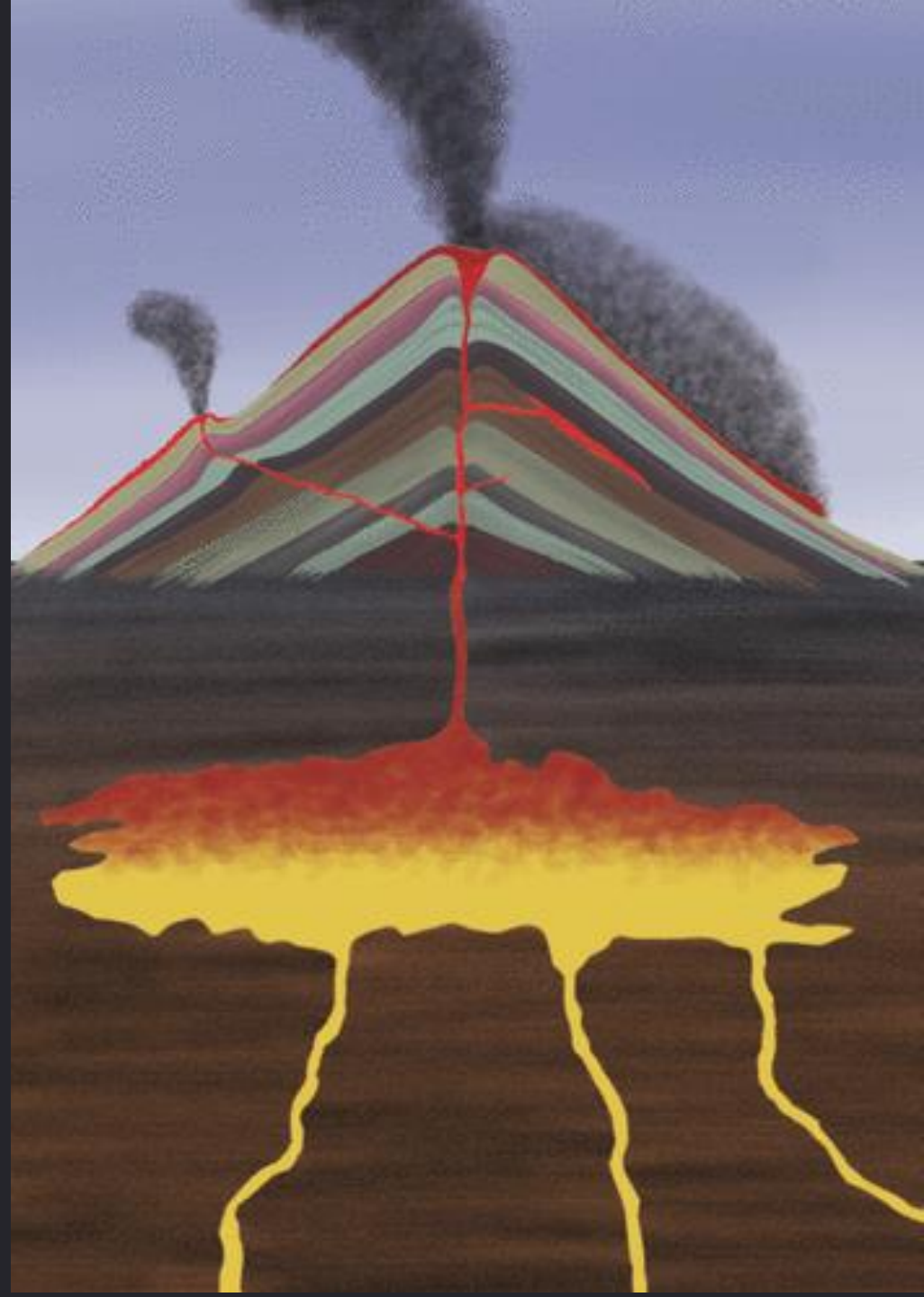
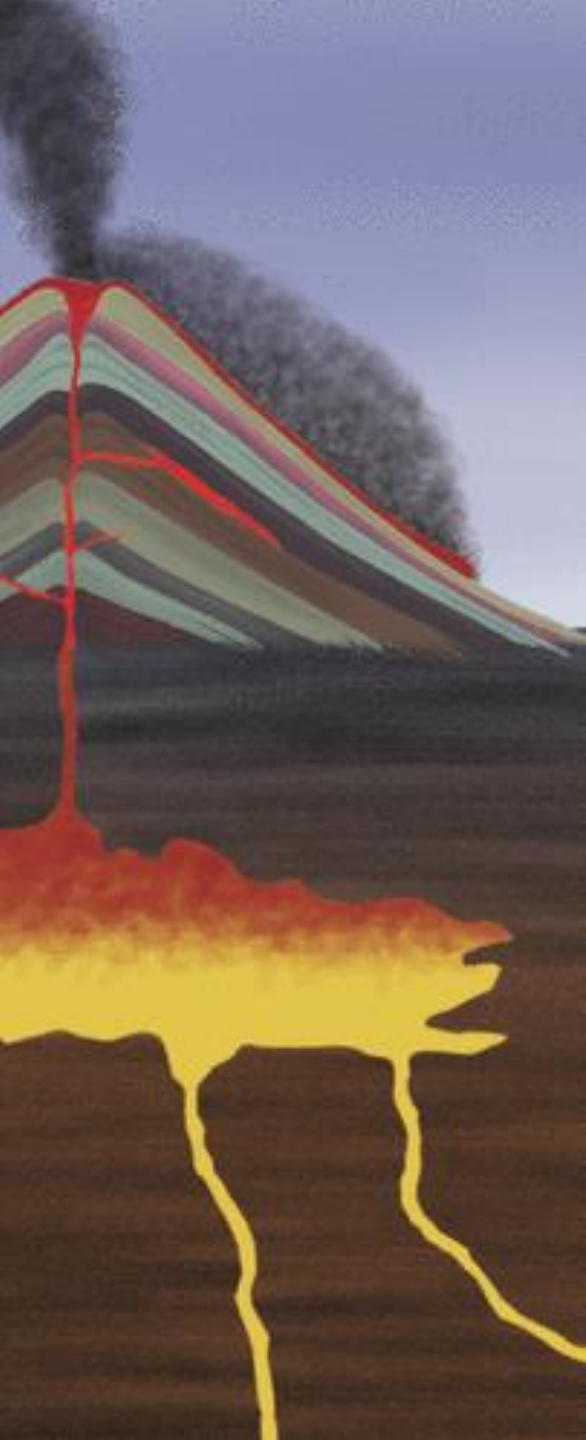


# Petrología Ígnea y metamórfica

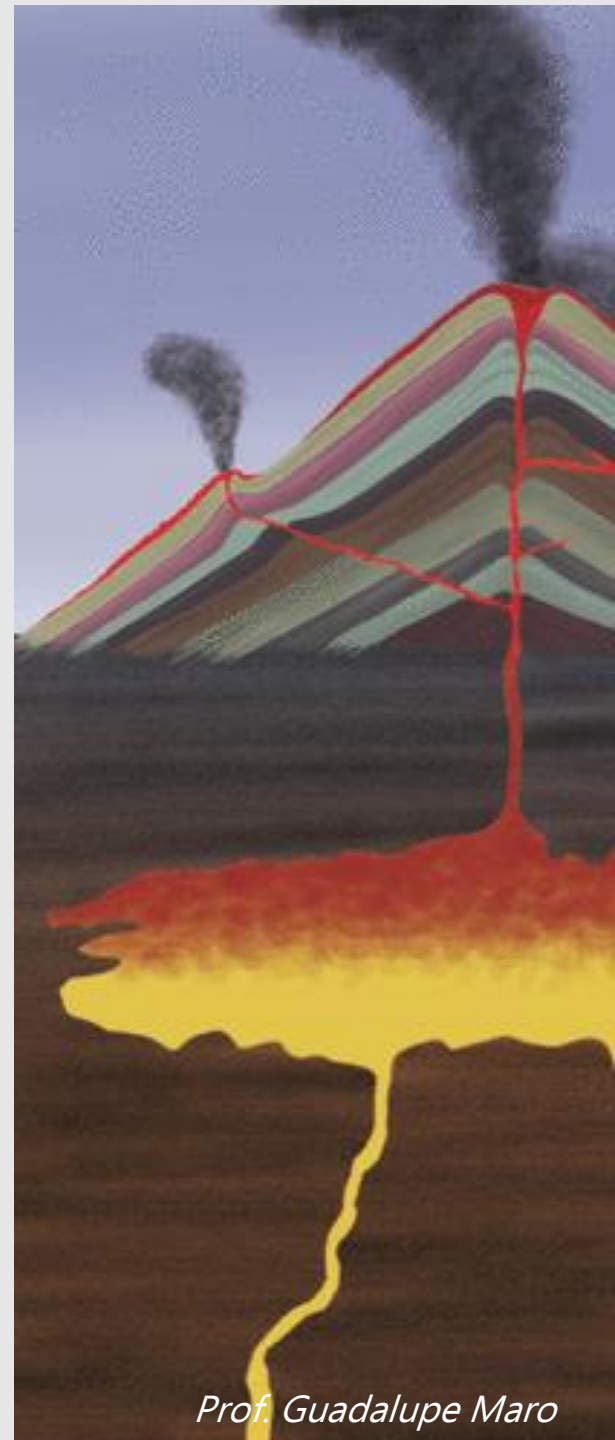
2024





# TEMAS

- Diferenciación magmática







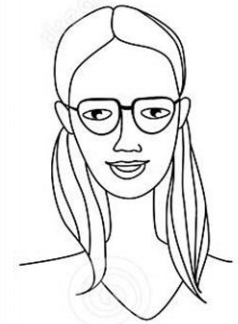
- I. ¿Por qué hay rocas ígneas de diferente composición?
- II. ¿Qué procesos generan variaciones en la composición de los magmas primarios?
- III. ¿Qué es un magma primitivo? ¿Qué es un magma parental? ¿Qué es un magma evolucionado?
- IV. ¿Qué procesos producen variaciones en la composición de los magmas luego de su formación?
- V. ¿Qué herramientas tenemos para inferir la acción de los distintos procesos de diferenciación magmática?

# ¿Cómo se forman diferentes magmas ígneos?

¿Diferentes magmas primarios?

¿Cambios en el magma durante su ascenso?

¿Combinación de escenarios?





## Tipos de MAGMAS PRIMARIOS

- Basaltos toleíticos, toleíticos con cuarzo, toleíticos con olivino
  - Basaltos alcalinos
- Basalto de alta alúmina
  - Picritas
  - Komatitas



## ¿Cómo reconocemos a un magma basáltico primario?

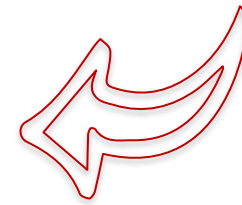
- Alto % de MgO (>8 %)
- Alto número de Mg ( $Mg\# = Mg / (Mg + Fe) > 68$ )
- Presencia de xenolitos del manto (dunitas u otras peridotitas)
- Fenocristales de olivino  $Fo_{>90}$
- Alto Cr (>1000 ppm) y alto Ni (>400-500 ppm)
- Saturados en las fases minerales en equilibrio para la T y P de la fusión

¡Varios de esos índices deben cumplirse!



¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?  
Diferentes magmas basálticos...

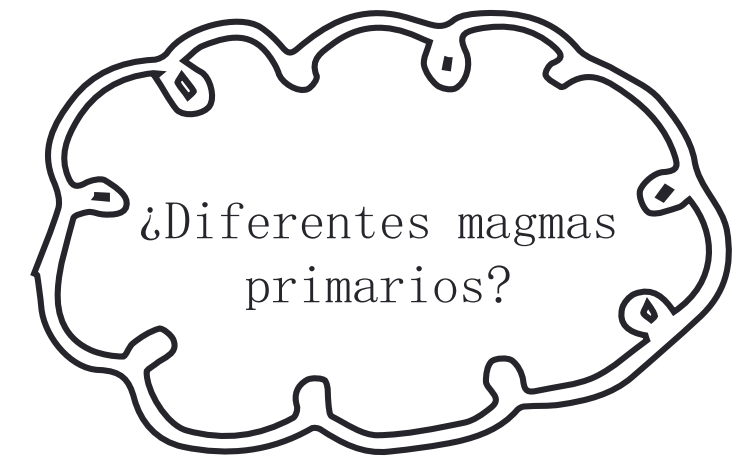
- a) Heterogeneidad del manto (roca fuente)
- b) Cantidad y tipo de fluidos
- c) Fusión parcial a diferentes presiones
- d) Diferentes grados de fusión



¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

Diferentes magmas basálticos...

a) Heterogeneidad del manto (roca fuente)



Composición de la roca fuente: la **fertilidad** mide la **capacidad de generar magmas** del manto y el **enriquecimiento** mide la **cantidad de componentes potencialmente disponibles** en el manto para poder generar un magma. Asociado a la composición de elementos mayores, traza e isótopos.

Así, clasificamos al manto como:

\* **MANTO FÉRTIL Y ENRIQUECIDO**

Altos contenidos de Al, Ca, Ti, Na, K, menor Mg#, altos elementos traza incompatibles.

- Manto lherzolítico.

\* **MANTO FÉRTIL Y EMPOBRECIDO**

Menores contenidos de Al, Ca, Ti, Na, K, mayor Mg#, bajo contenido de elementos traza incompatibles.

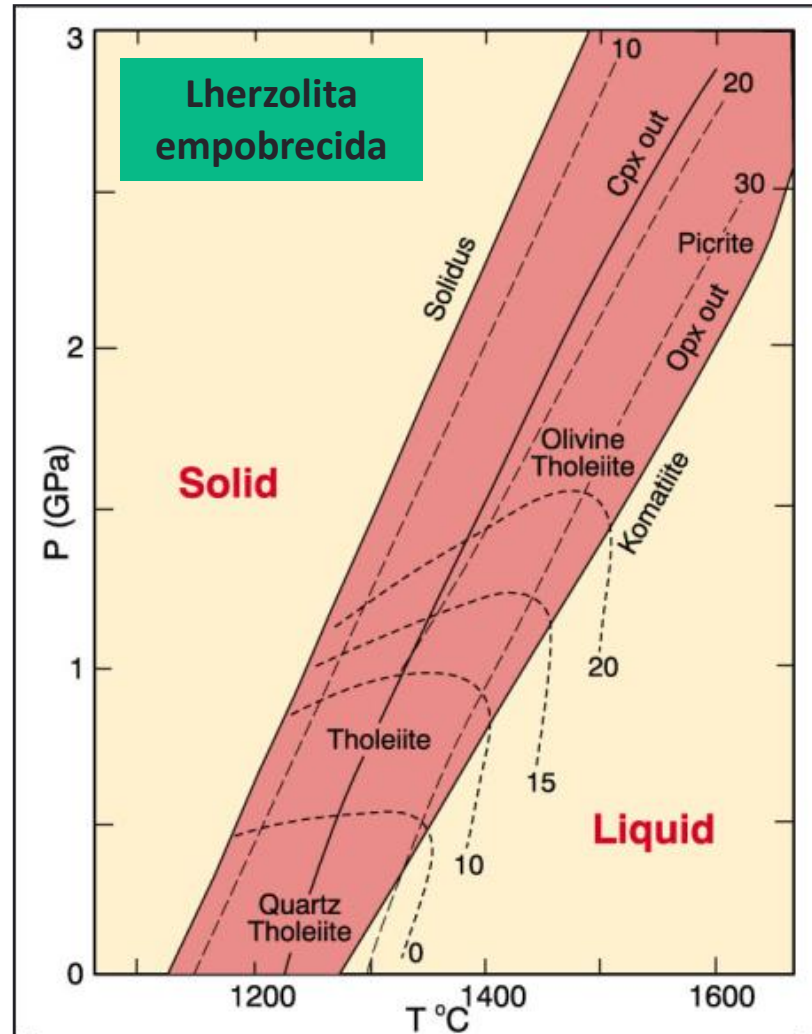
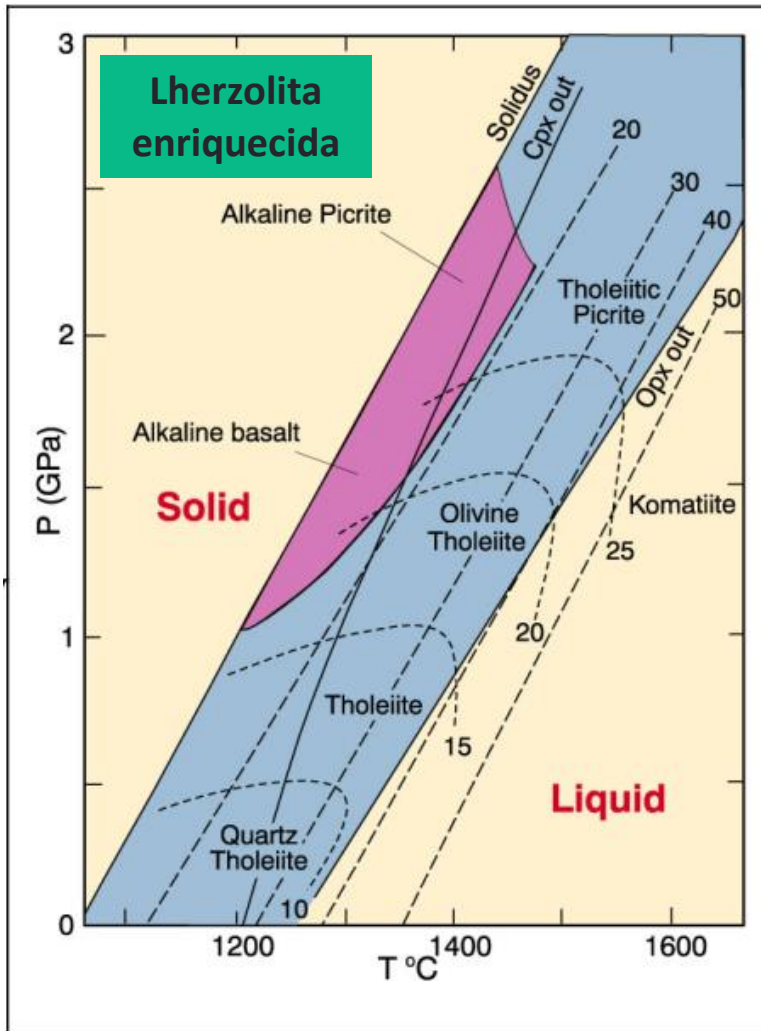
- Manto lherzolítico más somero (dorsales p.ej.)

\* **MANTO INFÉRTIL**

Ya no tiene capacidad de producir magmas

- Dunitas, harzburgitas.

Un manto fértil/enriquecido se va empobreciendo progresivamente con la extracción de magmas basálticos.



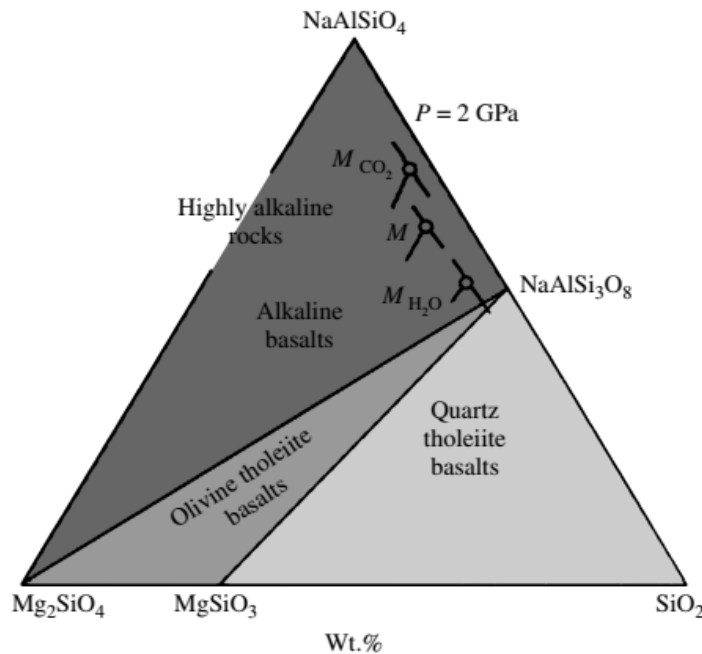
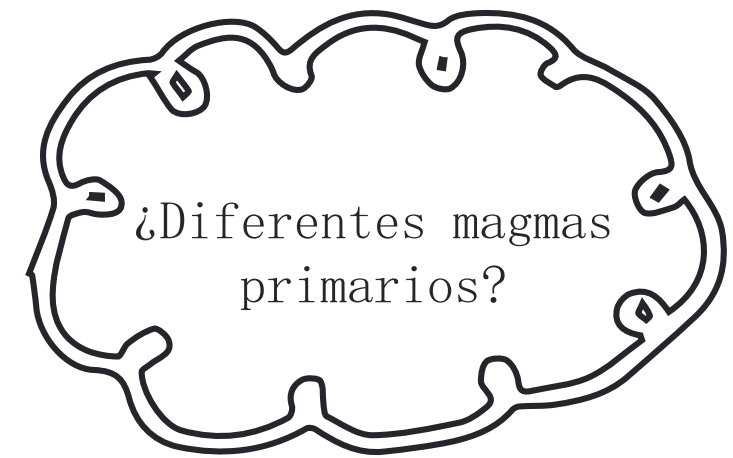
### Experimentos de fusión parcial

- No se forman magmas basálticos alcalinos a partir de la fusión parcial de un manto empobrecido bajo ninguna condición.
- El tipo de manto regula las condiciones (T, P, %fusión) a las que se generan determinadas composiciones de magmas primarios.



¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?  
Diferentes magmas basálticos...

b) Cantidad y tipo de fluidos



Cambios en la concentración de volátiles en la fusión resulta en un desplazamiento de la composición del punto eutéctico.

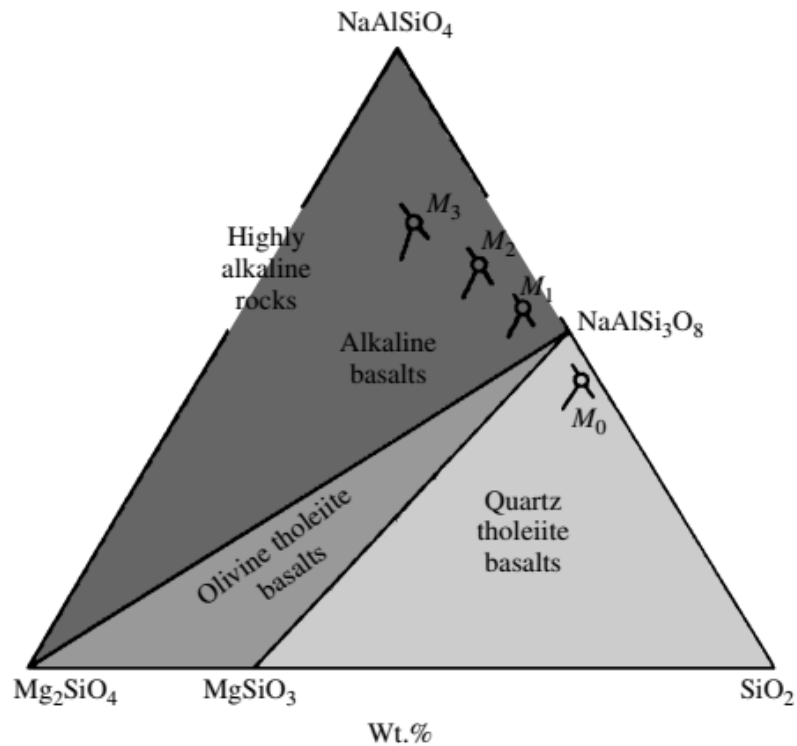
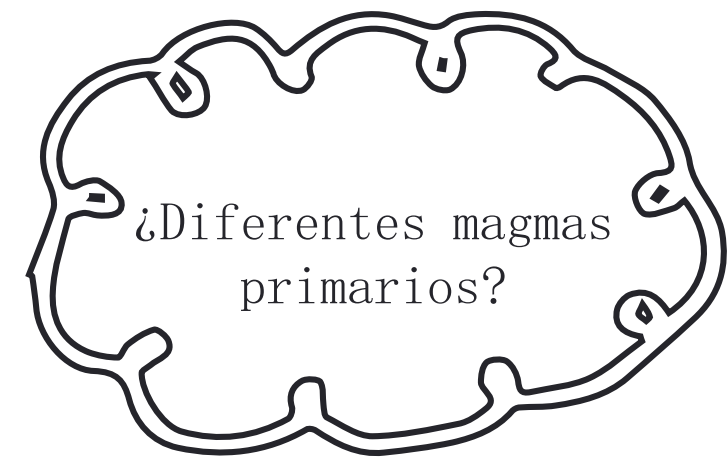
- ❖ El aumento de  $\text{CO}_2$  disminuye la saturación en sílice y aumenta las concentraciones de álcalis en los primeros fundidos ( $M \text{CO}_2$ )
- ❖ El aumento del  $\text{H}_2\text{O}$  tiene el efecto opuesto, generando concentraciones más altas de sílice y más bajas en álcalis ( $M \text{H}_2\text{O}$ ).

11.12 Shift of beginning-of-melting invariant points at 3 GPa under indicated volatile-saturated conditions.  $M$  is the volatile-free dry system. (Redrawn from Egglar and Holloway, 1977.)

# ¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

## Diferentes magmas basálticos...

### c) Fusión parcial a diferentes presiones



11.11 Shift of beginning-of-melting invariant points  $M_0$ ,  $M_1$ ,  $M_2$ , and  $M_3$  at 1 atm, 1, 2, and 3 GPa, under volatile-free conditions. Basaltic melts modeled by this ternary system are indicated. (Redrawn from Kushiro, 1968.)

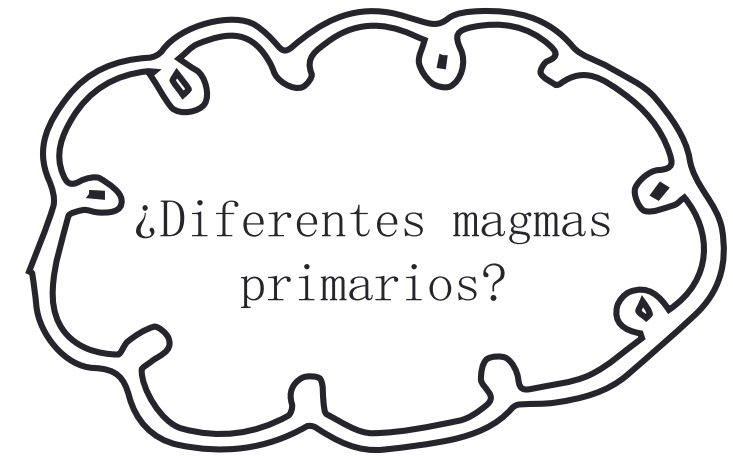
Cambios en la presión donde ocurre la fusión resulta en un desplazamiento de la composición del punto eutéctico,

- ❖ El aumento de la P desplaza la composición del fundido de saturadas en sílice, a subsaturadas en sílice (magma basáltico alcalino), a muy subsaturadas en sílice (magmas basálticos altamente alcalinos).
- ❖ Los fundidos parciales tienen progresivamente más olivino disuelto a mayor P.
- ❖ Fundidos desarrollados a partir de la fusión parcial de la peridotita del manto a P de aproximadamente 3 GPa ( $M_3$ , aproximadamente 100 km de profundidad) tienen un contenido de 15 % de MgO y son magmas picríticos y komatíticos.

¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

Diferentes magmas basálticos...

d) Diferentes grados de fusión



Comportamiento de los elementos con la fusión parcial (y con la cristalización!)

Los elementos traza (<1000 ppm) son importantes indicadores petrogenéticos porque su comportamiento es muy sensible a variaciones en las condiciones de generación y evolución de los magmas.

- ❖ Elementos compatibles: son fácilmente incluidos y permanecen en las fases cristalinas ( $D > 1$ ).
- ❖ Elementos incompatibles: prefieren las condiciones del fundido donde la estructura atómica es más desordenada y son más excluidos de las fases cristalinas ( $D < 1$ ).

Coeficiente de partición (D): 
$$\frac{\text{concentración en el mineral (Cs)}}{\text{concentración en el líquido (CL)}}$$

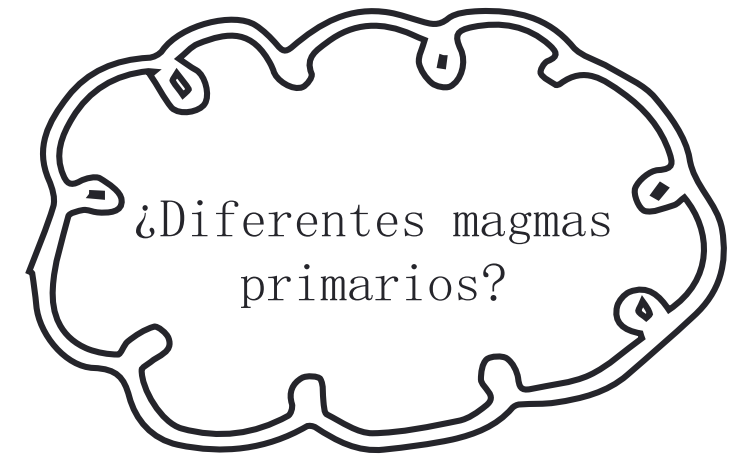
La compatibilidad/incompatibilidad de cada elemento depende de varios factores: del mineral en el magma/fuente, composición del fundido, temperatura, estado de oxidación del magma, etc.



¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

Diferentes magmas basálticos...

d) Diferentes grados de fusión



❖ Elementos traza en el manto:

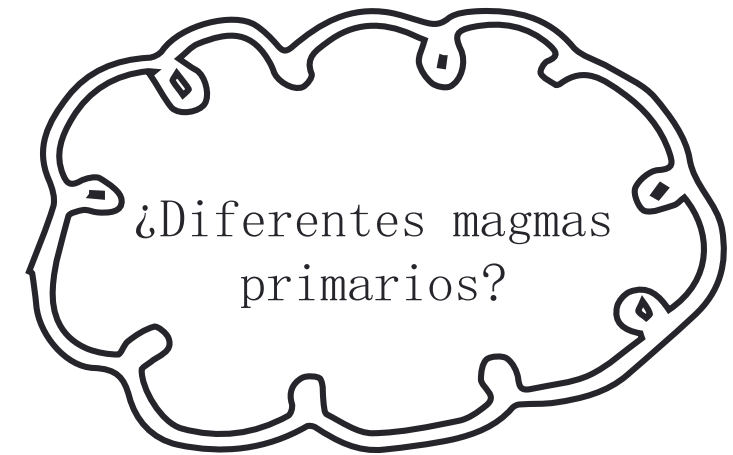
Incompatibles (**no entran** fácilmente en la estructura de los minerales del manto (Ol, Opx, Cpx, Gar, Spl)): K, Rb, Cs, Ba, Ta, Nb, U, Th, Y, Hf, Zr y las Tierras Raras (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

Compatibles (**entran** fácilmente en la estructura de los minerales mantélicos porque tienen radios iónicos parecidos al Fe y Mg): Ni, Cr, Co, V y Sc

¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

Diferentes magmas basálticos...

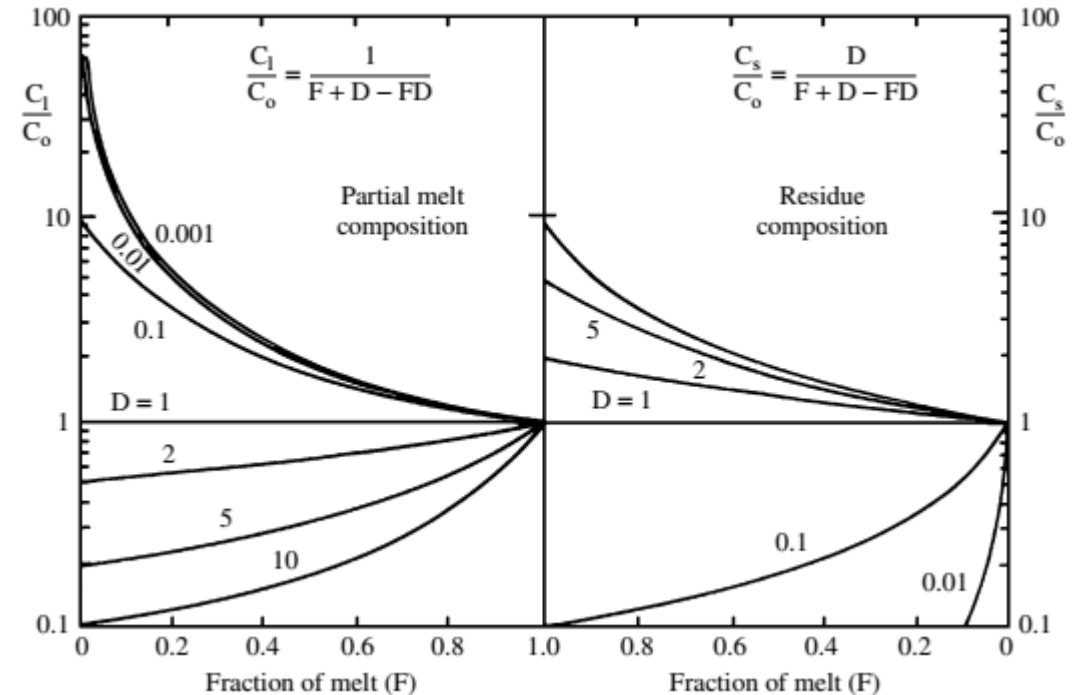
d) Diferentes grados de fusión



Comportamiento de los elementos con la fusión parcial...

- BAJOS GRADOS DE FUSIÓN: desarrollo de bajos volúmenes de fundido. Los fundidos ( $C_1$ ) son ricos en elementos incompatibles y empobrecidos en elementos compatibles (que se quedaron en los minerales de la fuente) respecto de la roca que se funde ( $C_0$ ).

EL AUMENTO DEL GRADO DE FUSIÓN produce una progresiva dilución de los elementos incompatibles a medida que se incorporan más elementos compatibles hasta que al 100 % de fusión la composición del fundido es idéntica a la de la roca fuente.



¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

Diferentes magmas basálticos...

d) Diferentes grados de fusión

¿Diferentes magmas primarios?

### Tierras Raras (REE)

Elementos de incompatibilidad variable...

- REE tienen valencia +3 (excepto Eu +2).
- Su radio iónico disminuye con el peso atómico, de manera que La tiene el mayor y Lu el menor.
- El grado de incompatibilidad decrece de La a Lu, ya que las REE pesadas (Ho-Lu) son más compatibles con minerales presentes en el manto (granate y cpx).

## Tabla Periódica de los Elementos

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

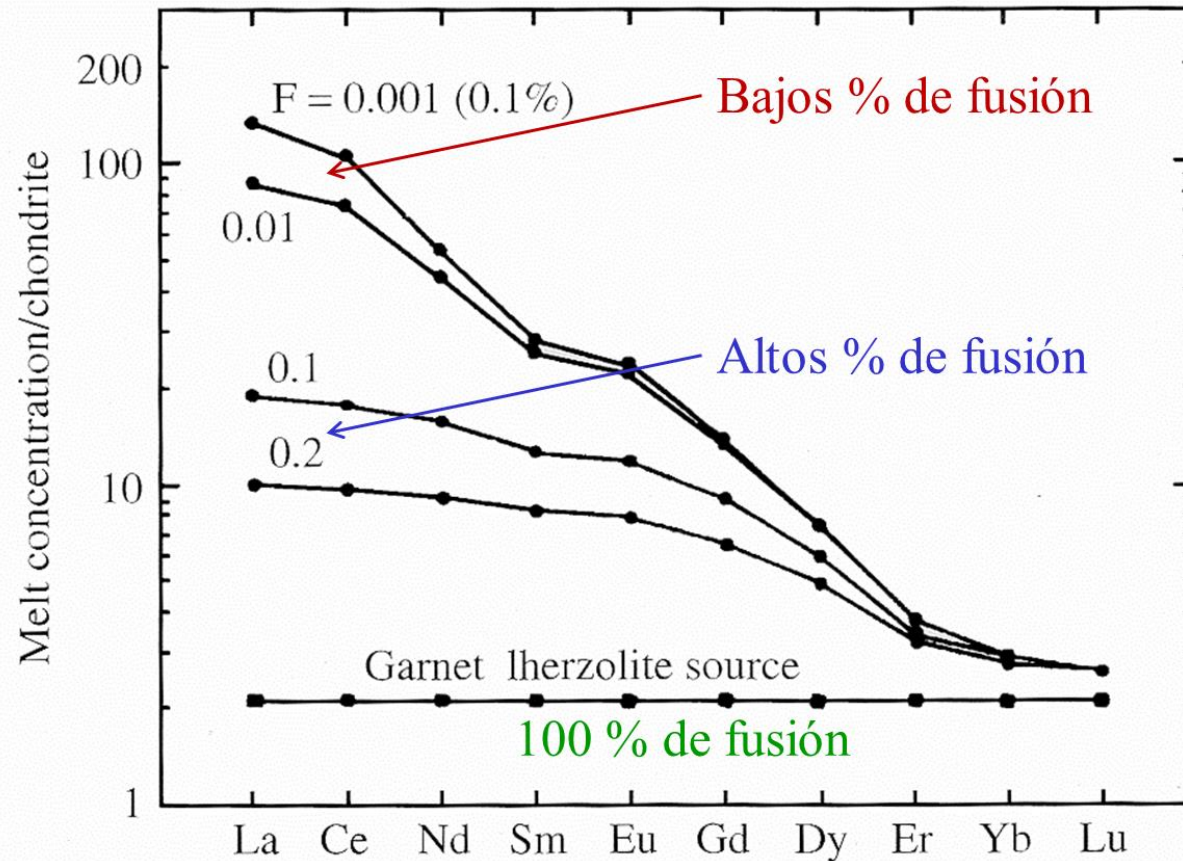
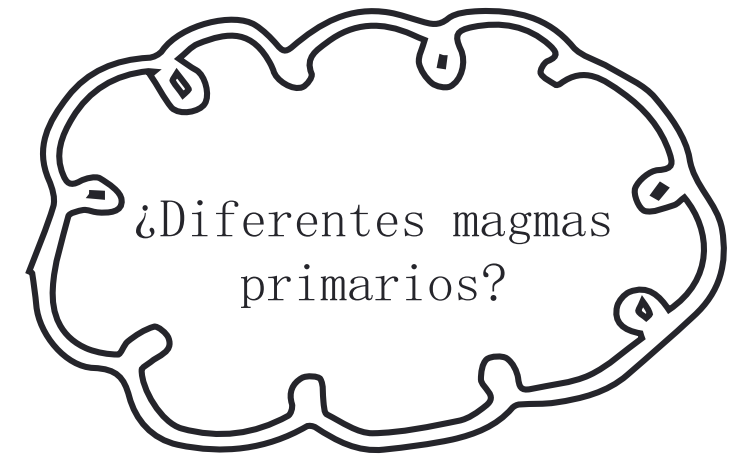
Note: The subgroup numbers 1-10 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-113 are the Latin equivalents of those numbers.



¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

Diferentes magmas basálticos...

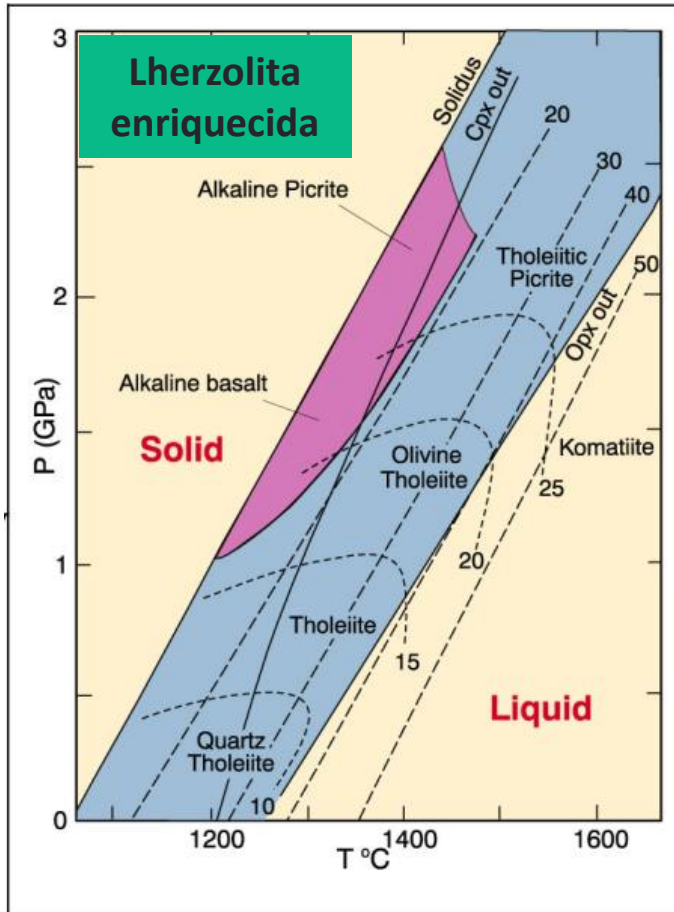
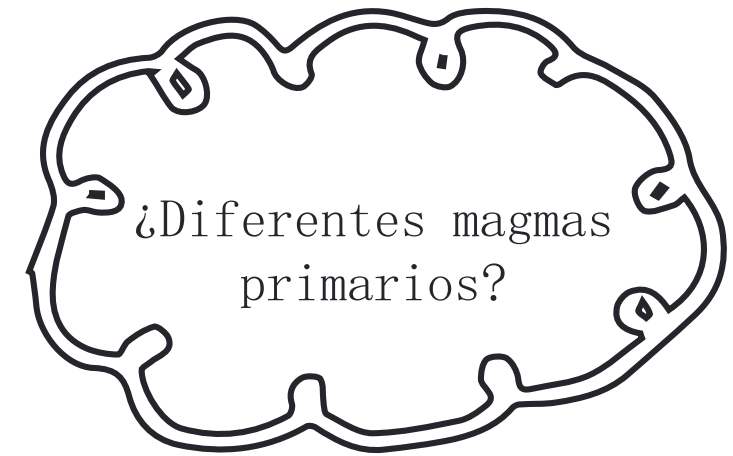
d) Diferentes grados de fusión



¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

Diferentes magmas basálticos...

- c) Fusión parcial a diferentes presiones
- d) Diferentes grados de fusión

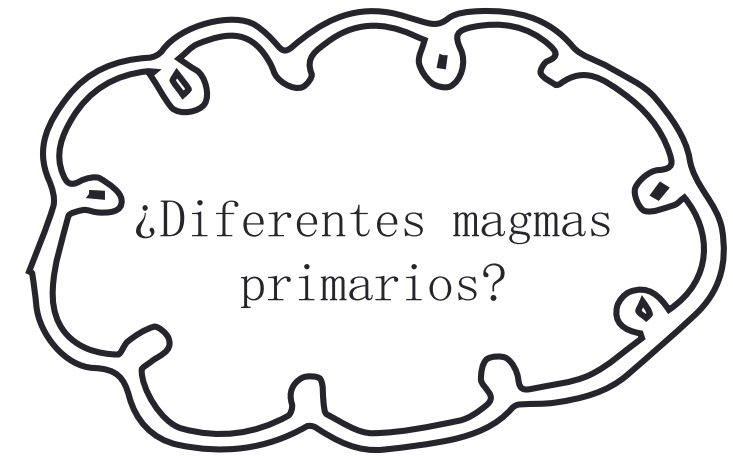


- ❖ Los fundidos parciales de menor grado son basaltos alcalinos porque contienen altas concentraciones de Na y K, que se comportan como elementos incompatibles.
- ❖ Mayores grados de fusión a la misma P, genera magmas más saturados en sílice. Los elementos incompatibles se diluyen mediante cantidades crecientes de Si, Al, Fe, Mg y Ca disueltos, de modo que los fundidos se vuelven menos alcalinos.

¿Cómo se forman diferentes magmas primarios?

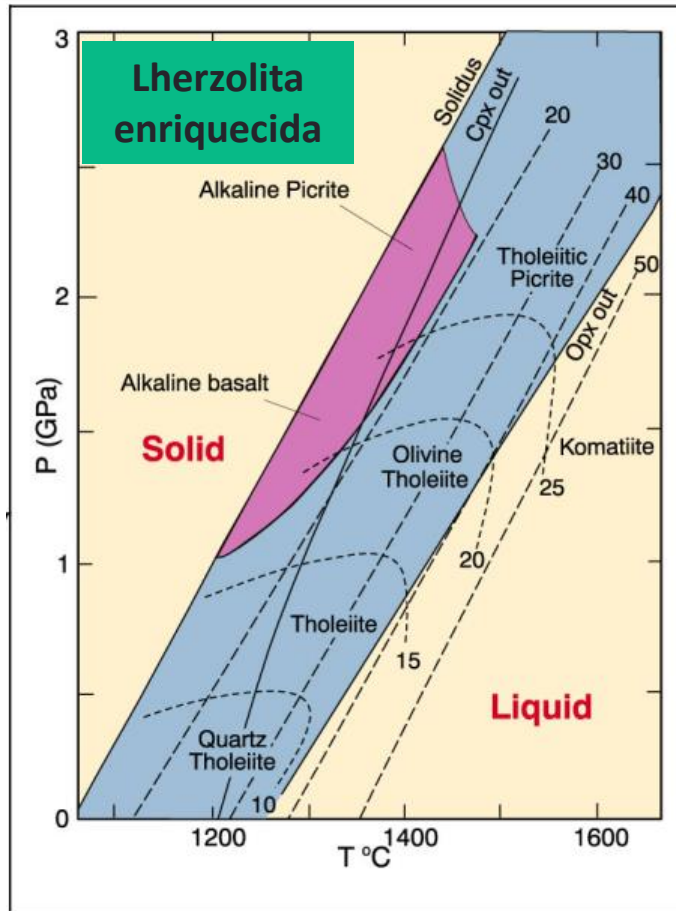
Diferentes magmas basálticos...

- c) Fusión parcial a diferentes presiones
- d) Diferentes grados de fusión



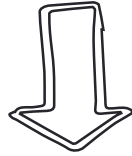
A un mismo grado de fusión (% f), variaciones en la presión (profundidad) resulta en diferentes composiciones del magma primario.

- ❖ Los magmas basálticos alcalinos se forman a altas presiones (>1 GPa) y bajos grados de fusión parcial (<20 %) (y de un manto enriquecido!).
- ❖ Los magmas toleíticos se forman a bajas presiones (< 1GPa) y en un rango mayor de % f (20-30 %).
- ❖ Los magmas picríticos se forman iguales condiciones de T y % f que los toleíticos pero a presiones mucho mayores.
- ❖ Los magmas komatíticos se forman a muy altos grados de fusión parcial (50 %).



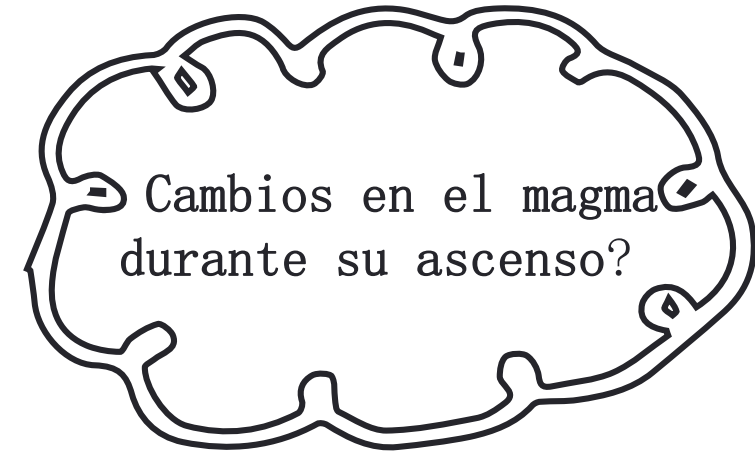


# ¿Cómo se forman diferentes magmas?



## Diferenciación magmática

La diferenciación magmática es un proceso o conjunto de procesos que conducen a una variación en la composición de los magmas primarios una vez que se separan de su roca fuente.



ROCA FUENTE



MAGMA PRIMARIO

derivado directamente de la fusión parcial



MAGMA PRIMITIVO

Poco evolucionado, más cercano al magma primario

**DIFERENCIACIÓN**

MAGMA EVOLUCIONADO

Más diferenciado, más lejano al magma primario



*cogénesis*

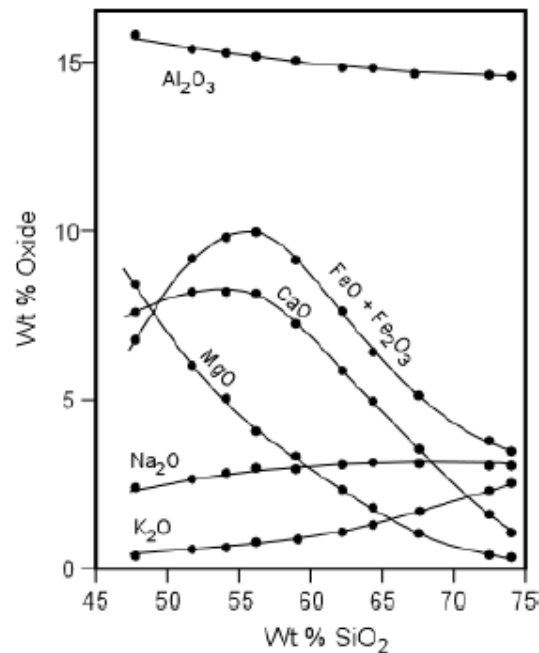


MAGMA PARENTAL

Es el magma más primitivo de una serie cogenética o el magma inicial a partir del que se forma otro hijo por diferenciación

- ✓ Las rocas emplazadas en un área restringida durante un corto lapso de tiempo geológico están probablemente relacionadas al mismo evento magmático (pero no siempre, ¡cuidado!)
- ✓ La relación pueden definirse mediante la proyección de diagramas de variación con la composición de las rocas.

**¡Las rocas deben estar asociadas geográficamente y temporalmente entre sí!**



Un diagrama de variación muestra como cada elemento (óxido o traza) en la roca varía respecto de otro. Usualmente en el eje x se plotea la **SiO<sub>2</sub>**, y se denomina **índice de diferenciación**, porque varía mucho con la evolución de los magmas.

Si en las proyecciones un grupo de muestras forma tendencias con variaciones constantes y suaves, se piensa que las **rocas pueden estar asociadas genéticamente entre sí (cogenéticas)** gracias a una historia común de diferenciación.



## ❖ Procesos de diferenciación magmática:

### 1. Procesos de sistema cerrado:

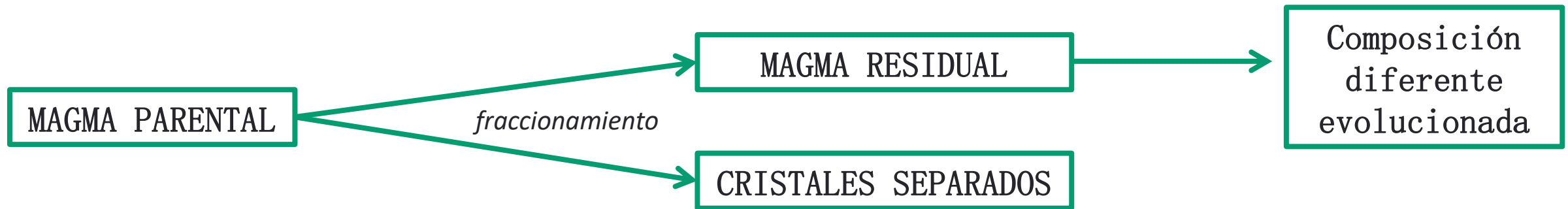
1. Separación cristales-fundido
  1. Segregación gravitacional
  2. Segregación in situ o por flujo
  3. Filtro-prensa
  4. Convección
2. Separación fundidos inmiscibles
3. Separación fundido-fluido

### 2. Procesos de sistema abierto:

1. Mezcla de magmas
2. Asimilación

## 1. Procesos de sistema cerrado:

### A. Separación cristales-fundido: CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA



Al fundido que se separa de los cristales lo llamamos fundido residual.

El fundido cambia su composición química con la cristalización

Al separarse el sistema se resetea y todo comienza de nuevo.

El fundido residual...

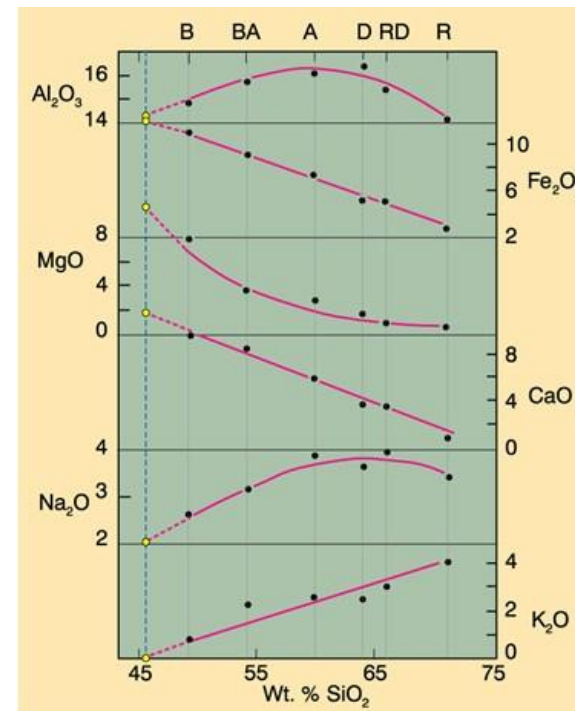
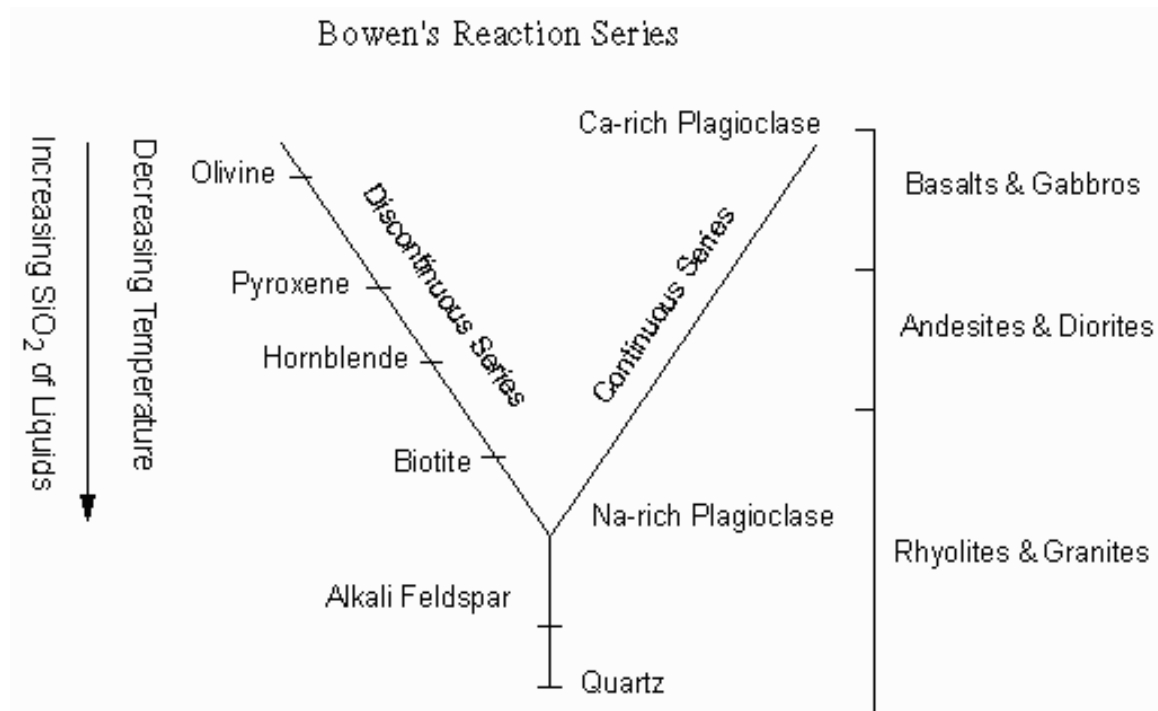
- ✓ Se empobrece en aquellos elementos que se quedan en los cristales (elementos compatibles con los minerales que se separaron)
- ✓ Se enriquece en los elementos que prefieren la fase fundida (incompatibles) frente a los minerales que se formaron.

# 1. Procesos de sistema cerrado:

## A. Separación cristales-fundido: CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA

### SERIES DE REACCION DE BOWEN

Bowen demostró que en un sistema magmático complejo (basáltico), si un mineral cristaliza y es separado del líquido residual, este último cambia su composición evolucionando hacia mayores contenidos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$ , y menores de  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{CaO}$ .



El líquido residual se enriquece progresivamente durante la cristalización fraccionada en los elementos que no son compatibles con las fases minerales que se forman y separan.

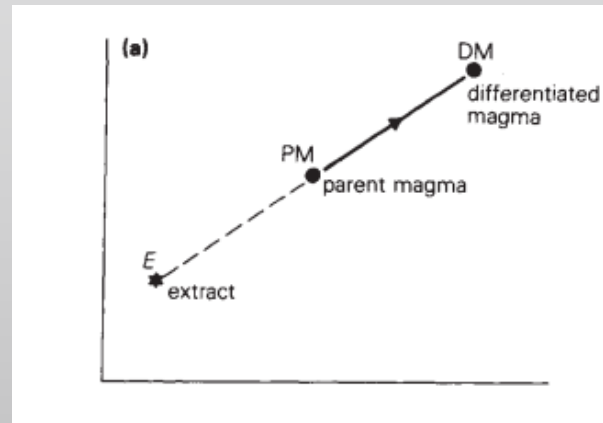
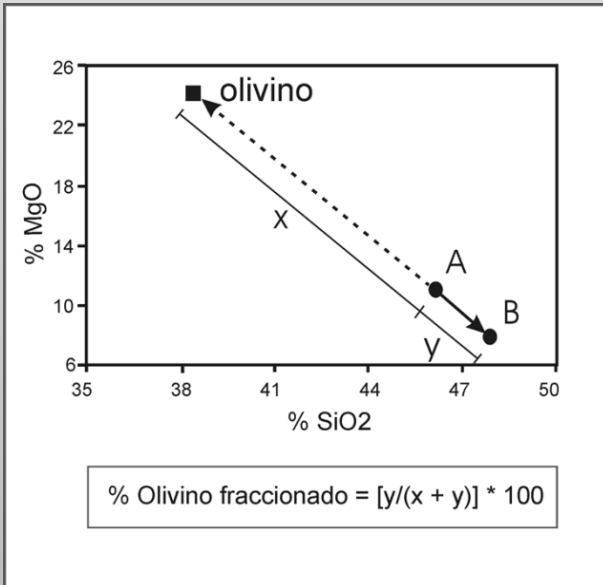
# 1. Procesos de sistema cerrado:

## A. Separación cristales-fundido: CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA

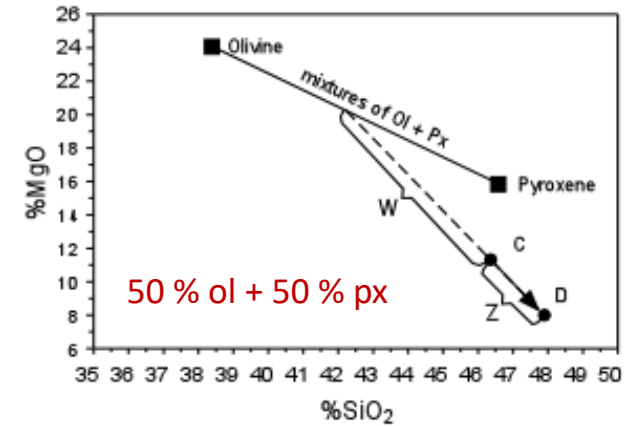
### Cálculo del % de mineral fraccionado:

Imaginemos que tenemos dos rocas, A y B, con sus concentraciones de SiO<sub>2</sub> y MgO. El fraccionamiento de olivino de la roca A alejaría la composición del líquido residual de A en línea recta hacia menor contenido de MgO y mayor de SiO<sub>2</sub>.

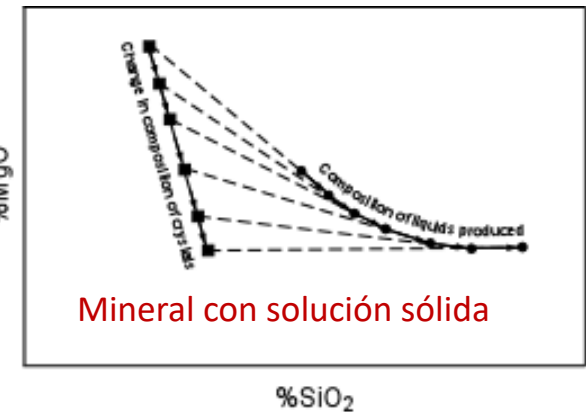
Si la roca B se produjo por cristalización fraccionada de olivino a partir de la roca A (magma parental de composición A) entonces la composición de la roca B debería estar en la misma línea: TENDENCIA.



$$\% E \text{ removed} = \frac{\text{distance PM-DM}}{\text{distance E-DM}} \times 100$$



$$\% \text{cristales fraccionados} = [z/(w + z)] * 100$$

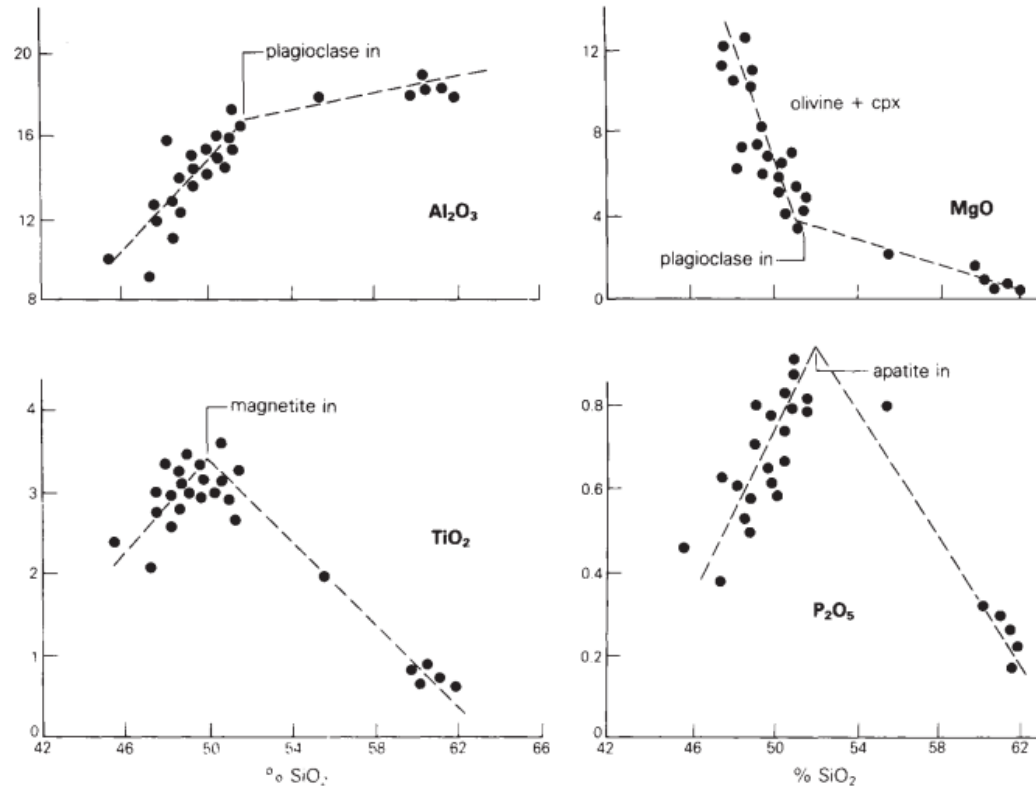


La tendencia es una curva porque el mineral que se fracciona cambia su composición



# 1. Procesos de sistema cerrado:

## A. Separación cristales-fundido: CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA



Cambios repentinos en las tendencias en los diagramas de variación podrían significar que ha habido un cambio en el conjunto de minerales que se está fraccionando.

Es posible modelar las asociaciones minerales que dieron como producto la composición de un determinada roca (magma) o una tendencia formada por un grupo cogenético de rocas (magmas).

Pero hay que tener presente que es imposible que un tren general se haya formado por el fraccionamiento de una constante asociación de minerales: dividimos la tendencia en pequeños intervalos.

*Fenocristales en la roca  
vs. Minerales que no hay  
(Ej. anfíbol y bajas  
presiones)*

# PROCESOS FÍSICOS DE SEPARACIÓN Y AISLAMIENTO DE LOS CRISTALES

La reacción entre cristales y líquido debe verse inhibida.

## 1. Procesos de sistema cerrado:

### A. Separación cristales-fundido

1. Segregación gravitacional
2. Segregación in situ o por flujo
3. Filtro-prensa
4. Convección

# 1. Procesos de sistema cerrado:

## A. Separación cristales-fundido

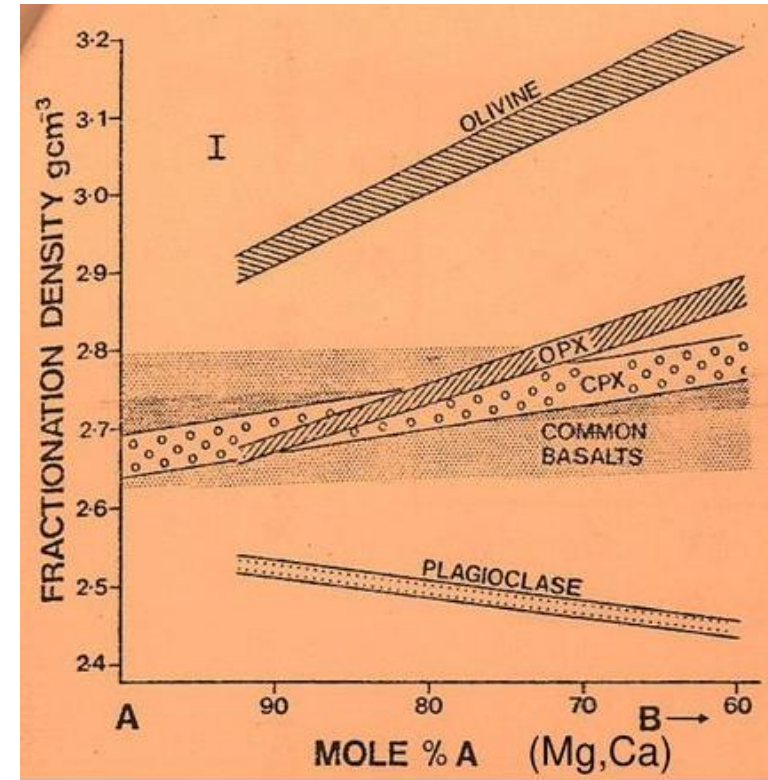
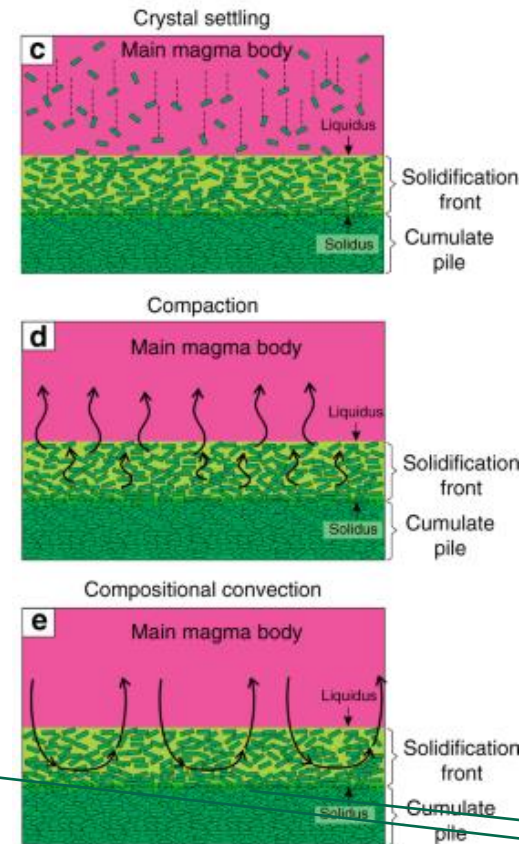
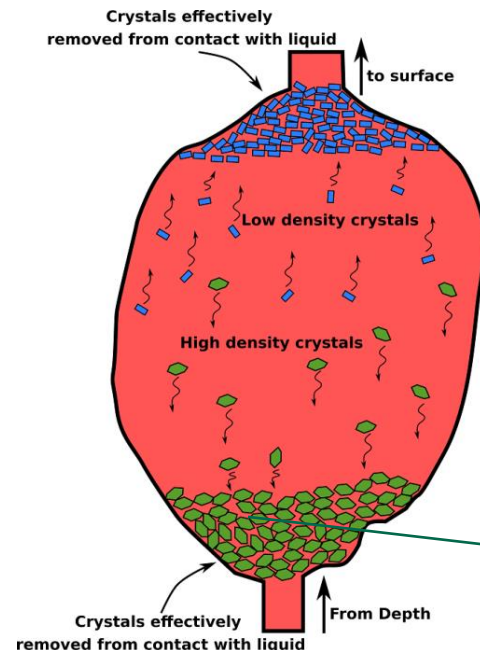
### 1. Segregación gravitacional

*Propuesto por Darwin (1844)*

**Flotación/sedimentación** de cristales en una cámara magmática:

- ✓ Cristales más densos se hunden.
- ✓ Cristales menos densos flotan.

Aplicable sólo en magmas máficos calientes donde la viscosidad del fundido permite el movimiento de cristales aislados.



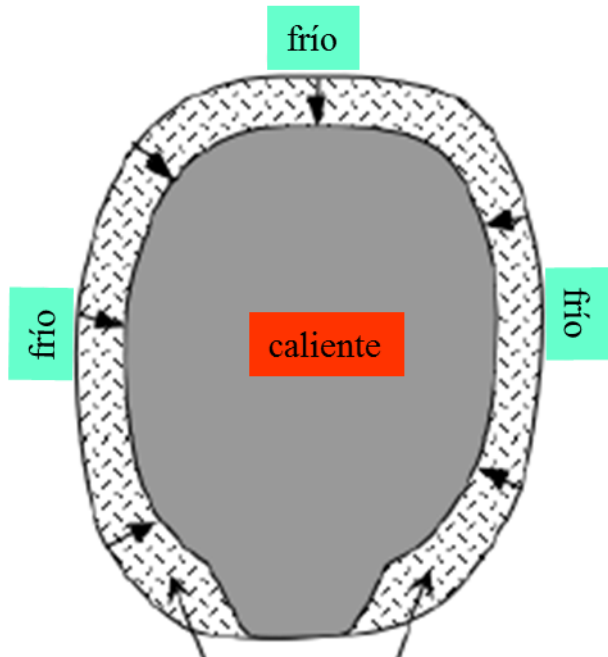
Sparks and Huppert (1984)

CUMULATOS

# 1. Procesos de sistema cerrado:

## A. Separación cristales-fundido

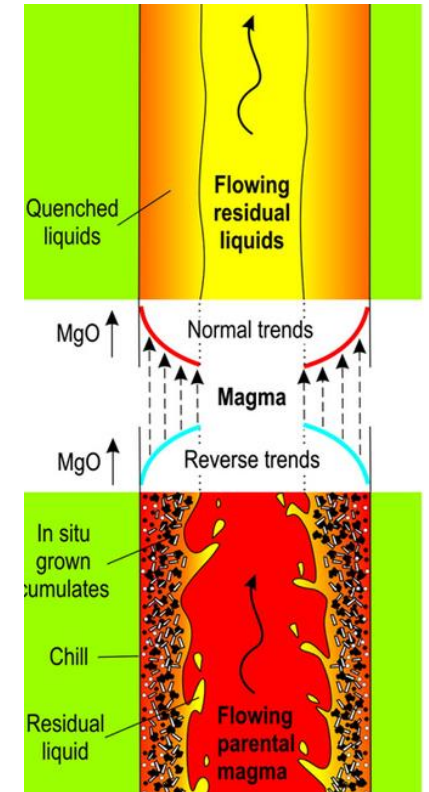
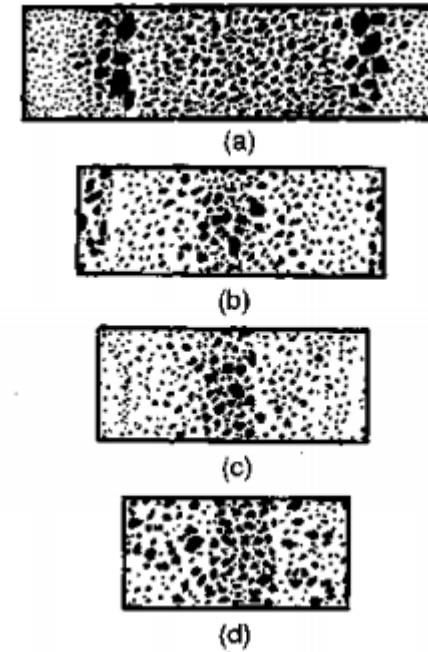
## 2. Segregación in situ o por flujo



Cristales efectivamente removidos del contacto con el líquido

Los cristales pueden quedar separados del fundido cuando **cristalizan en las paredes/techo/piso de la cámara magmática** o paredes del **conducto** durante el ascenso del magma.

Esto ocurre porque en los contactos con la roca de caja existe un alto gradiente de temperatura.



## 1. Procesos de sistema cerrado:

### A. Separación cristales-fundido

### 3. Filtro-prensa

El líquido residual en magmas parcialmente cristalizados puede ser extraído del entramado de cristales interconectados debido a **gradientes locales de presión**.

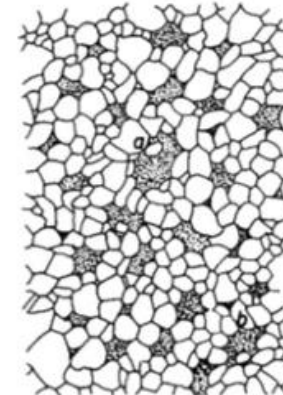
Este proceso estaría favorecido por el comportamiento del agua como elemento incompatible (¡prefiere el líquido!). ¡Recordar que el agua disminuye la viscosidad del magma!

Disparado por: presión de los gases en el magma; presión ejercida por la acumulación de cristales (cumulatos) en la base de una cámara magmática; apertura de fracturas en la roca de caja (zonas de menor presión).

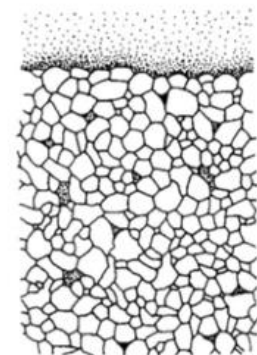
**El líquido residual se desplaza hacia zonas de menor presión:**

- El techo de una colada de lava.
- La zona superior de una cámara magmática.
- Relleno de fracturas/diques.

*melt initially dispersed*



*eventual result =  
largely segregated melt*



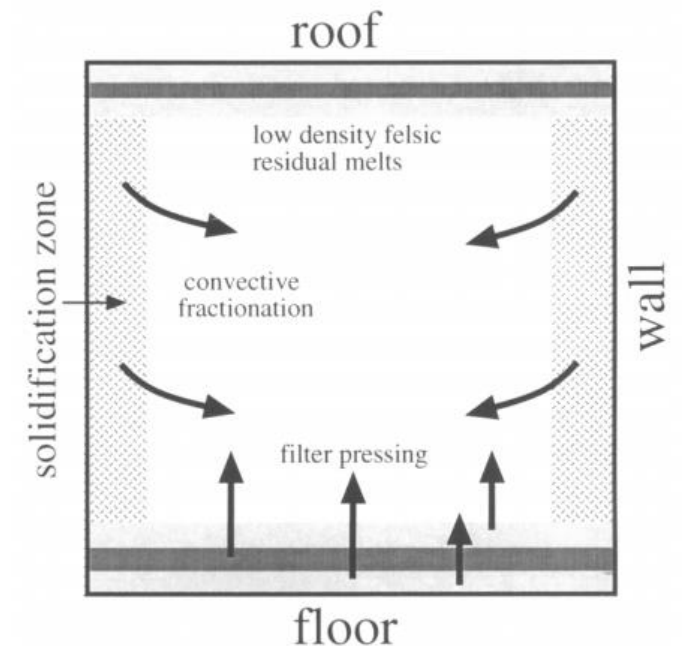


1. Procesos de sistema cerrado:
  - A. Separación cristales-fundido
  4. Convección

**El líquido residual se mueve por diferencias de densidad** dentro de la cámara magmática separándose de los cristales.

El líquido residual más evolucionado suele tener menor densidad y por ello tiene la capacidad de flotar y ascender hacia zonas superiores de la cámara magmática.

En verdad, todos estos mecanismos de separación de un líquido residual de las fases cristalinas formadas ocurrirían combinadas



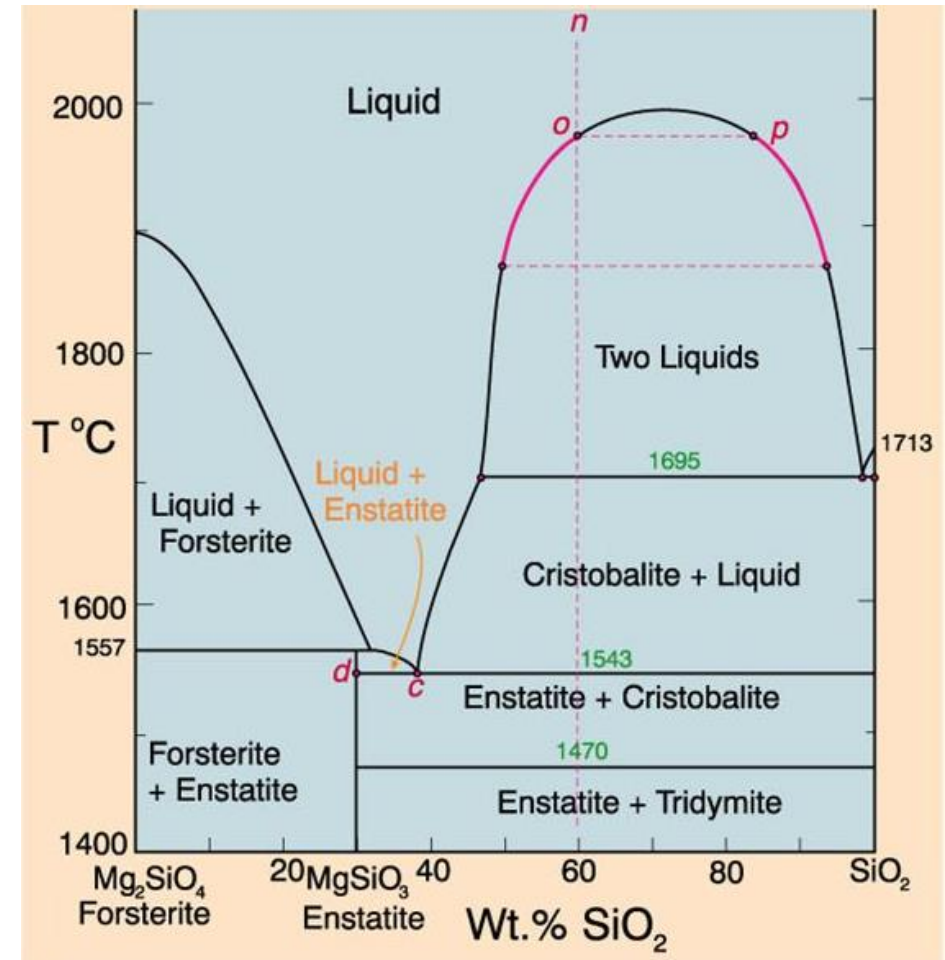
## 1. Procesos de sistema cerrado:

### B. Separación de fundidos inmiscibles

**Un líquido homogéneo se divide en dos líquidos que son incapaces de mezclarse nuevamente entre sí.**

Disparado por cambios en P,T y/o X.

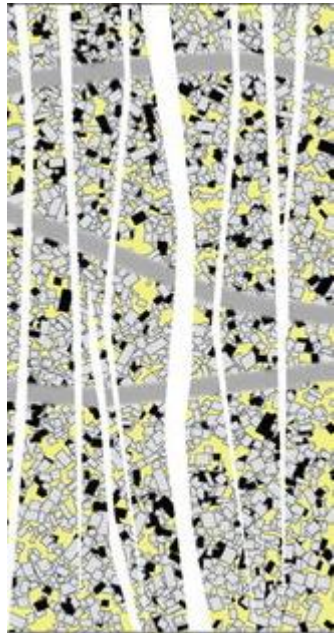
- Fundidos inmiscibles comunes en sistemas magmáticos son los fundidos silicáticos y los sulfurosos, los silicáticos y los carbonátíticos alcalinos, separación de un líquido toleítico en dos líquidos, uno rico en sílice y otro rico en Fe.
- Los líquidos ricos en S contienen mucho Fe, Cu y Ni. El Pb y el Zn aparentemente tienden a permanecer en el fundido silicático.
- Esta inmiscibilidad tiene significativas implicancias en la generación de depósitos mineralizados de origen magmático.



# 1. Procesos de sistema cerrado:

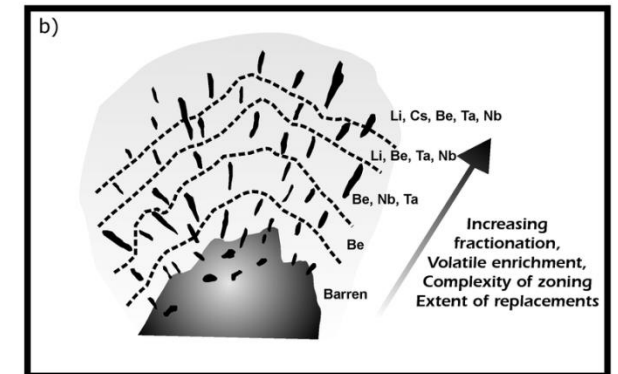
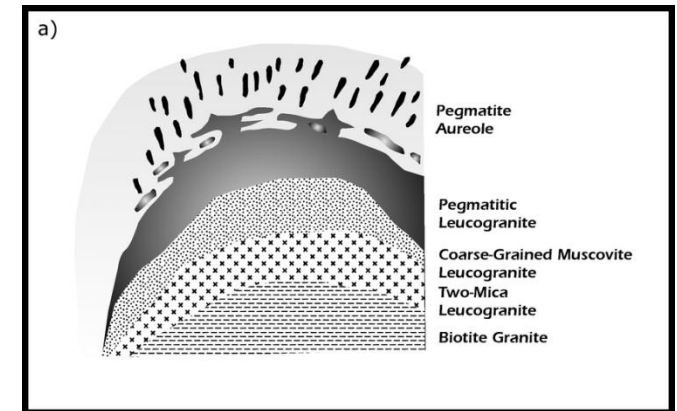
## C. Separación fundido-fluido

La separación (**exsolución**) de **soluciones fluidas** de un fundido modifica la composición de este último.



Fluidos acuosos o carbonatíticos contienen importantes concentraciones de elementos químicos como Si, Na, K, Fe y muchos elementos traza incompatibles.

Proceso importante en la generación de pegmatitas (roca plutónica mayormente félsica de grano muy grueso) y aplitas (rocas plutónica félsica de grano muy fino).

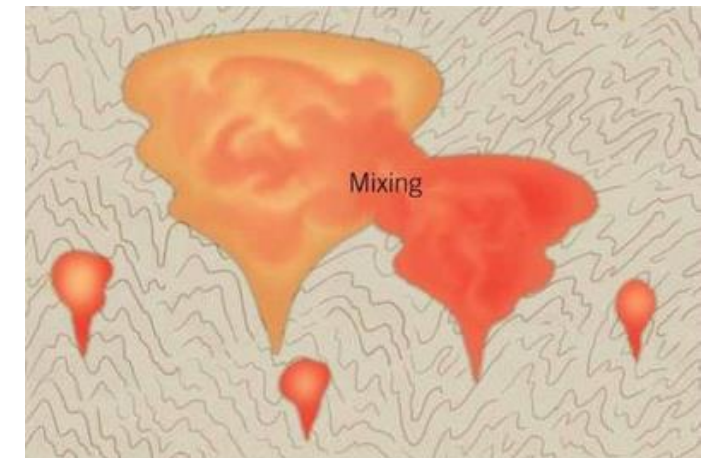
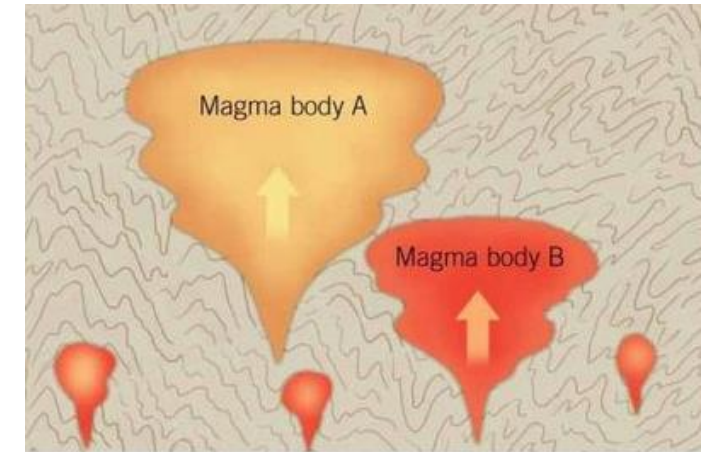


## 2. Procesos de sistema abierto:

### A. Mezcla de magmas

**Dos o más magmas parentales se mezclan para dar un magma hijo de composición intermedia.**

- Los magmas parentales pueden tener:
  - ✓ Diversas fuentes de origen
  - ✓ Una misma fuente pero diversas historias de evolución.
- La mezcla puede ocurrir:
  - ✓ Durante el ascenso del magma en el conducto.
  - ✓ Durante la convección en una cámara magmática.
  - ✓ Durante la recarga de una cámara magmática con nuevos fundidos (generalmente más máficos y calientes).





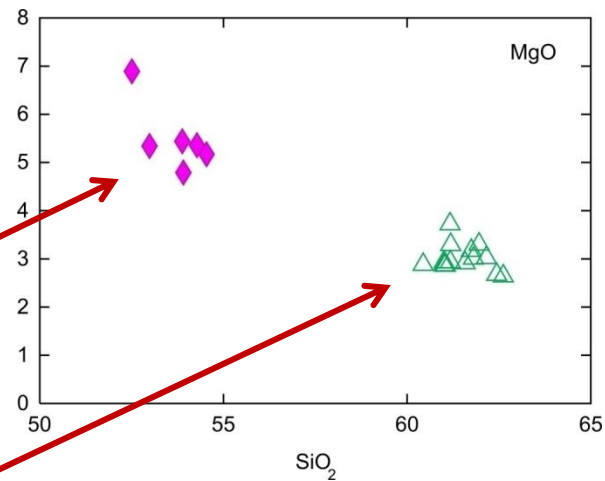
## 2. Procesos de sistema abierto:

### A. Mezcla de magmas

- Inicialmente ocurre la **mezcla mecánica (mingling)** entre los diferentes magmas y el producto es heterogéneo: si el magma se enfría en esta etapa, se preservan características de los distintos miembros de la mezcla y se pueden reconocer, entonces, evidencias del proceso de mezcla.



ENCLAVES MICROGRANULARES  
(aspecto ígneo, en geral. máficos)



LAVAS BANDEADAS

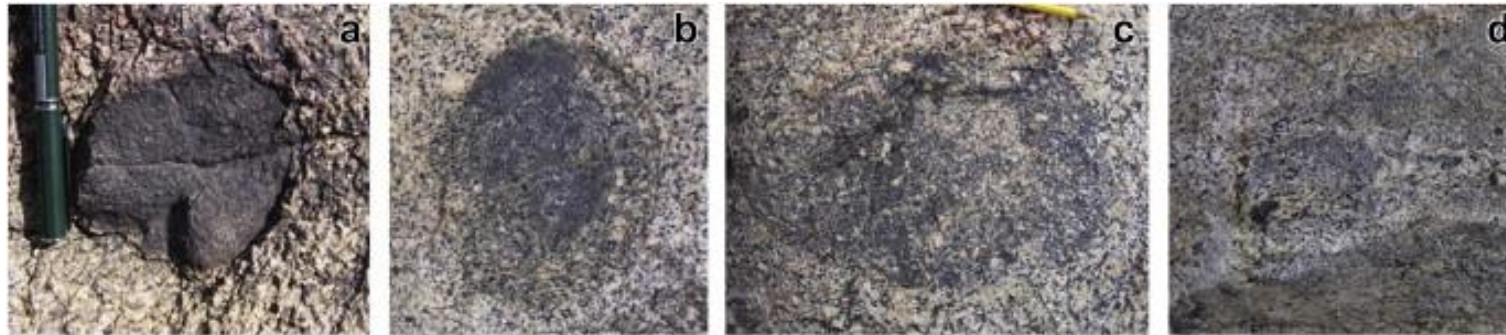


## 2. Procesos de sistema abierto:

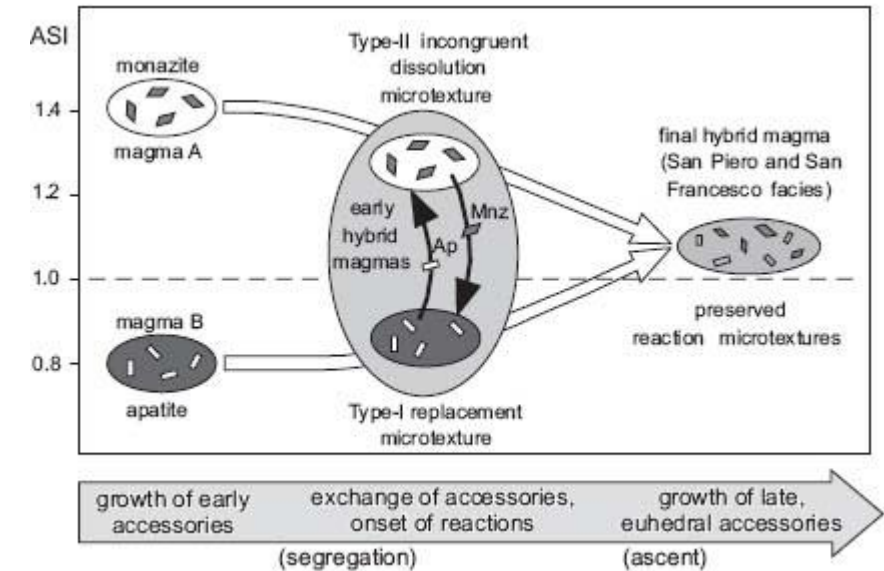
### A. Mezcla de magmas

- Posteriormente, puede ocurrir la **homogenización** química por difusión y el resultado es un nuevo magma homogéneo de carácter **híbrido**.

Nueva asociación de cristales en equilibrio. Este proceso lleva mucho tiempo.



Increasing intensity of hybridization

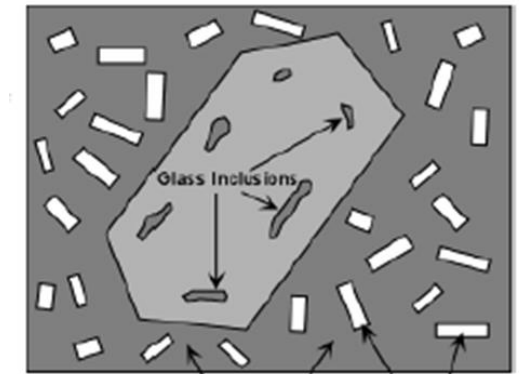
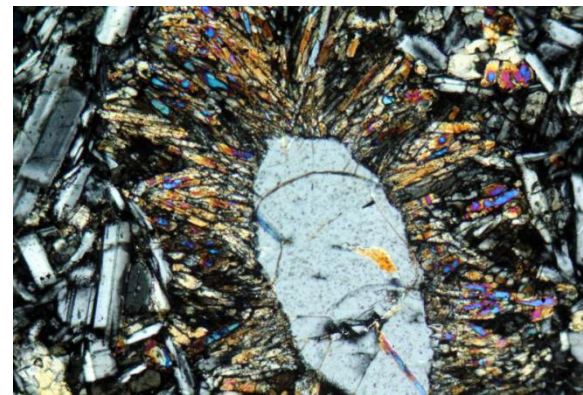
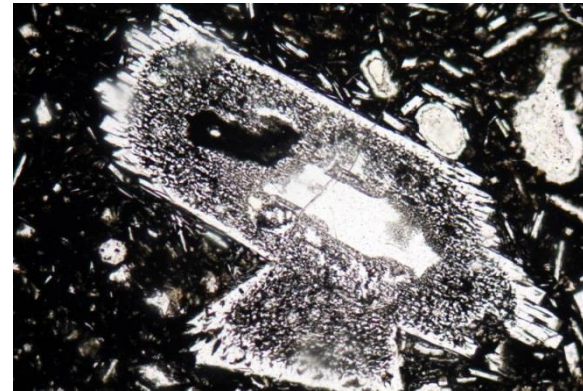
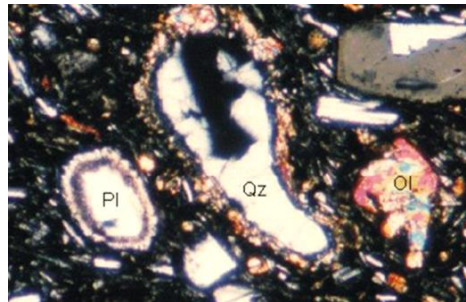


## 2. Procesos de sistema abierto:

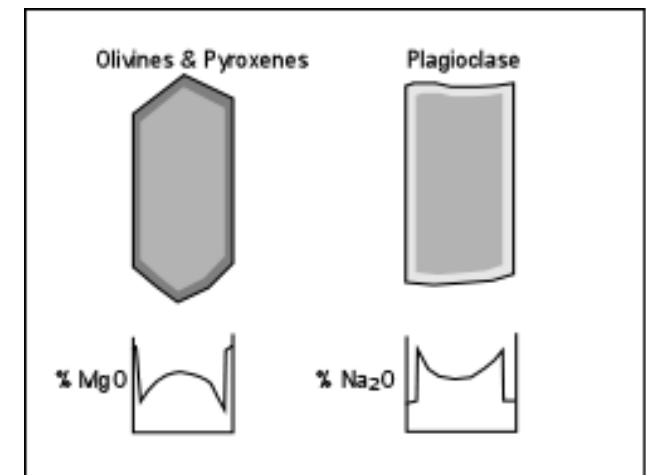
### A. Mezcla de magmas

#### EVIDENCIAS PETROGRÁFICAS DE LA MEZCLA DE MAGMAS:

- Enclaves microgranulares
- Inclusiones fundidas con diferente composición del vidrio de la pasta.
- Texturas de desequilibrio:
  - reabsorción
  - zonación de cristales (inversa)
  - sobrecrecimientos (tx. Rapakivi)
  - coronas de reacción (cpx en qz)
- Coexistencia de fases en desequilibrio (qz y ol)



Vidrio de la pasta microfenocristales

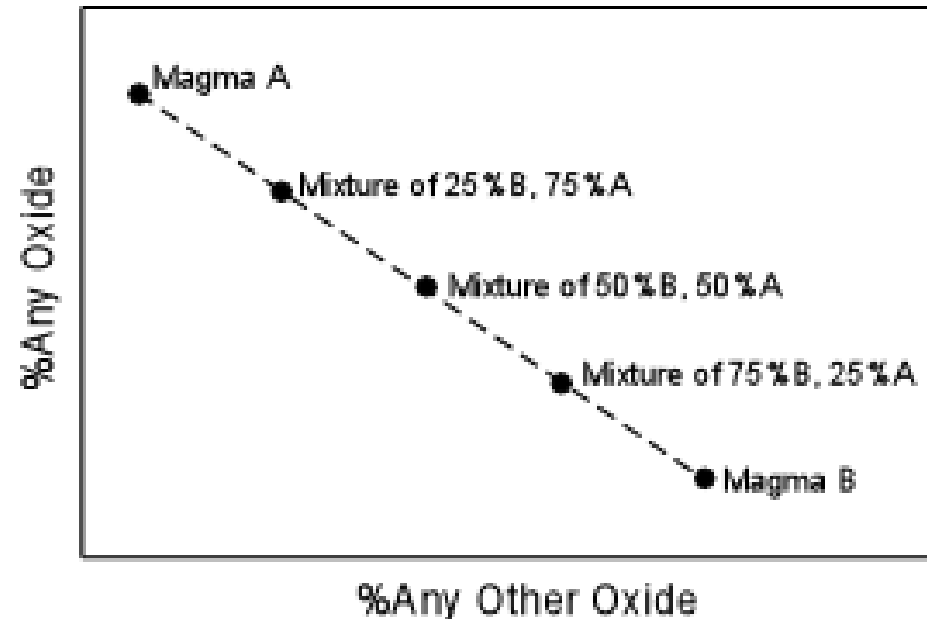


## 2. Procesos de sistema abierto:

### A. Mezcla de magmas

#### EVIDENCIAS QUÍMICAS DE LA MEZCLA DE MAGMAS:

- Rocas relacionadas genéticamente por procesos de mezcla forman tendencias lineales en diagramas bivariantes.



## 2. Procesos de sistema abierto:

### A. Mezcla de magmas

- Los resultados de la mezcla dependerán de varios factores:

#### A. Contraste de temperatura entre los magmas.

*Los magmas basálticos y riolíticos tienen temperaturas muy diferentes. Si entran en contacto entre sí, el magma basáltico tenderá a enfriarse o incluso a cristalizar y el magma riolítico tenderá a calentarse y comenzará a disolver los cristales que haya precipitado.*

#### B. Contraste de densidad entre los magmas.

*Los magmas basálticos tienen densidades del orden de 2600 a 2700 kg/m<sup>3</sup>, mientras que los magmas riolíticos tienen densidades de 2300 a 2500 kg/m<sup>3</sup>. Este contraste de densidad significaría que los magmas riolíticos más ligeros tenderían a flotar sobre el magma basáltico más denso y se inhibiría la mezcla.*

#### C. Contraste de viscosidad entre los magmas.

*Los magmas basálticos y riolíticos tienen viscosidades muy diferentes, por lo tanto, sería necesario algún tipo de flujo turbulento para que los magmas se mezclen.*

**Cuanto mayor sea el contraste composicional, más difícil será que se produzca una mezcla homogénea.**

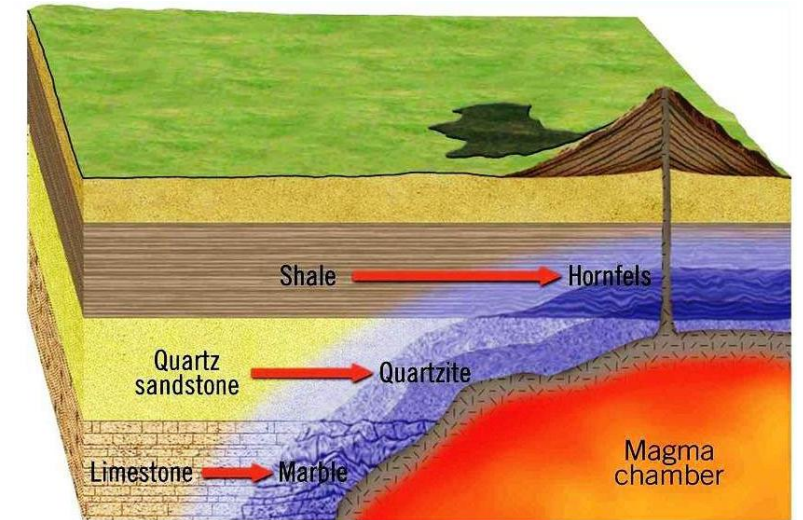
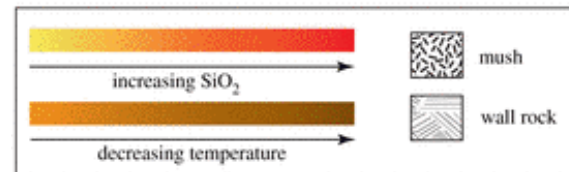
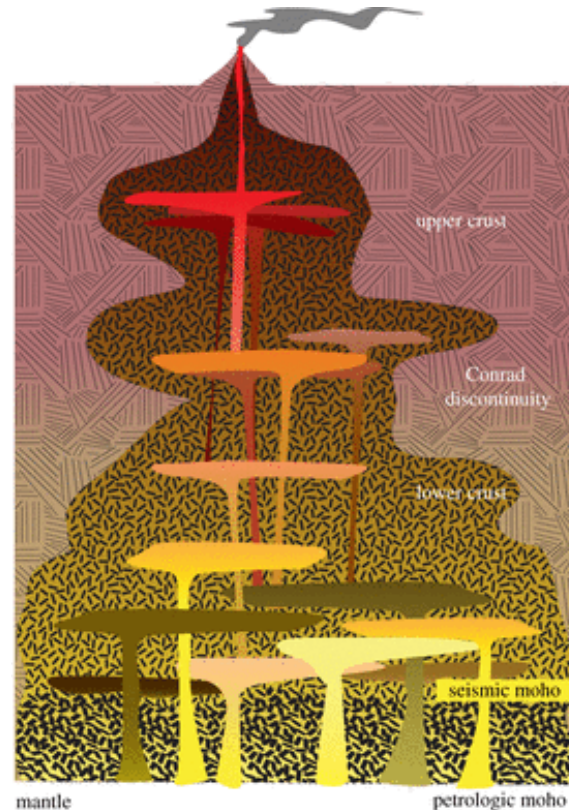


## 2. Procesos de sistema abierto:

### B. Asimilación

A medida que un magma asciende se encuentra con roca de caja de diferente composición y temperatura.

El magma interactúa con su entorno para conservar su equilibrio térmico y químico, esencialmente cuando se detienen formando cámaras magmáticas.



El tipo de contaminante controla los cambios químicos que resultarán en el magma por su asimilación.

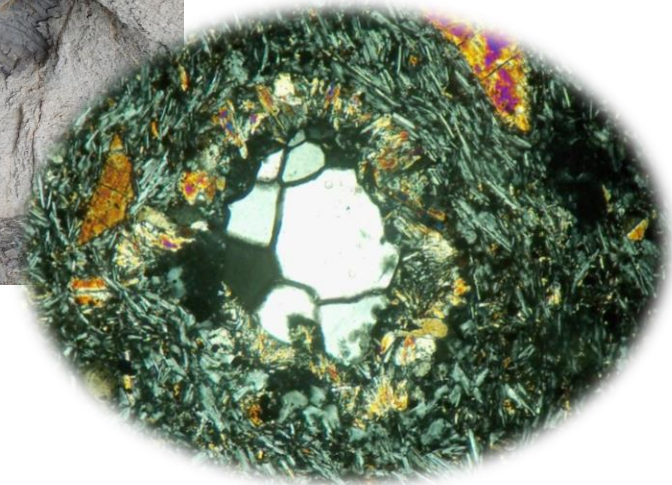


## 2. Procesos de sistema abierto:

### B. Asimilación

La **CONTAMINACIÓN** es la incorporación de fragmentos de la roca de caja (de las paredes y/o techo de la cámara magmática o paredes del conducto) dentro del magma.

La **ASIMILACIÓN** es la incorporación y fusión parcial de fragmentos de la roca de caja. Ocurre la homogenización del material extraño con el magma.



*evidencias*

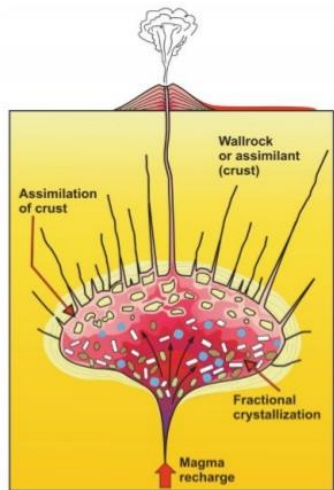
**XENOLITO**: cualquier roca extraña incorporada al magma

**XENOCRISTAL**: cristal desmembrado desde el xenolito o formado como resultado de la fusión del xenolito (peritético).

## 2. Procesos de sistema abierto:

### B. Asimilación

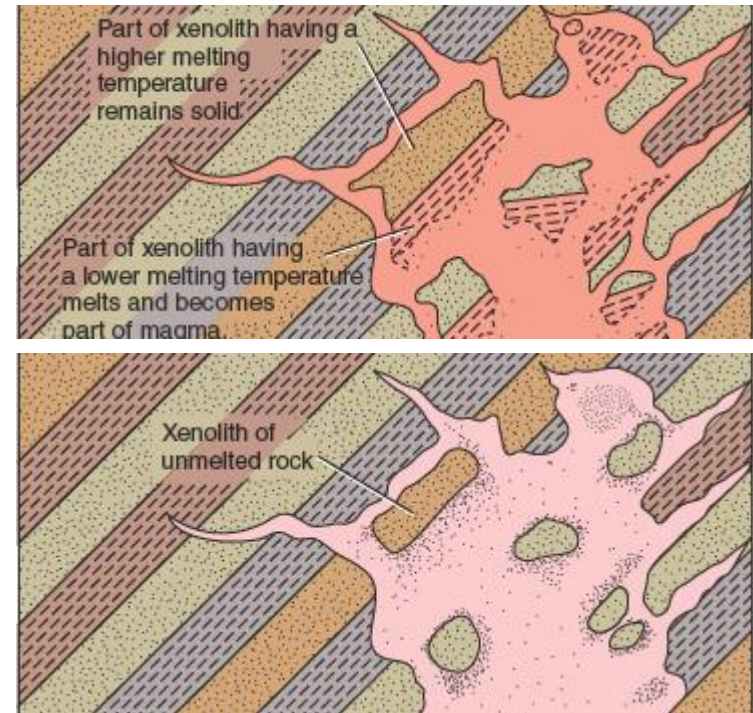
**El calor que produce la fusión parcial de la roca de caja deriva del magma**, la asimilación es un proceso que resulta en una pérdida de calor del sistema magmático.



El calor latente de cristalización es un medio de generar calor para la asimilación.

**Entonces un magma que asimila generalmente cristaliza.**

La capacidad de asimilar que tiene un magma depende también de la temperatura de la roca de caja. Si esta está cerca de su  $T$  del liquidus será más fácil asimilarla.



Los xenolitos pueden fundir parcialmente y dejar un residuo sólido infusible en equilibrio con el nuevo magma formado  $\equiv$  evidencia de la asimilación.

## 2. Procesos de sistema abierto:

### B. Asimilación

Con la asimilación la composición química del magma tiende a enriquecerse en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

Generalmente se evidencia por la composición isotópica (p.ej., isótopos de Sr).

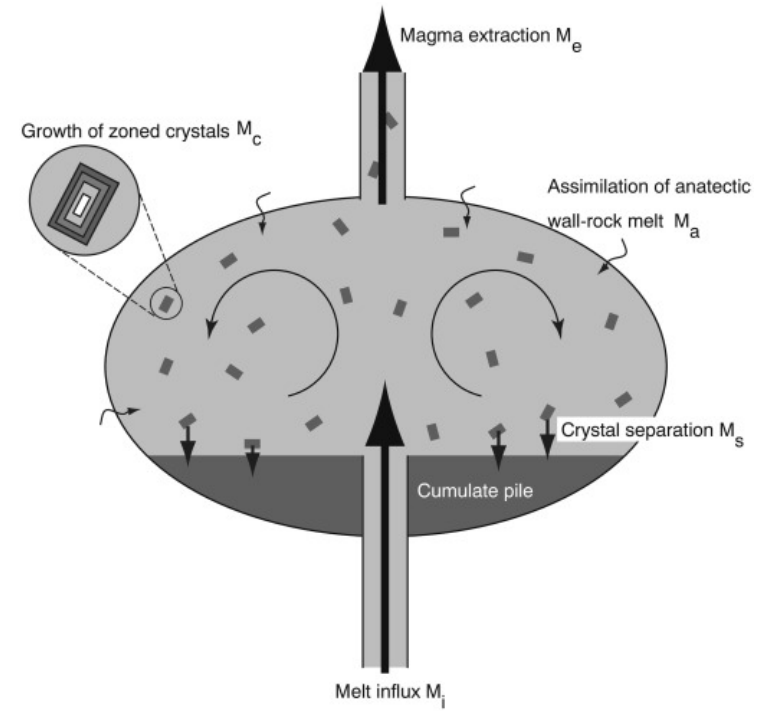
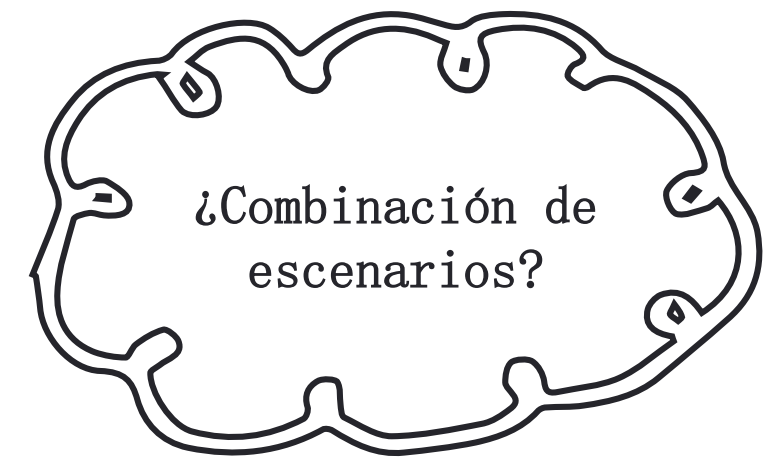
¡La asimilación puede ser entendida como un proceso de mezcla!

Magma original + fundido de la roca de caja

¿Cómo se forman diferentes magmas ígneos?

\* Combinación de procesos

1. Asimilación + fraccionamiento
2. Mezcla + fraccionamiento + convección
3. Fraccionamiento+mezcla+asimilación
4. + diferentes magmas primarios!!





## Bibliografía recomendada para esta clase

- \* Best: capítulo 12.
- \* Winter: capítulo 11.
- \* Wilson: capítulo 4.
- \* Gill: capítulo 3.

