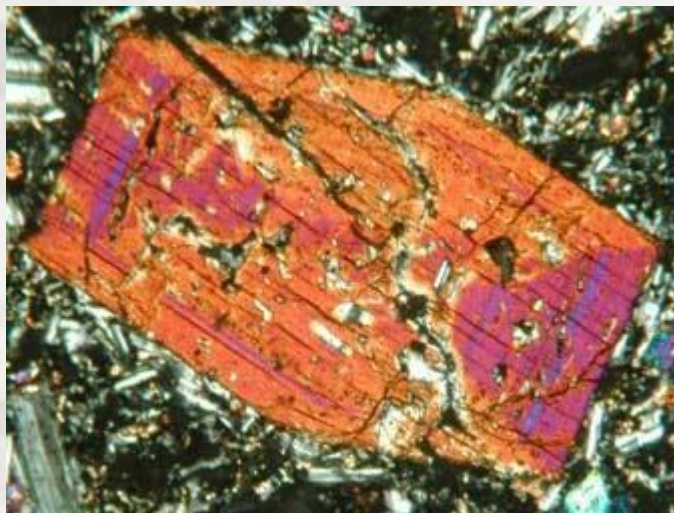
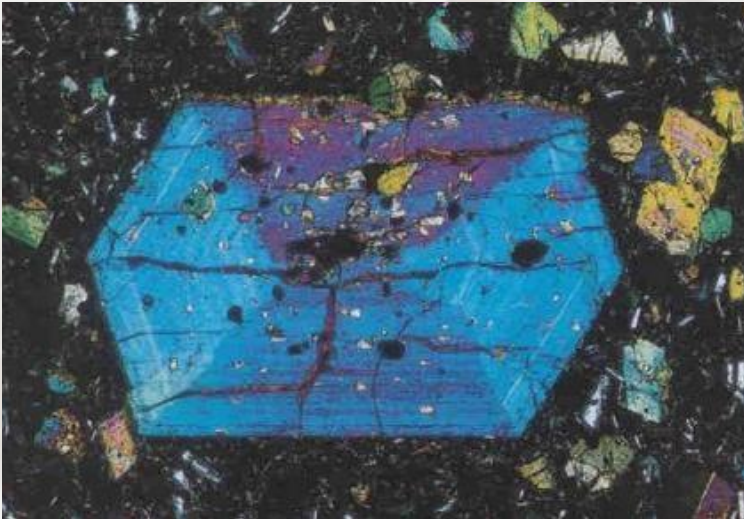
Zonación parche (patchy zoning)

Variaciones composicionales irregulares dentro por relleno de espacios o reequilibrio a nuevas condiciones de un cx. Núcleos corroídos irregulares, donde las porciones corroídas han sido rellenadas y rodeadas por composiciones más evolucionadas



Sector zoned Cpx

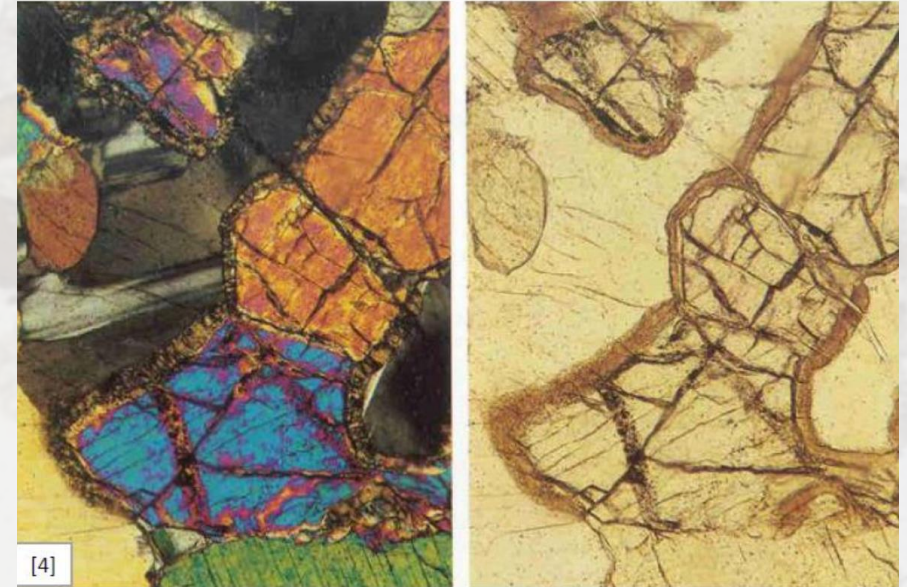
En rocas ígneas es una textura típica de Cpx (Augita), permite identificar la fase mineral de otros Ferromagnesianos. Suele formarse en respuesta a lentos undercooling, por ejemplo, durante el ascenso del magma.



Bordes de reacción

Reemplazo de los bordes de un cristal por otro. Se genera por la reacción incompleta del mineral primario con el fundido para producir el mineral secundario. Asociado a un cambio en las condiciones de cristalización, debido a que la tasa de difusión dentro del cristal es más lenta que la tasa de cambio químico del melt.

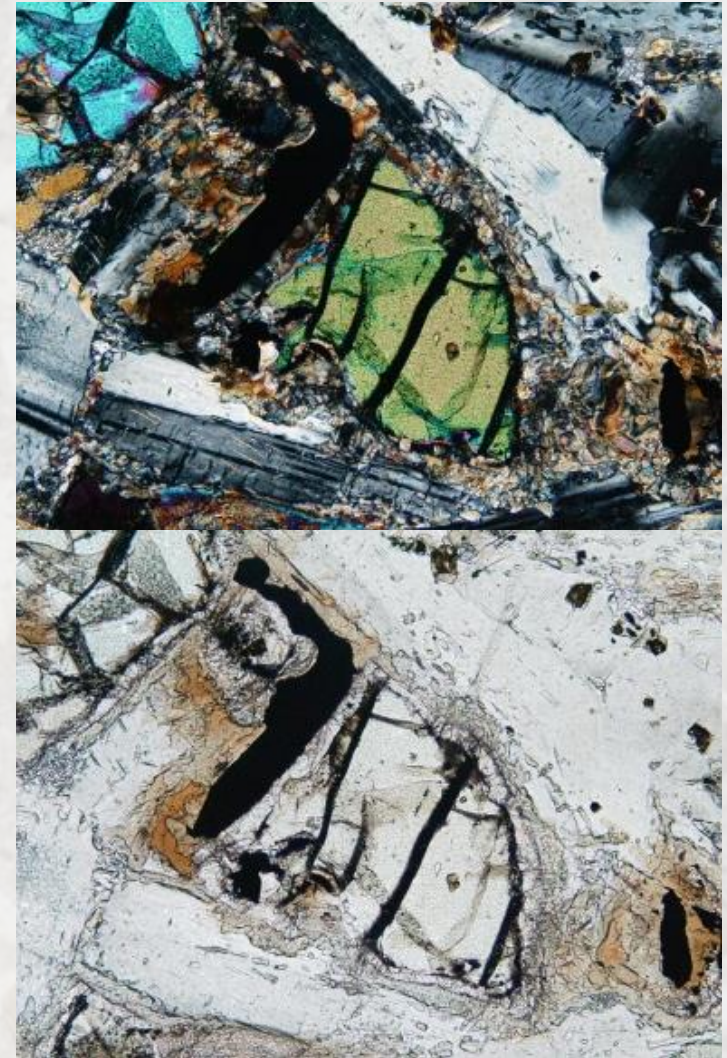
- Coronas en minerales anhidros
- Coronas en minerales hidratados
- Bordes de descomposición



Bordes de reacción – Coronas en minerales anhidros

Textura de sobrecrecimiento de un cristal por una o más fases diferentes a la original. Se infiere que ocurren por una reacción incompleta del mineral interior con el fundido para formar el mx externo.

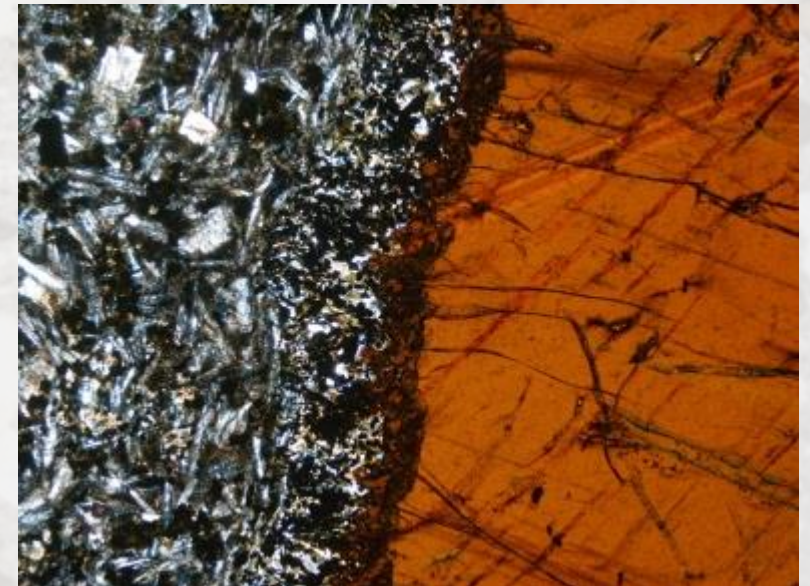
Al progresar la cristalización la cantidad de volátiles aumenta relativamente en el fundido y puede comenzar a cristalizar minerales hidratados



$Ol \rightarrow Opx \rightarrow Amp$

Bordes de reacción – Coronas en minerales hidratados

Indica situación de desequilibrio entre fundido y mineral ya que este ha dejado de ser estable con el fundido. Bordes reaccionan con el fundido para variar o cristalizar nuevos minerales. Anfíbol y biotita se hacen inestables al disminuir presión por ascenso magmático.



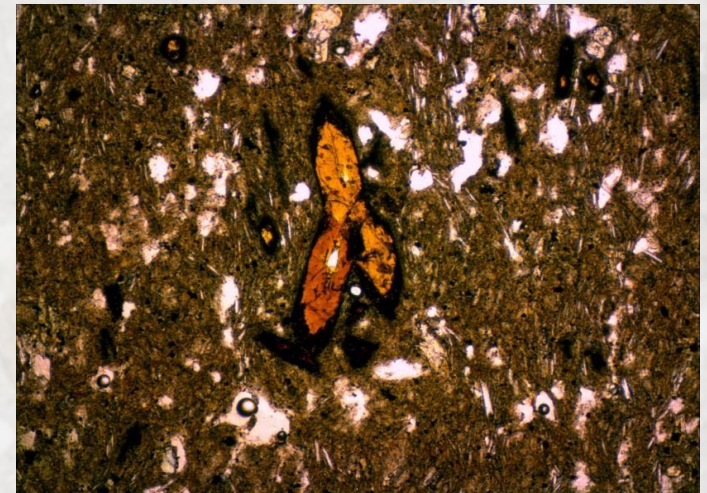
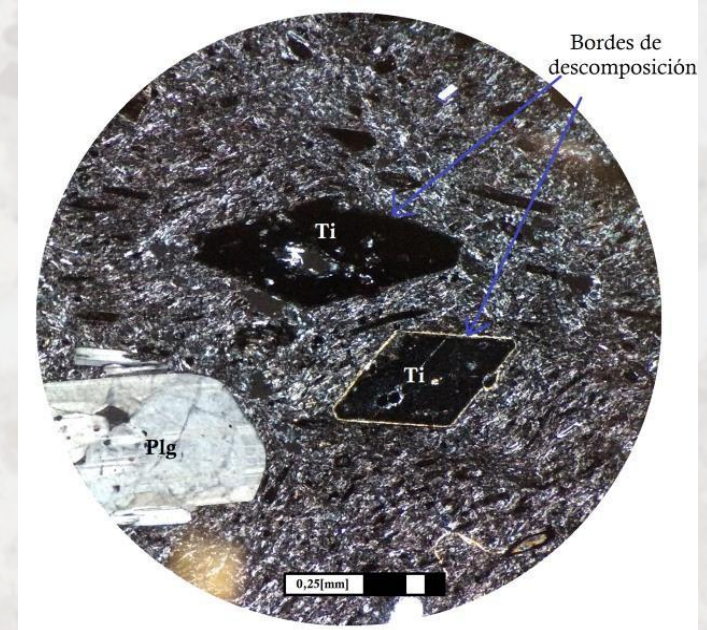
Mf - Amp

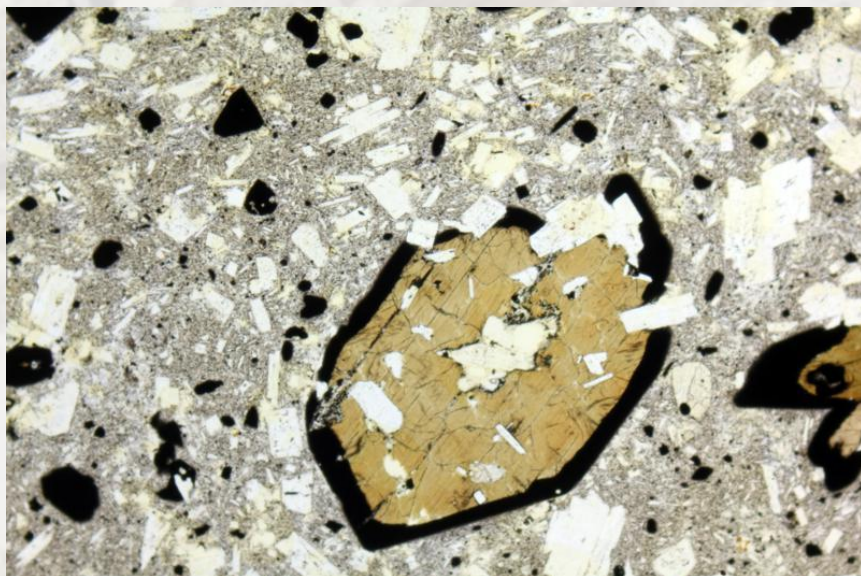
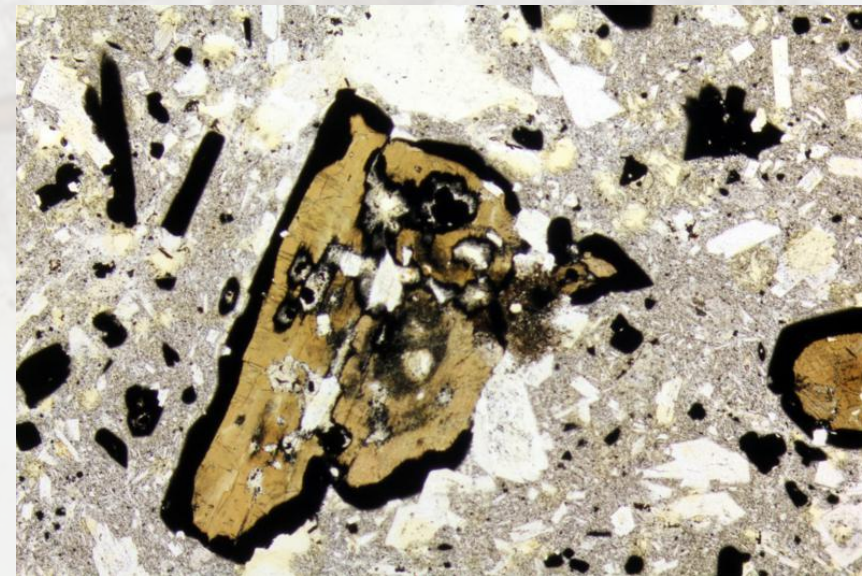
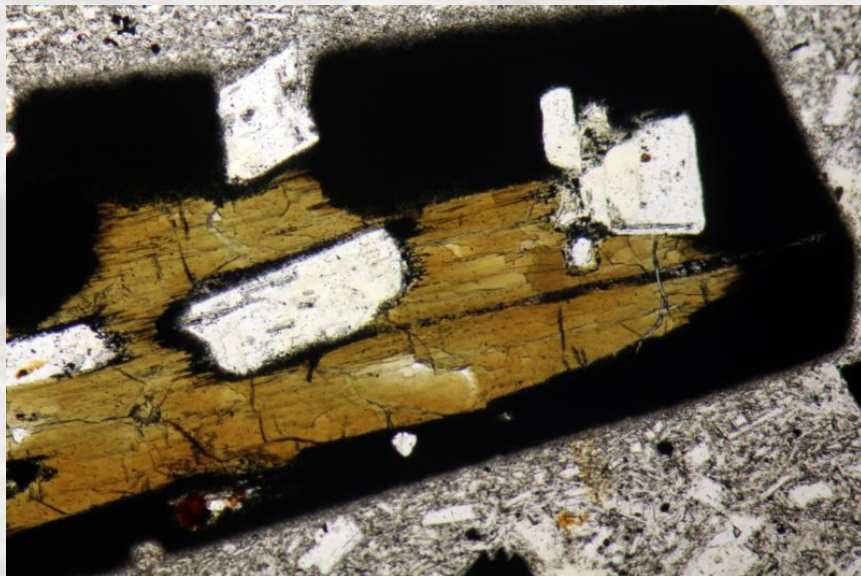
Bordes de reacción – Bordes Opacíticos

Ocurre en fases minerales hidratadas (e.g., anfíboles o biotita) donde producto de una disminución de la presión de agua en el magma, ocurre un reemplazo de la fase hidratada por minerales anhidros. En hornblendas el reemplazo más común es por clinopiroxeno, plagioclasa, magnetita e ilmenita (u óxidos en general).

Producto de un proceso de desvolatización.

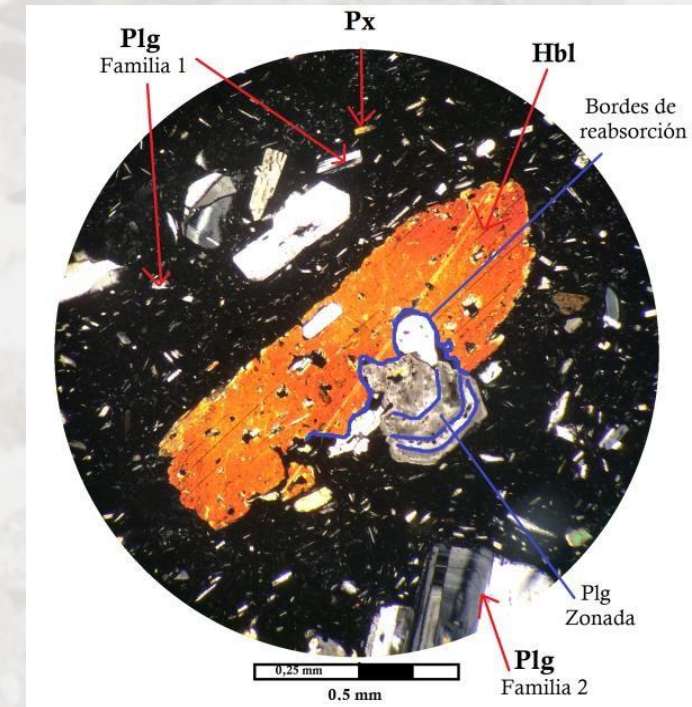
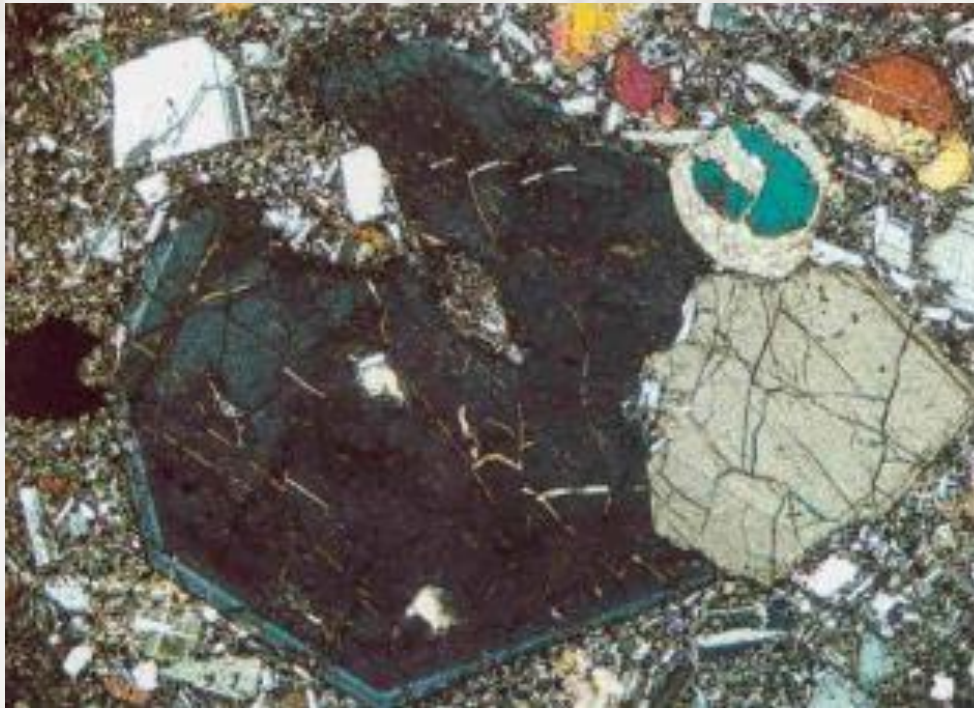
El reemplazo puede ser total y resulta en un cristal pseudomorfo.





Bordes de reabsorción

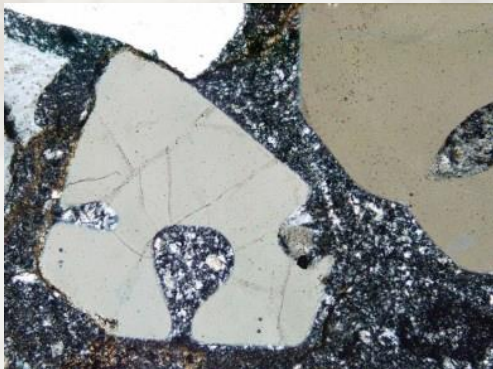
Ocurre en los bordes de un cx, genera concavidades profundas e irregulares. También ocurre producto de un desequilibrio termodinámico en el sistema.



Embahiamiento

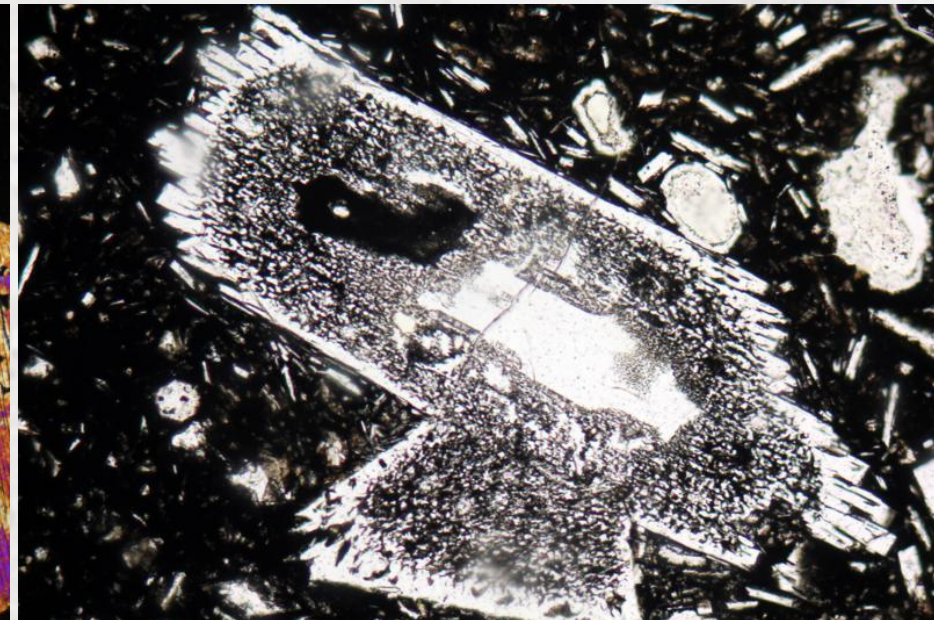
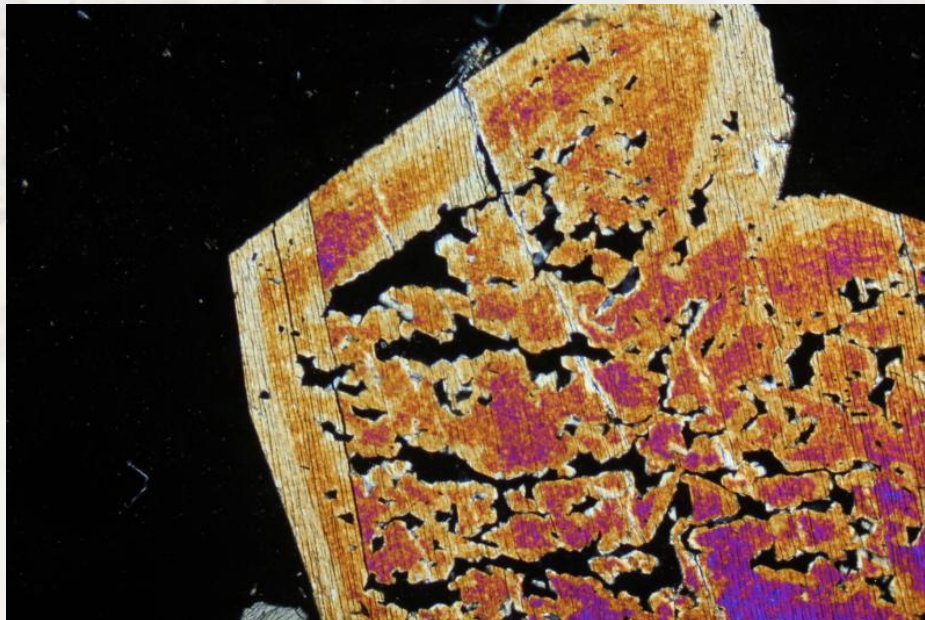
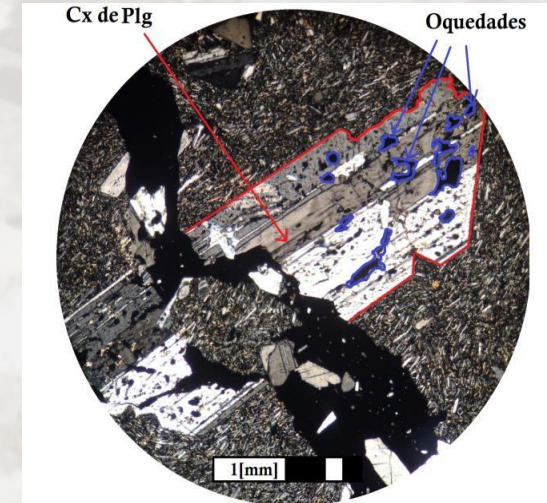
Tipo de textura de reabsorción (penetrativa) con morfología cóncava hacia el interior del cx. Ocurre por un desequilibrio termodinámico en el sistema que puede ser producto de descompresión del magma o mezcla de magmas, también se ha propuesto producto de un alto undercooling que genera una textura esquelética.

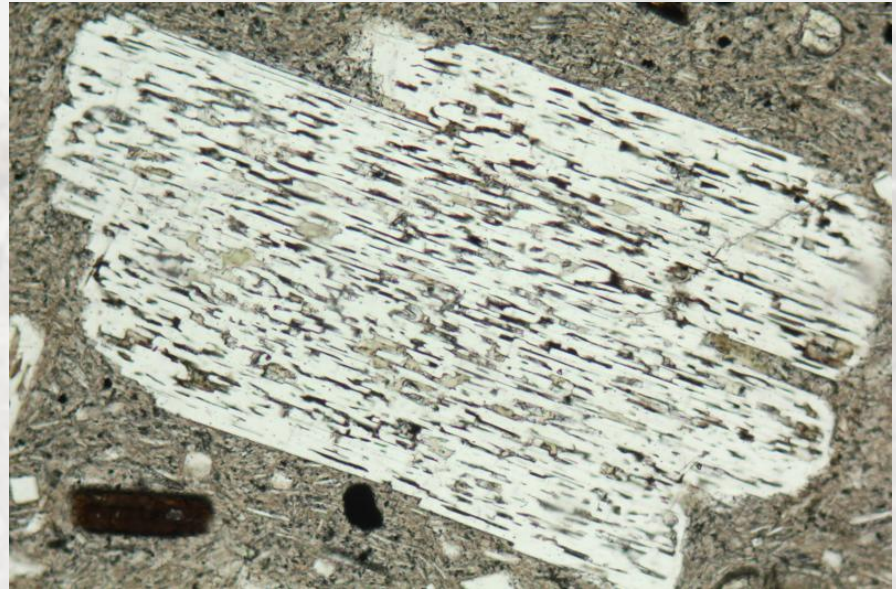
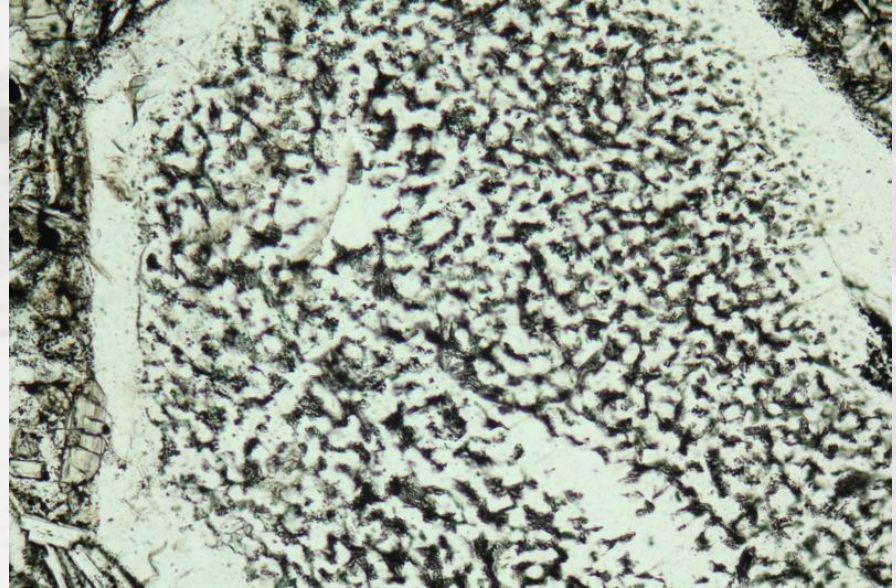
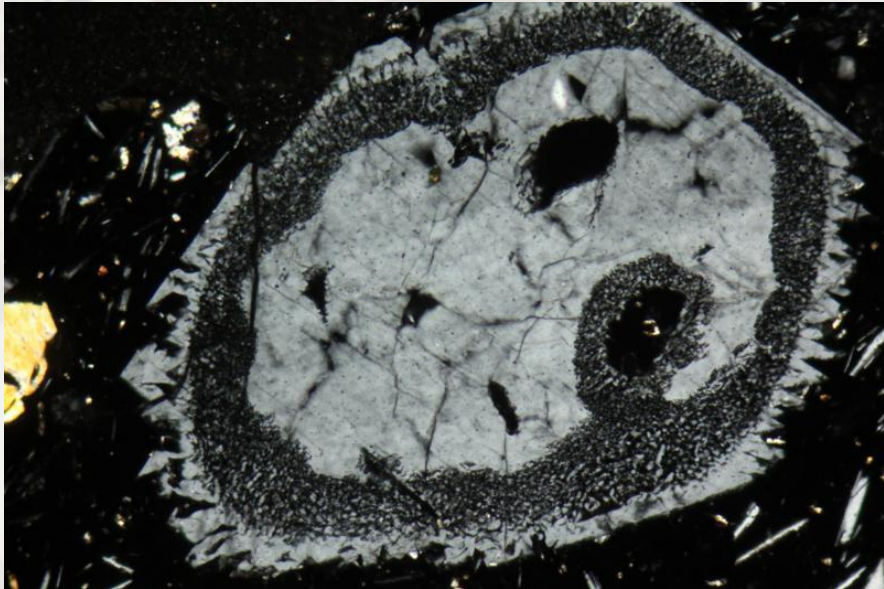
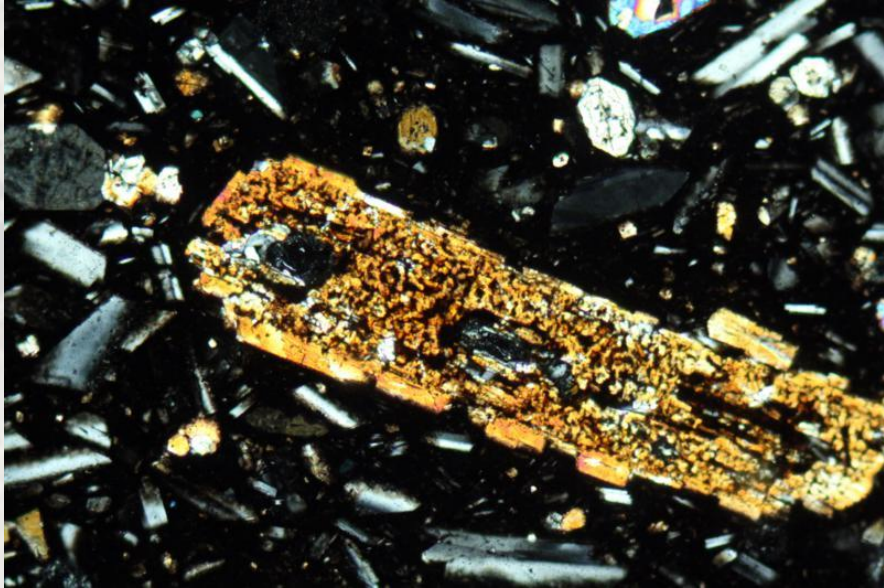
Indican reabsorciones por parte del melt para alcanzar el equilibrio. Este proceso es favorecido a alta T° .



Sieve o criba

Oquedades y/o inclusiones vítreas en el cristal que le entregan a este una textura de “tamiz” indica condiciones físicas cambiantes del magma. Suele interpretarse como resultado de procesos de mezcla termal, pero también es posible por descompresión y calentamiento del sistema magmático. Común en Plg y Px.

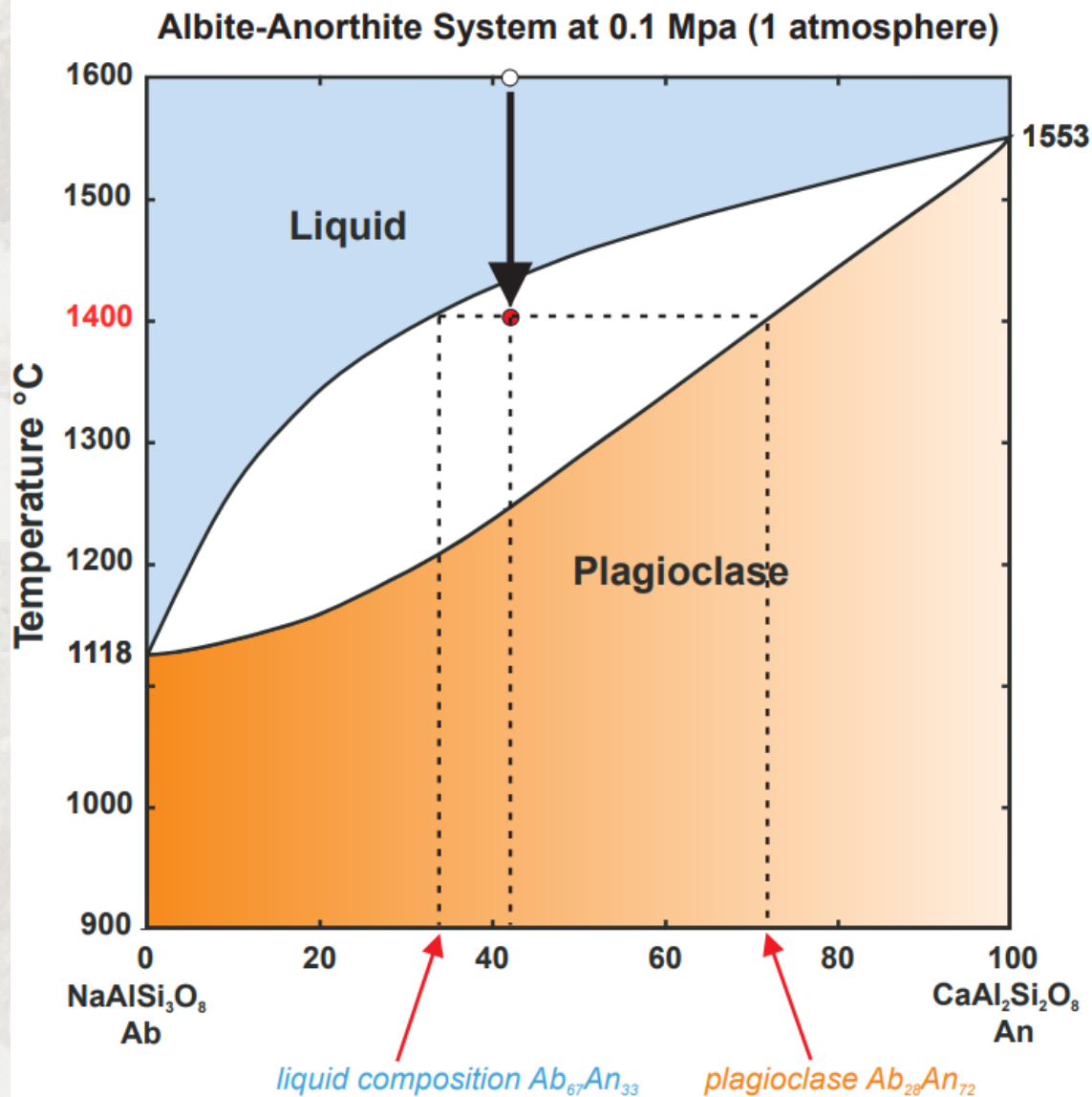




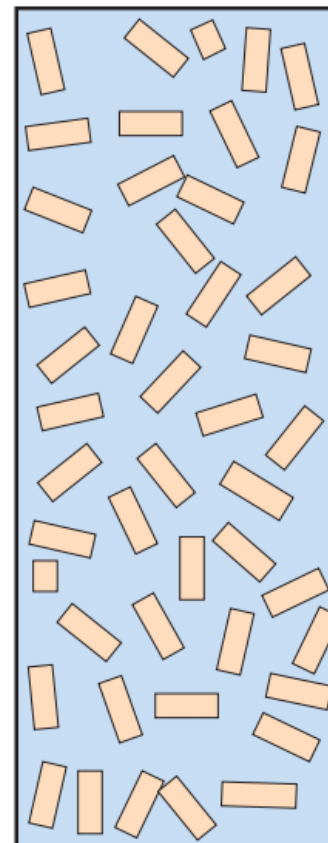
Zonación

- Termodinámicamente la Plg se va requilibrando a medida que baja la temperatura (diagramas izq.). No obstante cinéticamente, dado que el líquido silicatado posee una difusión térmica ($10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$) que es 8 órdenes de magnitud más rápida que su difusión química ($10^{-11}\text{cm}^2/\text{s}$), la Plg queda zonada y no homogenizada (diagrama der.). Adicionalmente la interdifusión acoplada de CaAl-NaSi entre es demasiado lenta ($\sim 10^{-17}\text{cm}^2/\text{s}$ a 1200°C) para que la Plg se requilibre internamente.

Lectura recomendada Grove et al. (1984), Coupled CaAl-NaSi diffusion in plagioclase feldspar: Experiments and applications to cooling rate speedometry



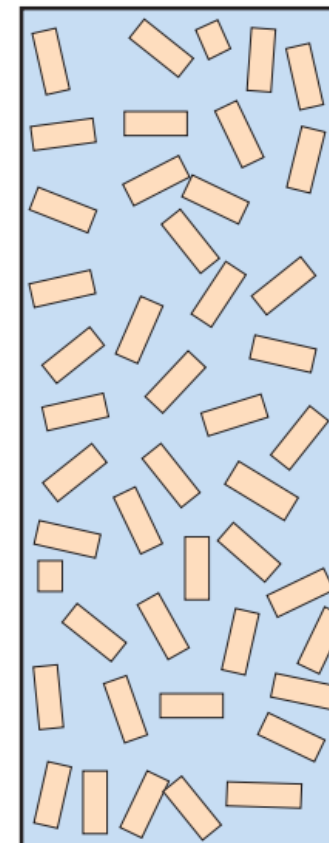
Modelo Termodinámico



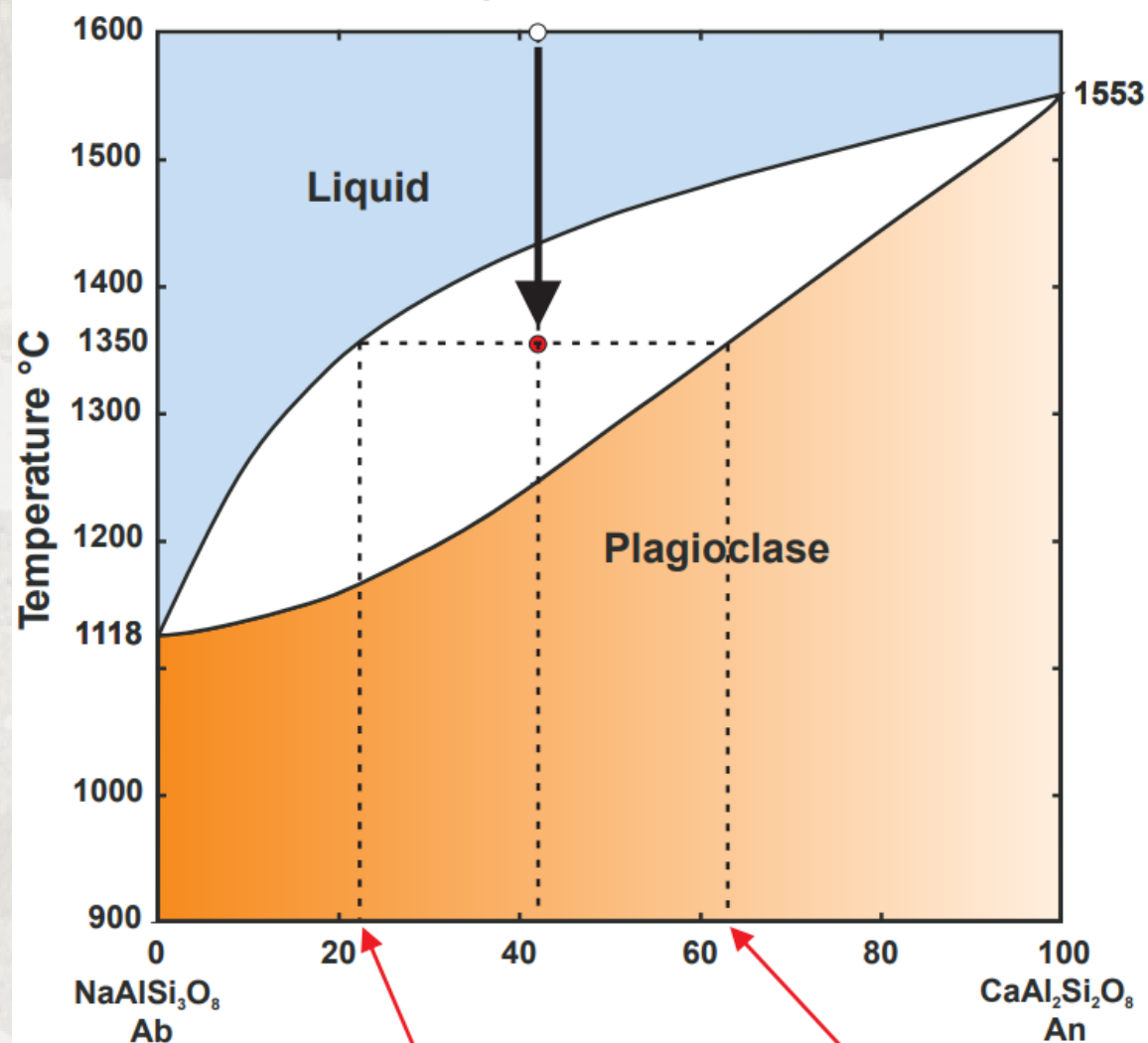
23 % plagioclase

77% liquid

Modelo Cinético

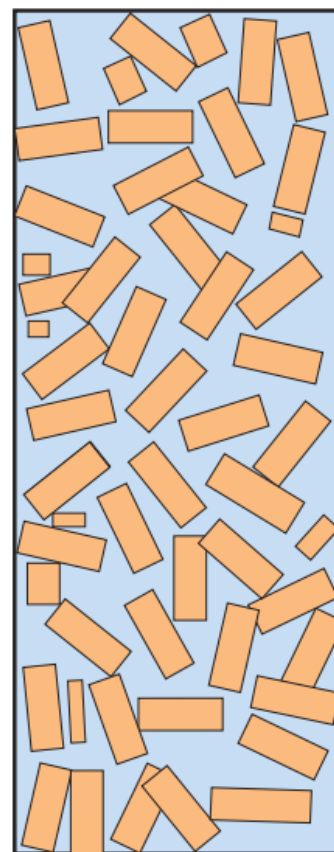


Albite-Anorthite System at 0.1 Mpa (1 atmosphere)



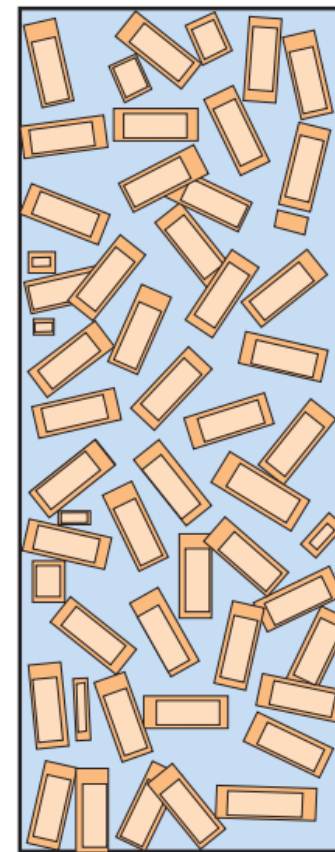
liquid composition $Ab_{78}An_{22}$

plagioclase $Ab_{37}An_{63}$

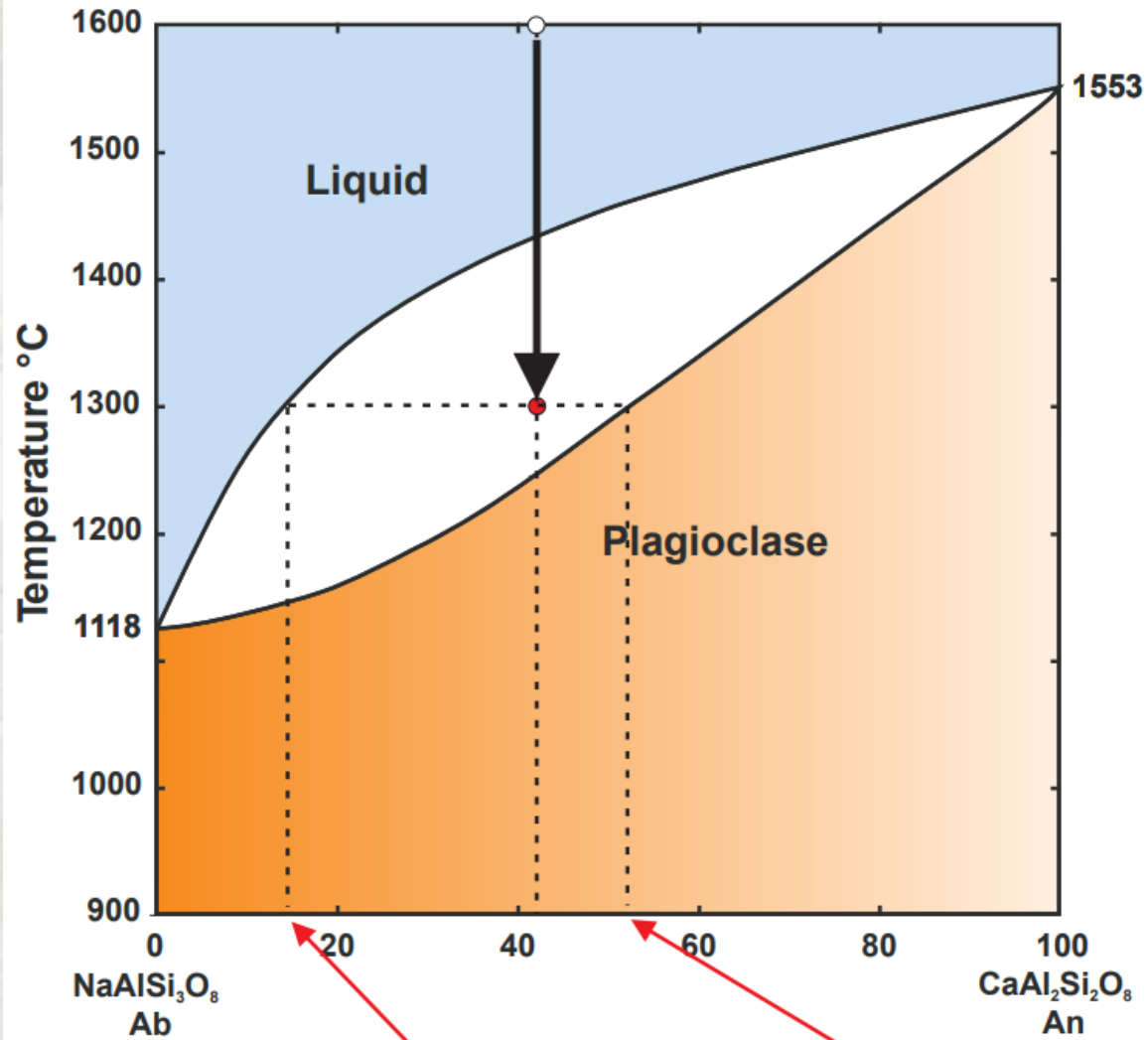


49 % plagioclase

51% liquid

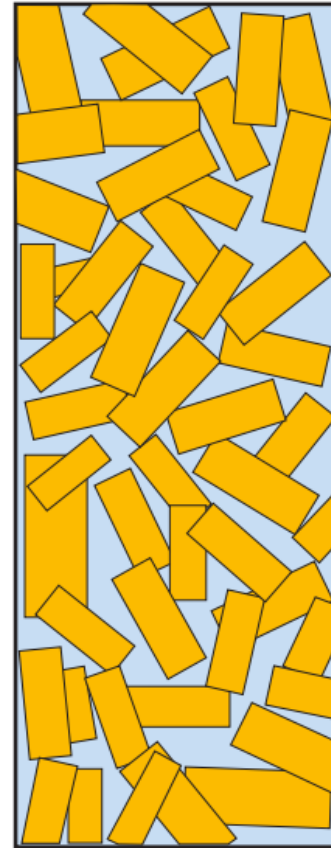


Albite-Anorthite System at 0.1 Mpa (1 atmosphere)



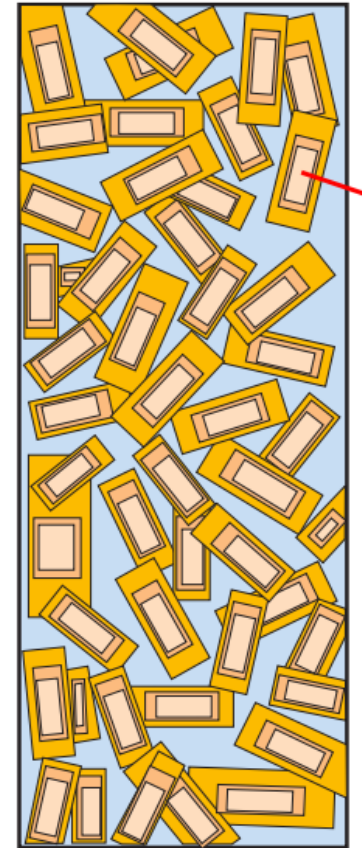
liquid composition Ab₈₆An₁₄

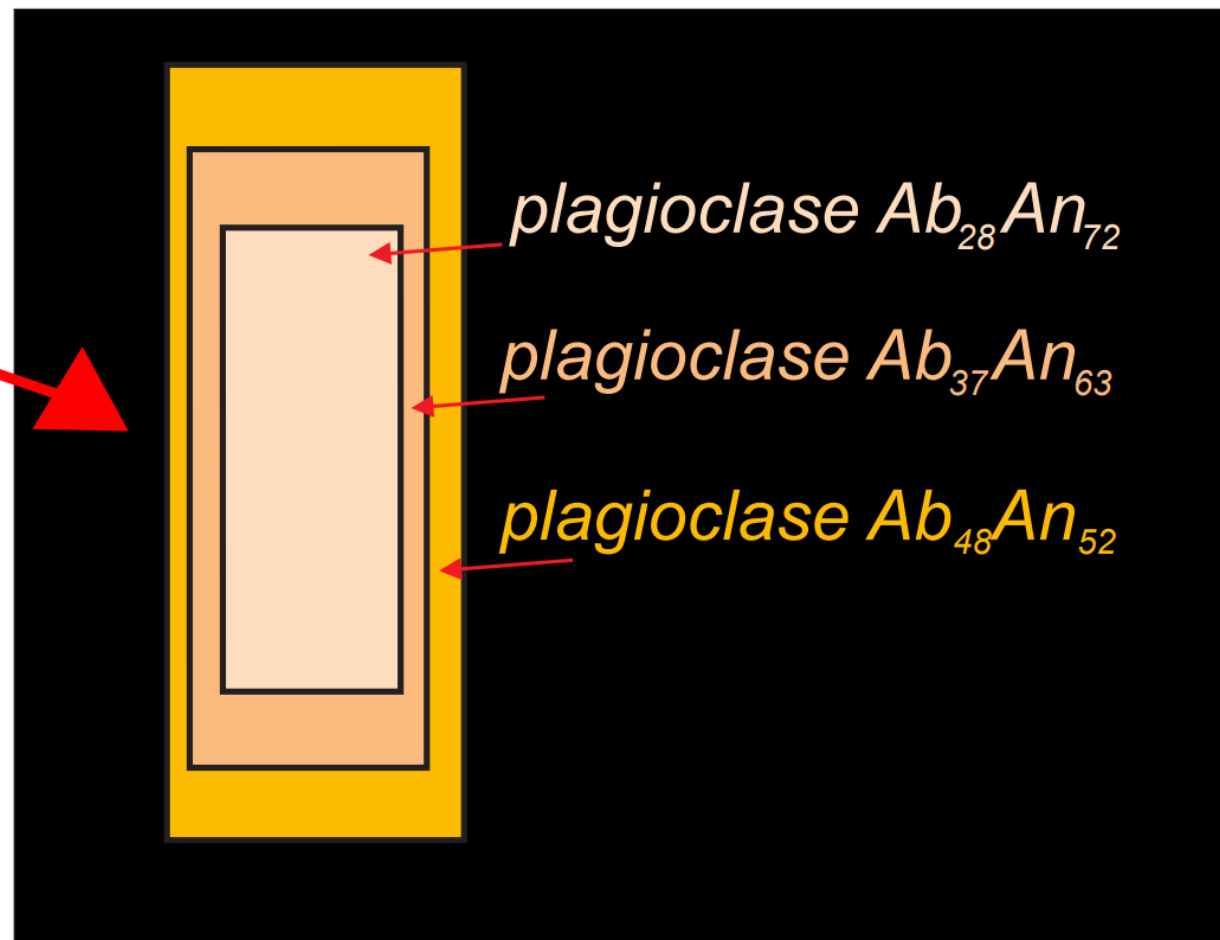
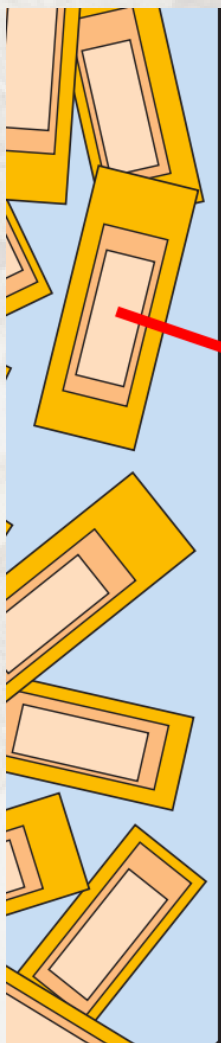
plagioclase Ab₄₈An₅₂



74 % plagioclase

26% liquid

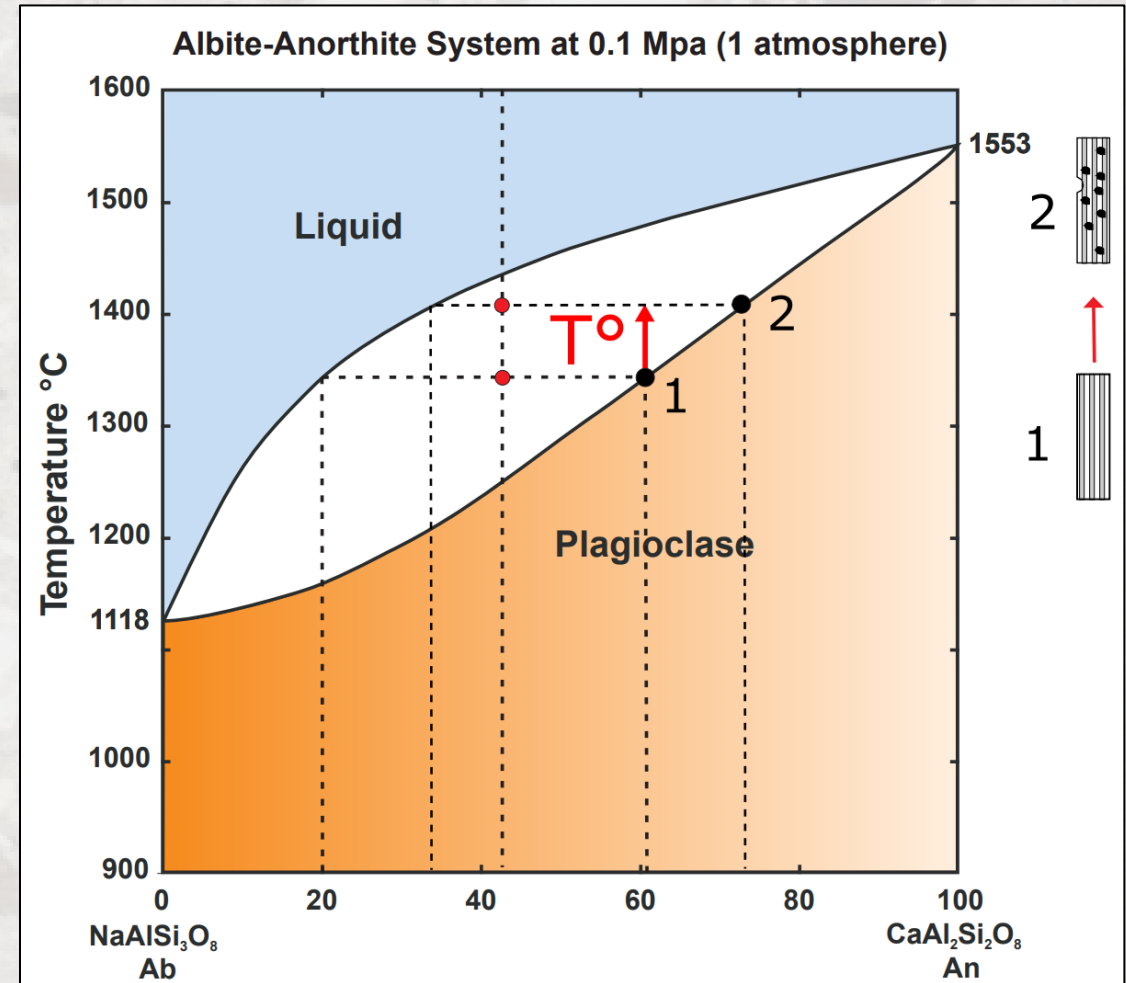




Sieves, parches y bordes de reabsorción

- **Caso 1: Aumento de T°**

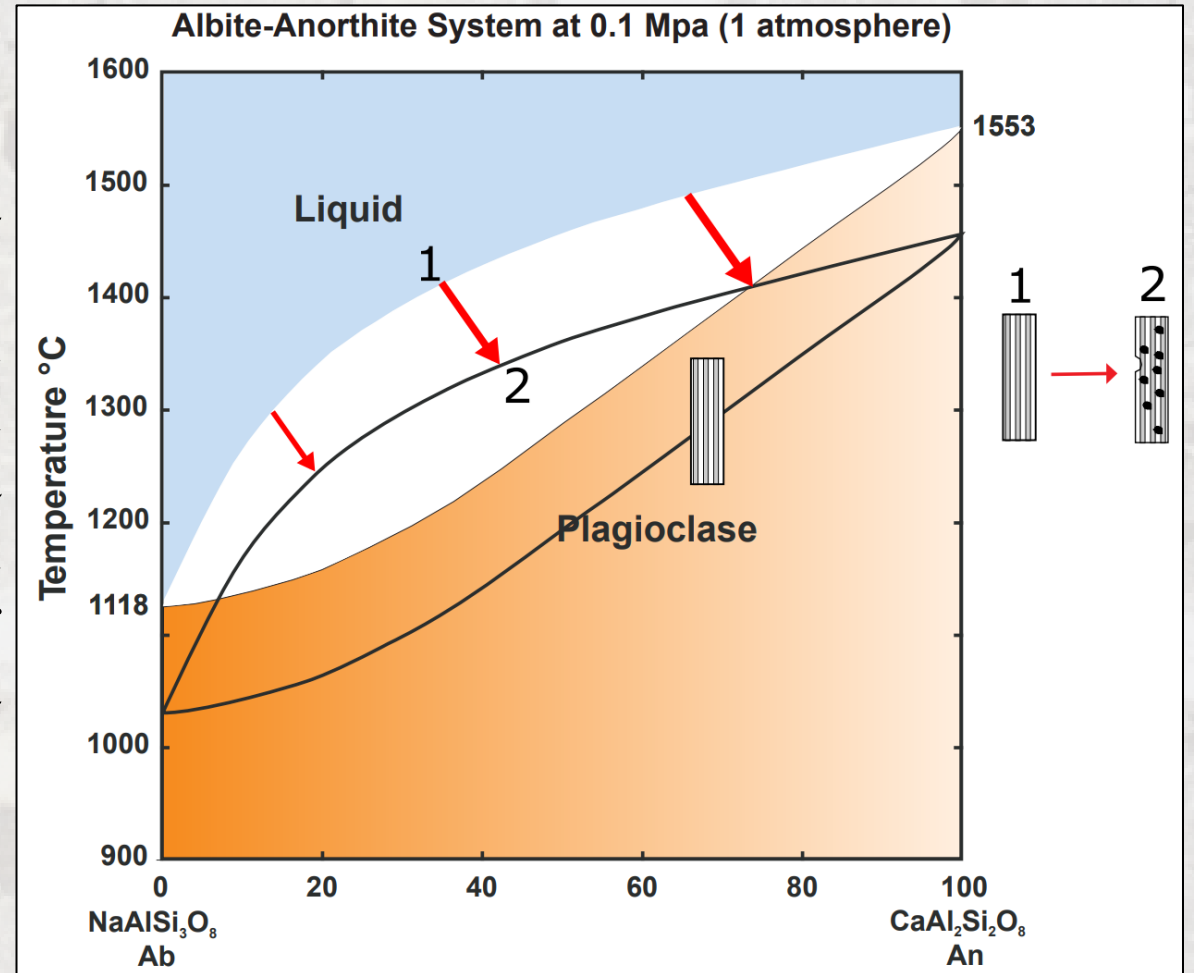
Considerando una Plg inicial An_{60} en el punto 1 ($T=1350^\circ\text{C}$), consideremos un aumento de T hasta el punto 2 ($T=1400^\circ\text{C}$). A dicha condiciones de T será estable una An_{75} , por lo cual la Plg reaccionará con el melt con el objetivo de equilibrarse. Lo anterior se manifiesta por medio de la reabsorción de la Plg.



Sieves, parches y bordes de reabsorción

- **Caso 2: Adición de volátiles**

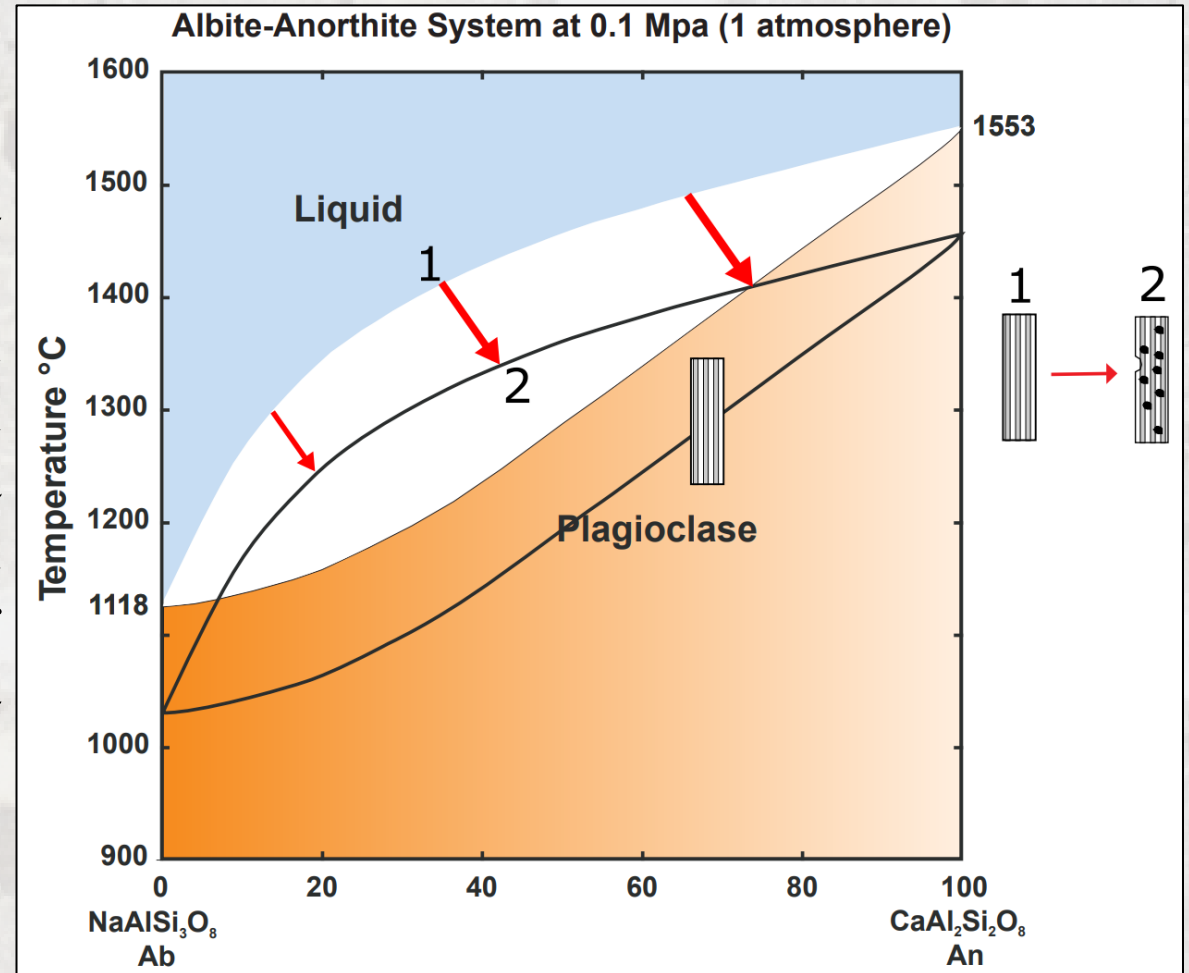
La adición de volátiles a un sistema termodinámico baja los puntos de fusión. Por tanto, las curvas del liquidus y solidus bajarán en el diagrama Ab-An. Como respuesta, una Plg que originalmente estaba en el campo bajo el solidus pasa a estar por arriba de esta curva, generando una reabsorción del cristal



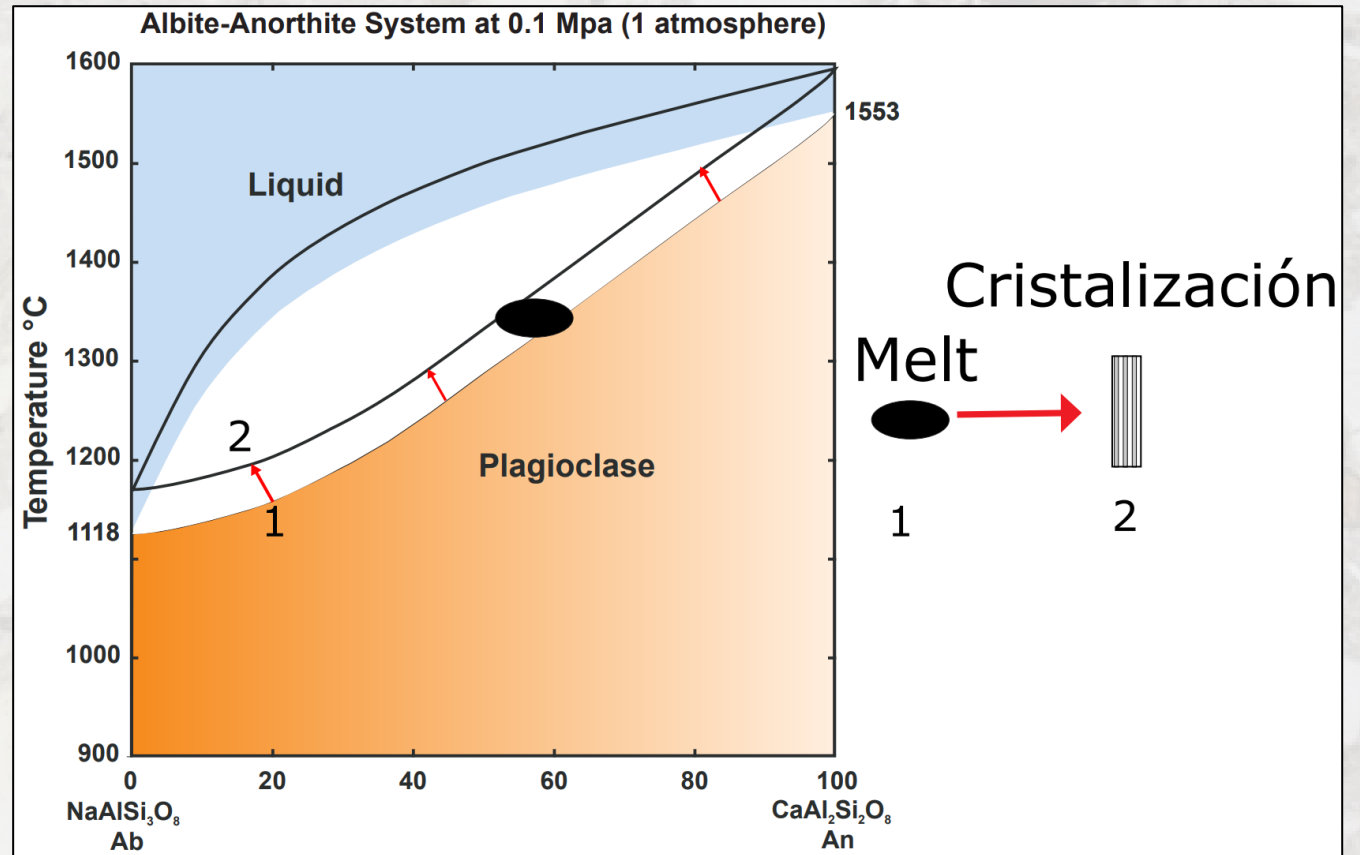
Sieves, parches y bordes de reabsorción

- **Caso 2: Adición de volátiles**

La adición de volátiles a un sistema termodinámico baja los puntos de fusión. Por tanto, las curvas del liquidus y solidus bajarán en el diagrama Ab-An. Como respuesta, una Plg que originalmente estaba en el campo bajo el solidus pasa a estar por arriba de esta curva, generando una reabsorción del cristal



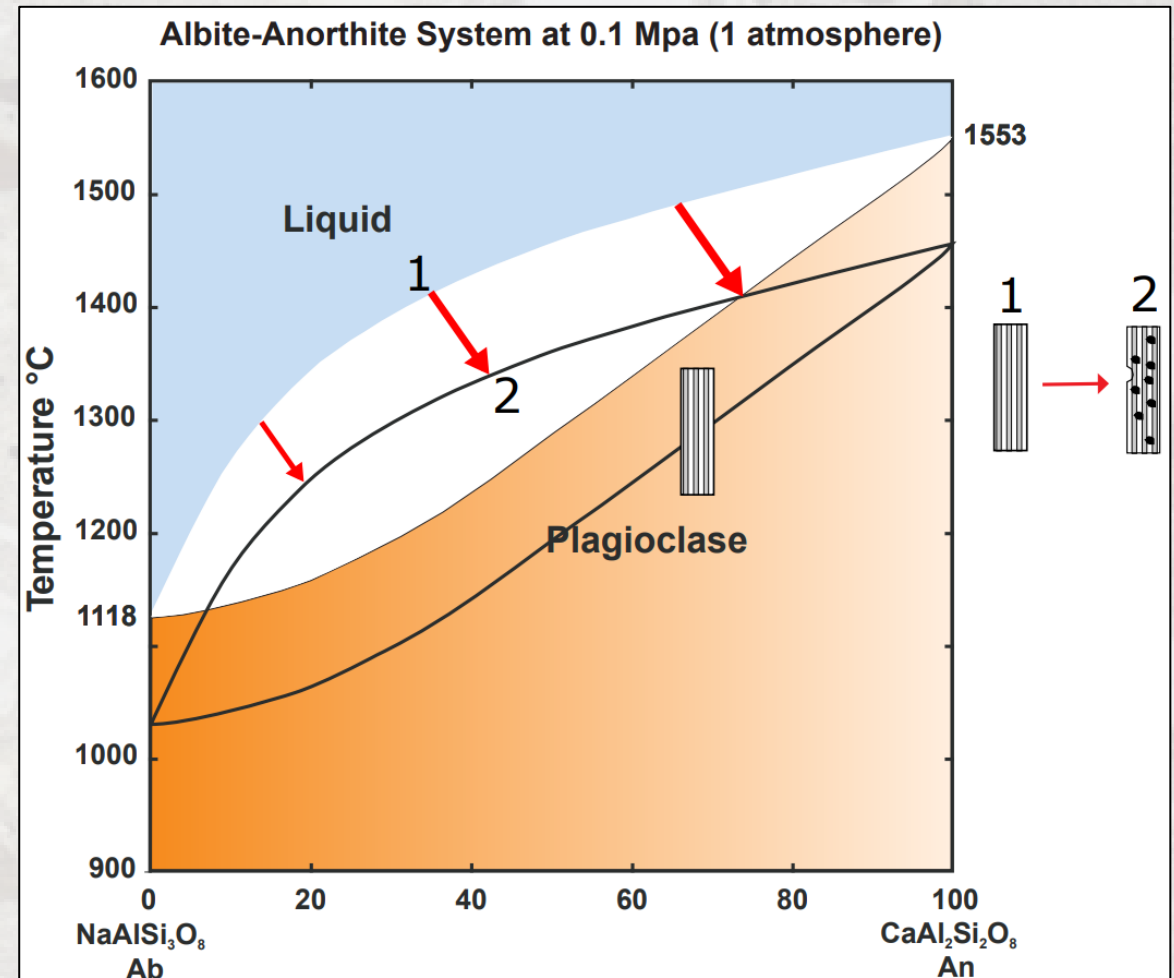
- Ojo!! Caso contrario a la adición de volátiles. Por tanto al liberarse los volátiles de un sistema aumentará la T de fusión, haciendo que las curvas del liquidus y solidus suban en el diagrama Ab-An. Como respuesta, zonas que anteriormente se encontraban fundidas pasan a estar por debajo de la curva del solidus, lo cual produce una cristalización del sistema. Por lo tanto, una adición de volátiles no me generaría las texturas de desequilibrio.



Sieves, patches and reabsorption borders

- **Caso 3: Descompresión en sistema anhidro**

La descompresión de un sistema favorece su fusión, es decir que las curvas del liquidus y solidus bajan. Como resultado, la Plg sufrirá de reabsorción.





fcfm

Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Rocas extrusivas intermedias: Andesitas

Petrología Ígnea y Metamórfica GL5103-1, Primavera 2022

Profesor: Diego Morata

Auxiliar: Luis Naranjo

Ayudante: Javiera Terán