



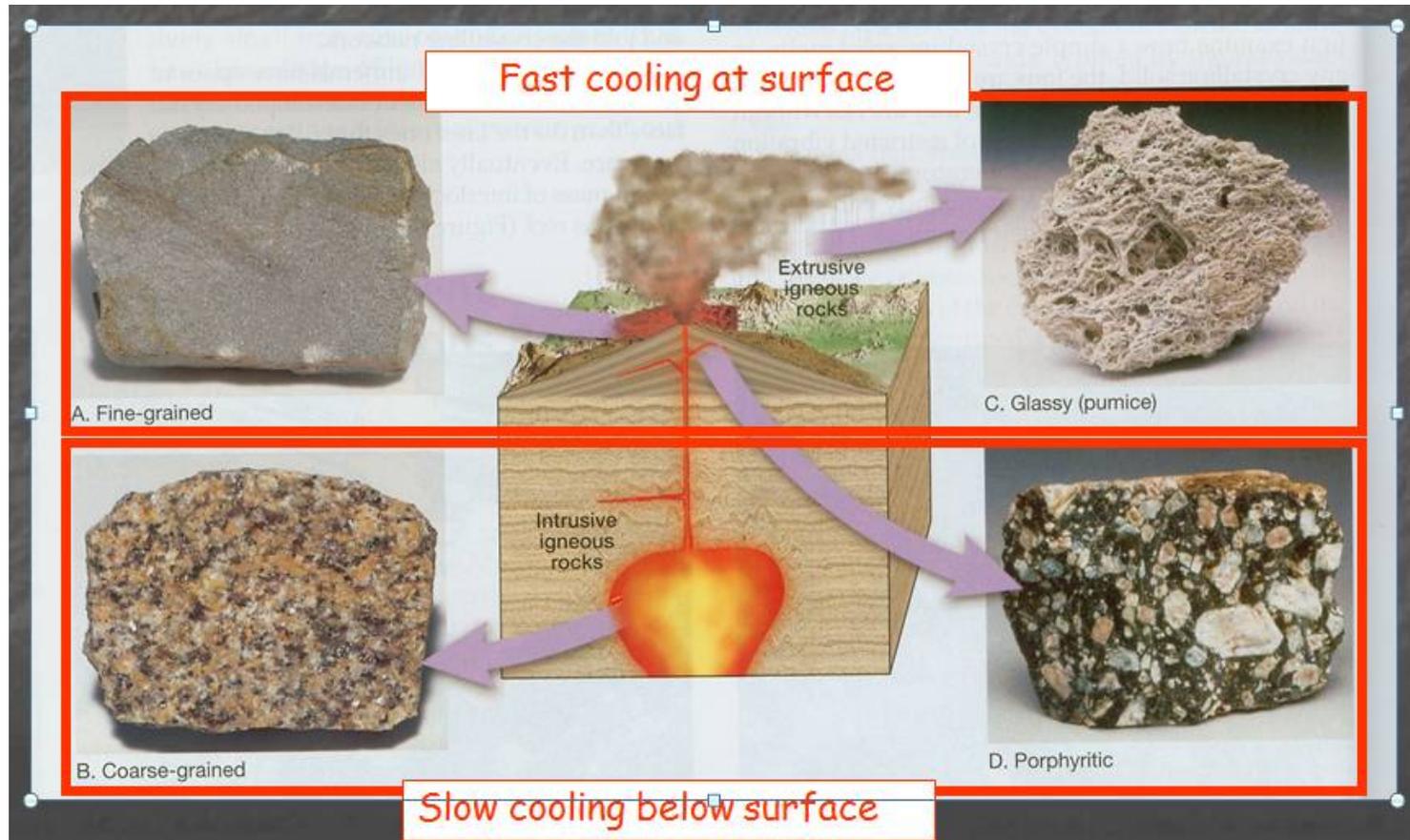
UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FCEN
FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

Prof. Licenciado Javier Gomez
Figueroa

LAS ROCAS

ROCAS MAGMÁTICAS



Las rocas ígneas o magmáticas proceden del enfriamiento y Solidificación del magma.

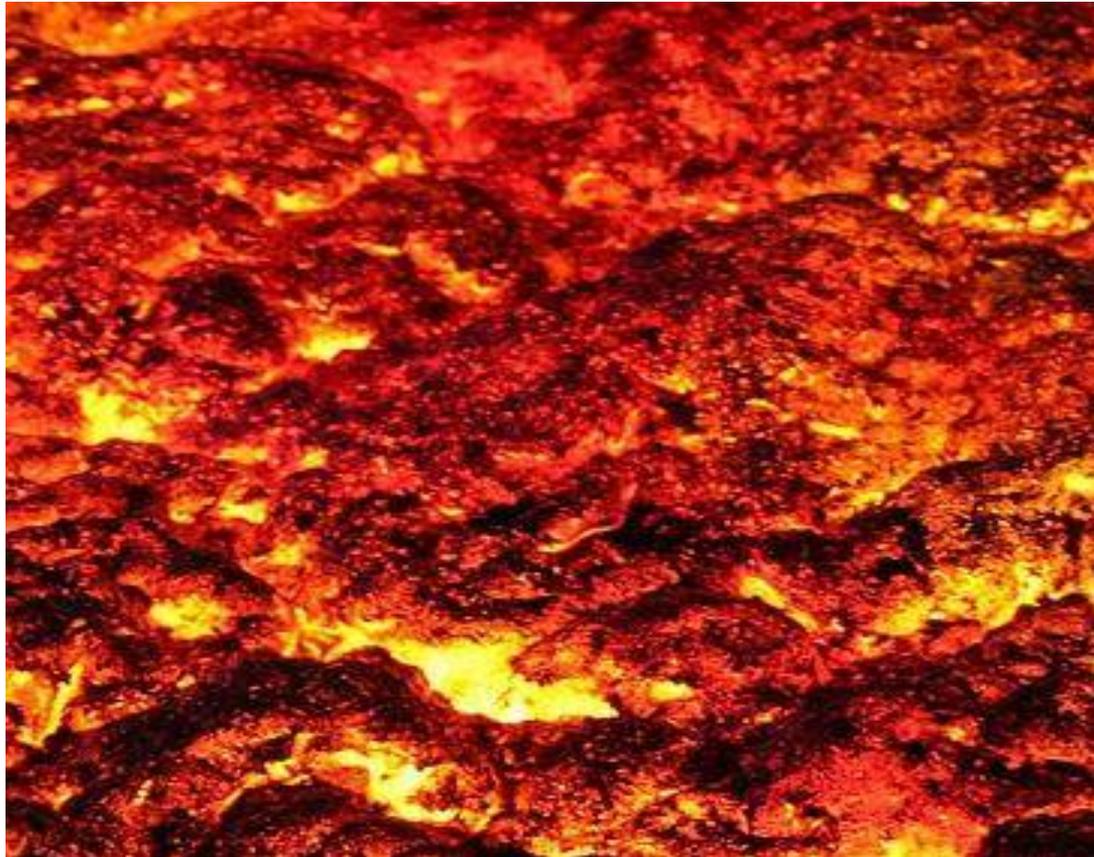


DEFINICIÓN DE MAGMA

- Un **magma** es una mezcla compleja de material rocoso fundido, de composición preferentemente silíceo que contiene gases, agua y minerales sólidos dispersos.
- Las rocas formadas a partir del enfriamiento de los magmas se llaman ***rocas ígneas***.
- En un magma coexisten fases sólidas, líquidas y gaseosas que pueden separarse bajo determinadas condiciones de presión y temperatura.
- Los magmas se generan por la fusión total o parcial de rocas profundas de la corteza inferior y del manto superior.



MAGMA



EL MAGMA

El magma es roca fundida.

Se compone de tres fases:

- Líquida: la mayoritaria.
- Sólida: cristales en suspensión y fragmentos de roca.
- Gaseosa: compuestos volátiles disueltos cuando la presión es alta.

El componente principal del magma es la sílice (SiO_2). También contiene aluminio, potasio, calcio, sodio, hierro o magnesio. Los gases más abundantes son el vapor de agua, el CO_2 y el SO_2 .

La cantidad de sílice de un magma condiciona sus propiedades físicas, como la viscosidad o la densidad.



FACTORES DE FORMACIÓN DE LOS MAGMAS

- Factores:
 - Aumento de Temperatura
 - Disminución de la presión a la que está sometida la roca
 - Presencia de fluidos, principalmente agua.
- La intervención de cualquiera de estos factores sobre la roca hace que los compuestos químicos que constituyen los minerales aumenten su energía y su movilidad y abandonen sus estructuras cristalinas (estado sólido), mezclándose de forma más o menos homogénea y constituyendo un fluido más o menos viscoso, que se denomina **líquido magmático**.



COMPOSICIÓN DE LOS MAGMAS

- El magma es un fluido de naturaleza esencialmente silicatada, sus componentes básicos son los tetraedros de sílice.
- Estos tetraedros pueden estar libres en el líquido magmático, pero lo normal es que, se unan unos a otros originando un entramado molecular dando lugar a silicatos y silicoaluminatos.
- La abundancia de sílice en los magmas varía mucho en función de las rocas de las que proceda el magma.



PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MAGMAS

- **La temperatura:** Depende de la composición mineralógica; ya que los minerales presentan distintos puntos de fusión.
- **La viscosidad:** Es la resistencia interna de un fluido. El grado de viscosidad depende de los siguientes factores:
 - **Composición química:** Los magmas son más viscosos cuanto mayor es la cantidad de sílice que presentan.
 - **El contenido en gases:** El agua y otros gases disminuyen la viscosidad de un magma.
 - **Contenido en minerales sólidos:** Aumenta la viscosidad.
 - **Temperatura:** Favorece la fluidez de un magma.
 - **Presión:** A menor presión los gases tienden a escaparse, por tanto, aumenta la viscosidad.



PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MAGMAS

- **La densidad:** Depende de la composición química. La fusión de las rocas de la corteza continental dará lugar a magmas ligeros, en cambio, la fusión de rocas de la corteza oceánica y del manto dará lugar a magmas de densidad mayor.
- Los magmas de regiones profundas tienen una densidad menor que la de las rocas de su entorno, eso hace que el magma ascienda hacia niveles más superficiales y se enfríe.
- Algunos magmas irrumpen en la superficie y desencadenan un ***proceso volcánico***, que implica un enfriamiento rápido.

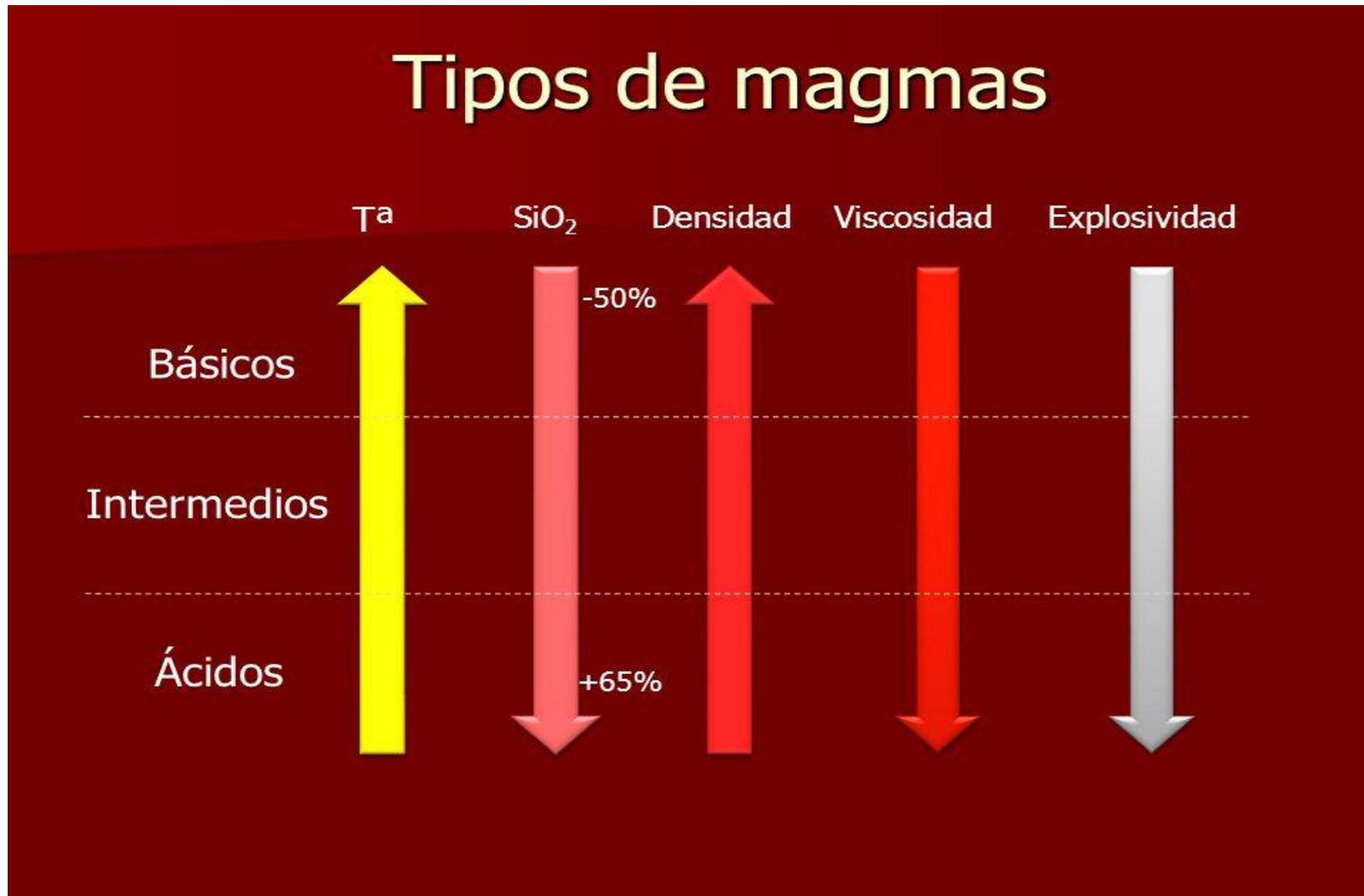


PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MAGMAS

- Otros magmas no salen al exterior, sino que se emplazan entre las rocas de la corteza terrestre (rocas encajantes) y sufren ***un enfriamiento progresivo*** que termina con la consolidación bajo la superficie.
- Los magmas se acumulan en unas bolsas llamadas cámaras magmáticas, (entre 1 a 5 Km de profundidad), donde experimentan una serie de procesos que pueden alterar su composición original y que se denominan **evolución magmática**.



TIPOS DE MAGMAS



TIPOS DE MAGMA

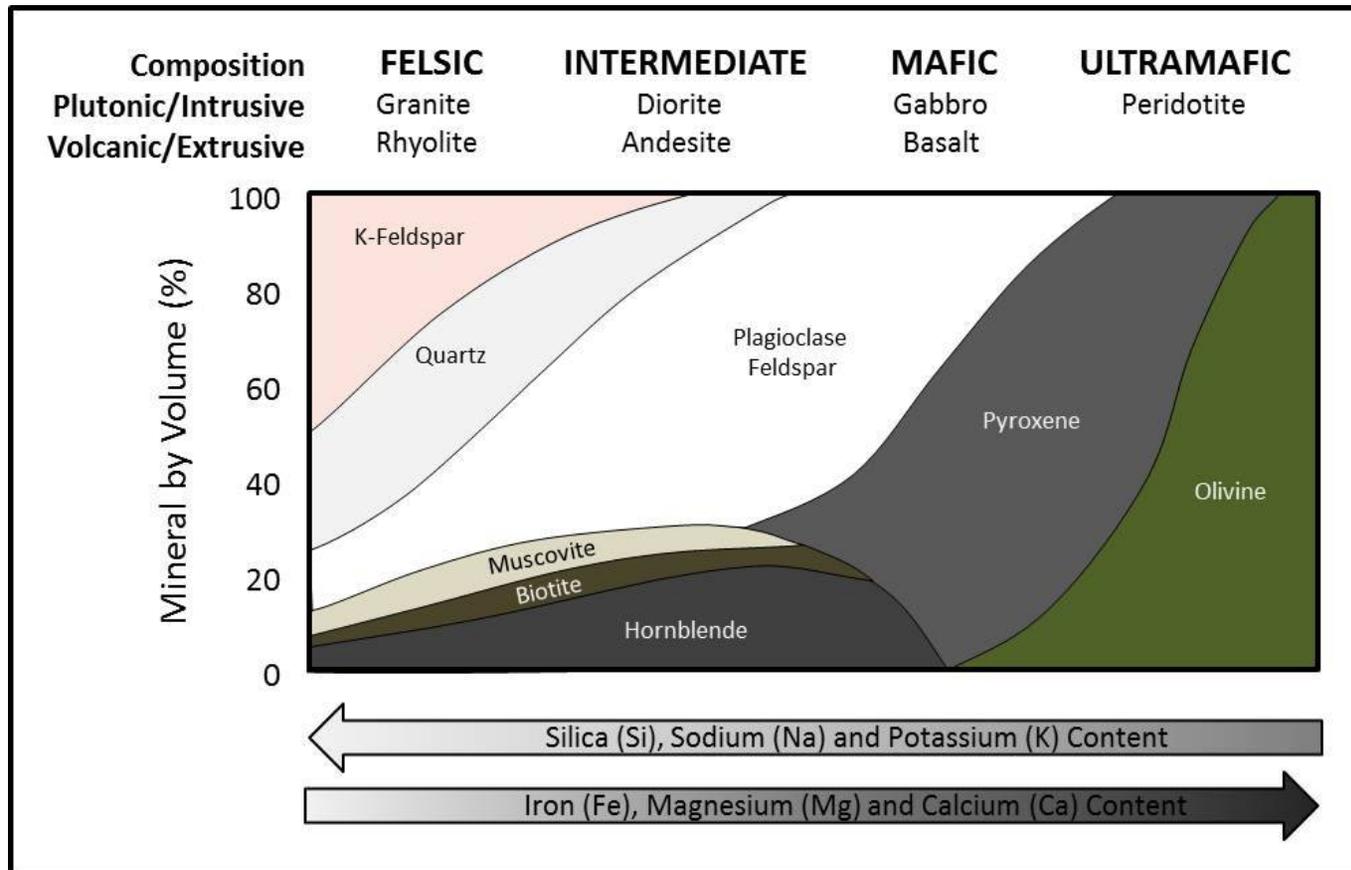
Existen distintos tipos de magmas según su contenido en sílice:

- Magma ácido o félsico: más del 65%
- Magma básico o máfico: entre 45 y 53%
- Magma intermedio: entre 53 y 65%
- Magma ultrabásico o ultramáfico: menos del 45%

Hay una relación inversa entre el porcentaje de sílice y el de hierro y magnesio.

Cuanto mayor es el porcentaje de sílice de un magma mayor es su viscosidad, menor la temperatura de solidificación y menor la densidad de las rocas resultantes.





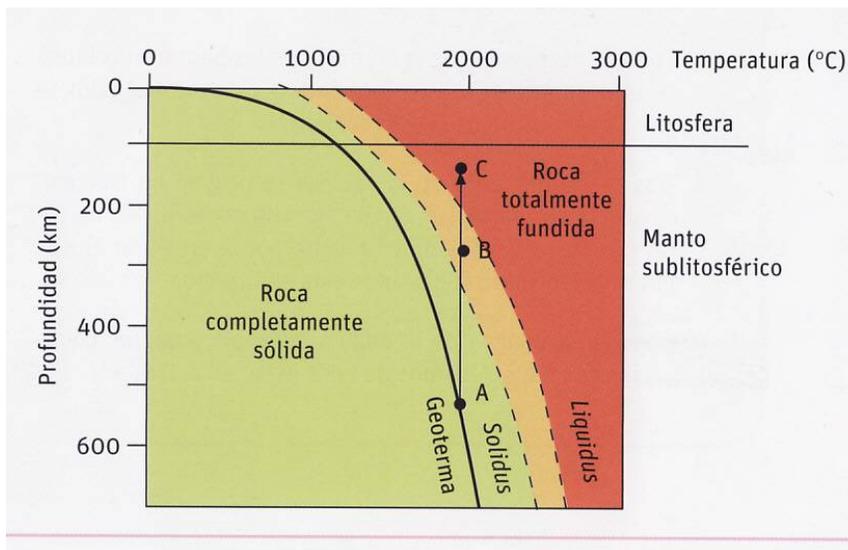
Los magmas félsicos son muy ricos en sílice. Su consolidación origina granito (plutónica) o riolita (volcánica). Los magmas máficos son pobres en sílice. Su consolidación origina gabbro (plutónica) o basalto (volcánica).



EL ORIGEN DEL MAGMA

La Tierra es sólida (salvo el núcleo interno).

La fusión de rocas para originar magma es un hecho poco común ya que cuanto mayor es la presión (profundidad) mayor temperatura se precisa para fundir los minerales.



- Curva de la temperatura
- - - Curvas de solidus y liquidus

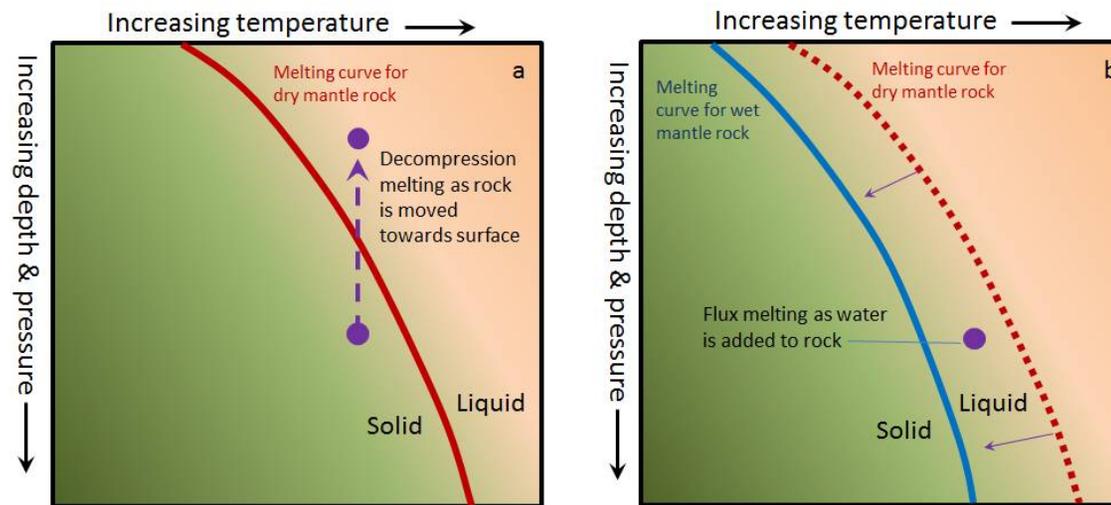
La temperatura está por debajo de las condiciones de fusión.



En contra de lo que se esperaría, los magmas no se originan por aumento de la temperatura.

Los mecanismos principales por los que funden las rocas son:

- por descompresión (a)
- por adición de agua (b)

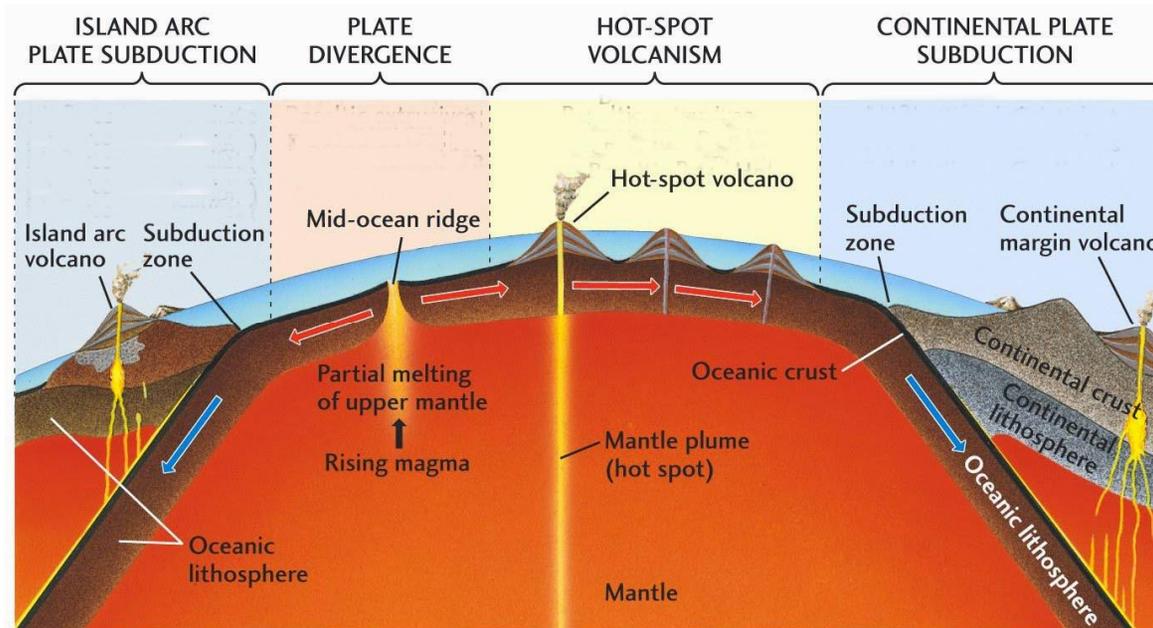


- Intervalo de fusión sin agua
- Intervalo de fusión con agua



DÓNDE SE ORIGINAN LOS MAGMAS

Consecuencia de todo lo anterior es que los magmas sólo se originan en ciertas zonas entre 30 y 200 kilómetros de profundidad. La mayor parte de los magmas se forman por fusión de la peridotita del manto.



CÓMO SE ORIGINAN LOS MAGMAS

La mayor parte de los magmas se forman por fusión parcial de la peridotita del manto.

El magma que se origina se llama magma primario y es un magma basáltico (máfico).

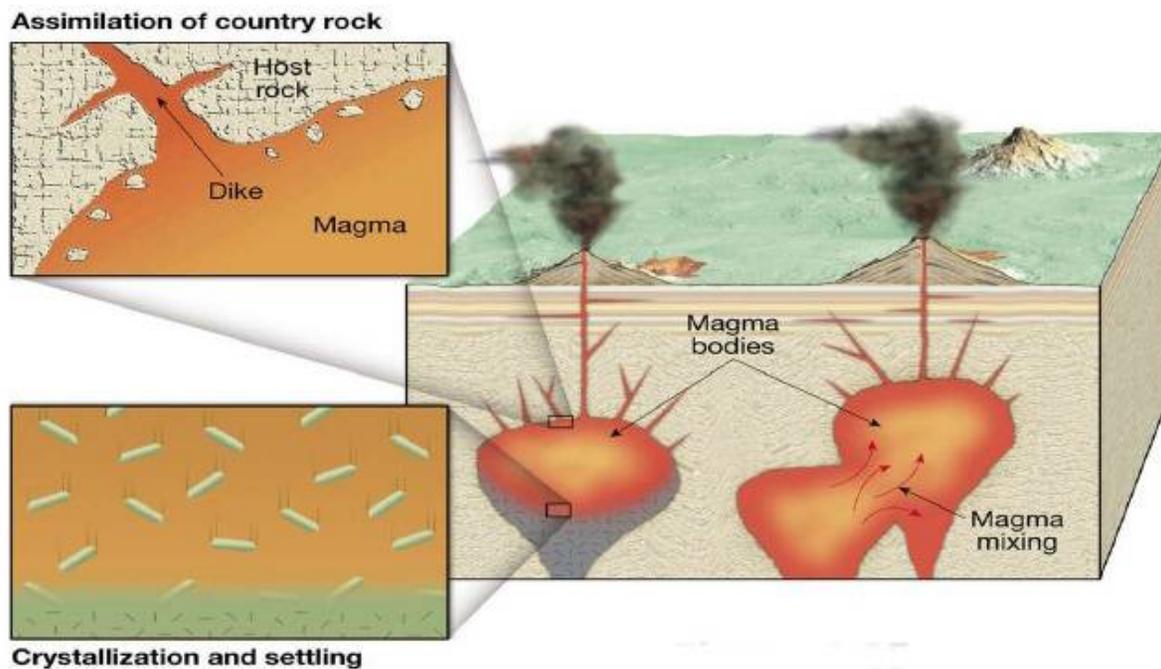
El magma es menos denso que la roca circundante y asciende acumulándose en un lugar llamado cámara magmática.



LA DIFERENCIACIÓN MAGMÁTICA

Una vez formado el magma, su composición química suele variar mediante distintos mecanismos:

- cristalización fraccionada
- asimilación de rocas
- mezcla de magmas

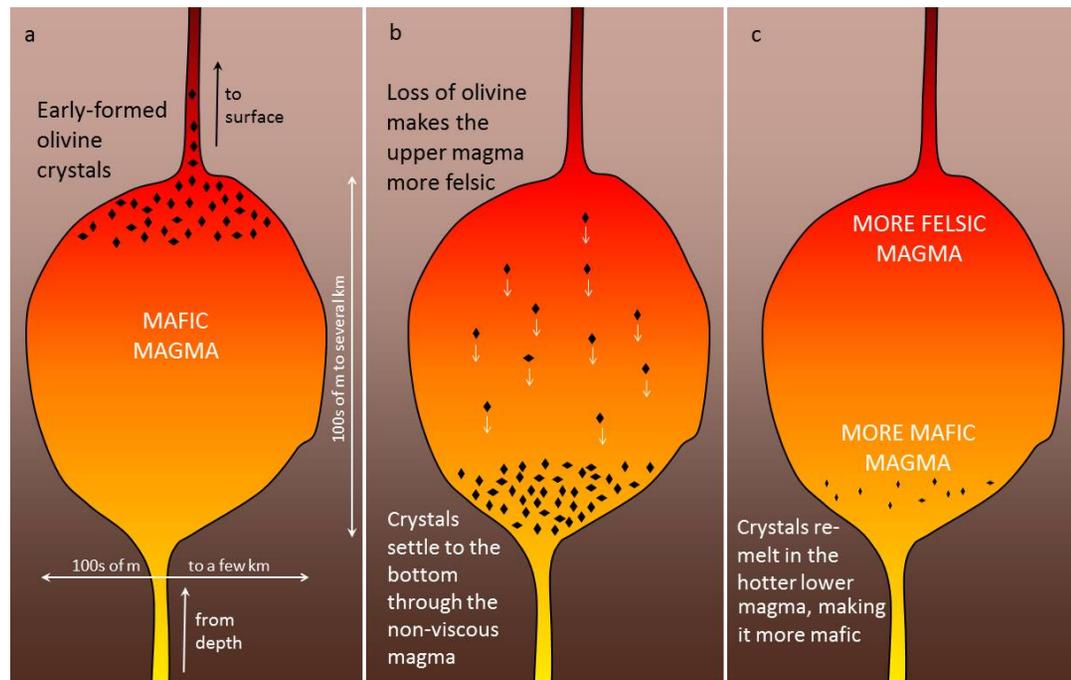


LA CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA

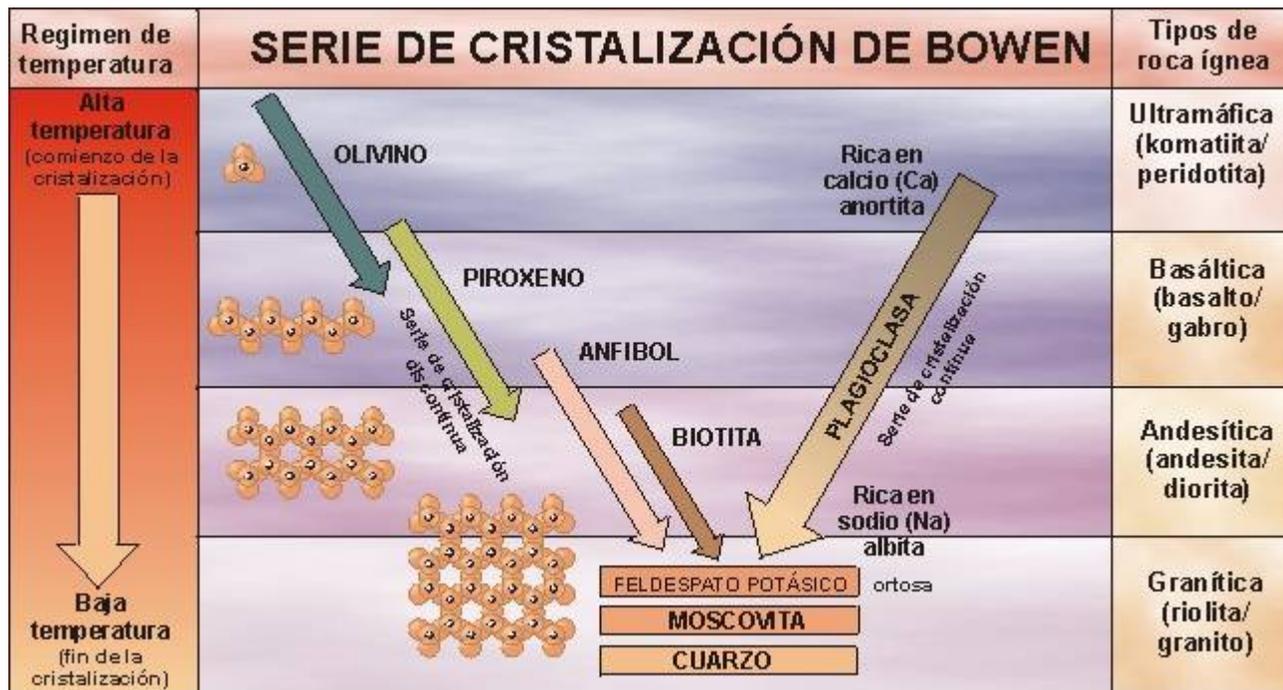
El primer mineral en cristalizar en el seno del magma es el de mayor temperatura de fusión (olivino).

Le siguen otros minerales (silicatos) por orden de temperatura de fusión decreciente. La secuencia de cristalización viene expresada por la serie de Bowen.

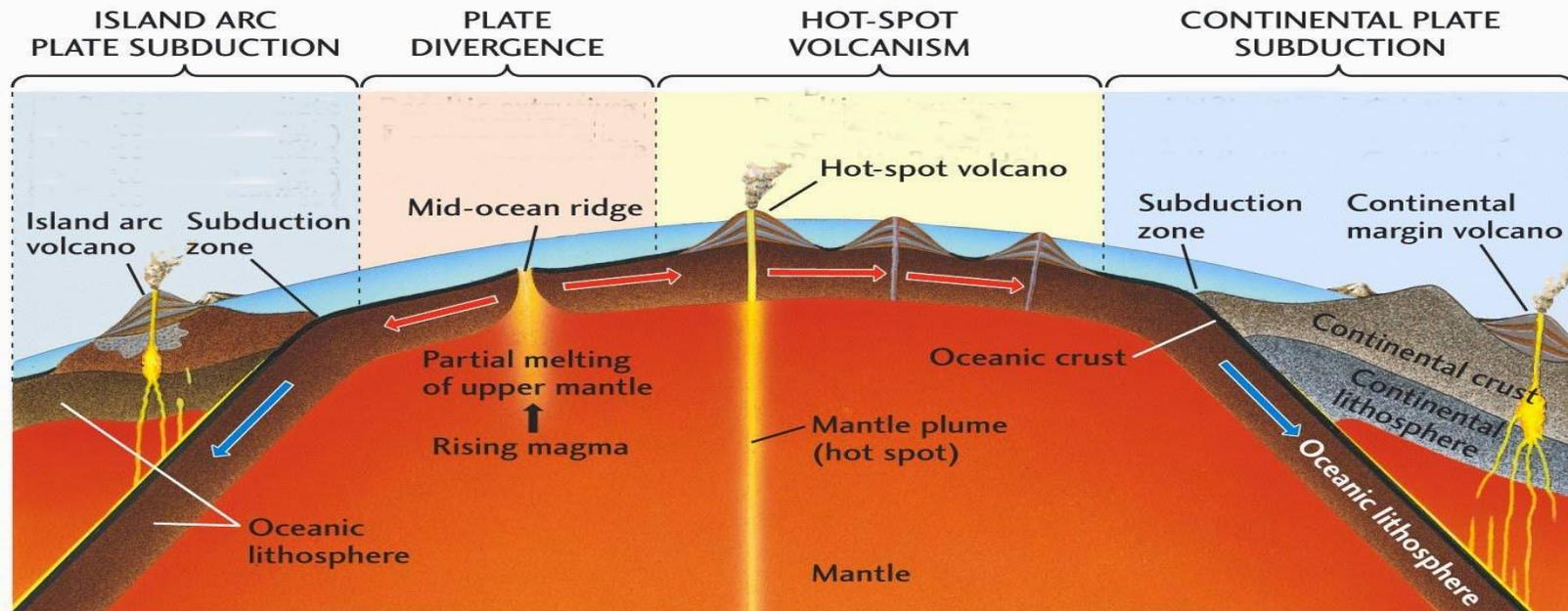
La cristalización fraccionada conduce a la formación de magmas secundarios que son cada vez más félsicos.



LA SERIE DE BOWEN



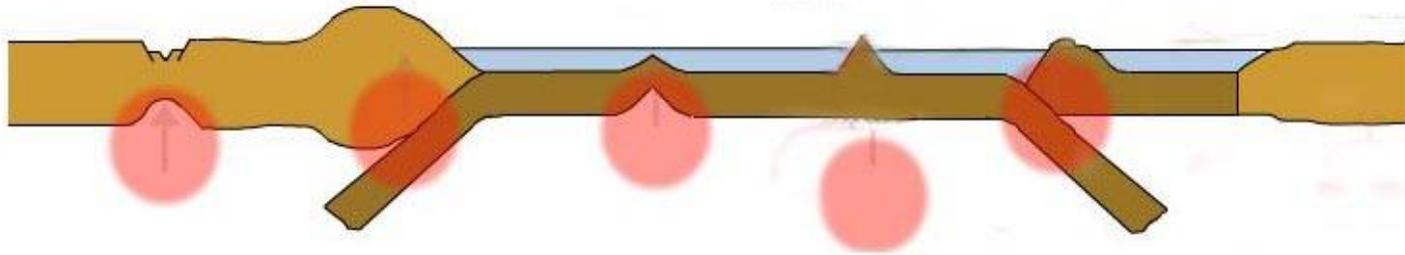
MAGMATISMO Y TECTÓNICA DE PLACAS



La mayor parte de los magmas se originan en los límites de las placas litosféricas.

Sólo un 18 % se origina fuera de ellos (puntos calientes).

En las zonas de subducción, los magmas primarios formados por la fusión parcial de la peridotita del manto se diferencian formando magmas secundarios félsicos.



Dorsales (67 %): magma máfico.

Punto caliente oceánico (16 %): magma máfico.

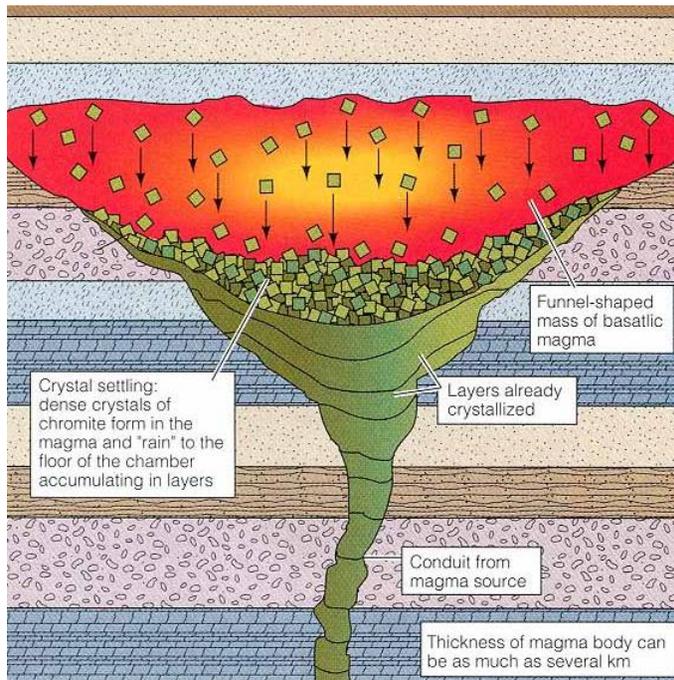
Zonas de subducción (15 %):

- Convergencia litosfera oceánica-litosfera oceánica: magma intermedio.

- Convergencia litosfera oceánica- litosfera continental: magma félsico.



DIVERSIFICACIÓN DE MAGMAS



Ahora hemos creado un magma primario mediante la fusión parcial del manto.

Es un basalto

¿Podemos obtener la diversidad de rocas ígneas que encontramos en la superficie de este padre?

¿Si es así, cómo?

Si no es así, ¿qué otros procesos son necesarios?



Diferenciación Magmática

Dos esenciales crea una diferencia de composición en una o más fases.

1. Conserva la diferencia química de los procesos.
2. segregando (o fraccionando) las partes químicamente distintas

1. Crea una diferencia de composición en una o más fases a medida que los elementos se dividen en respuesta a un cambio en una variable intensiva, como la presión, la temperatura o la composición.

Esto determinará la tendencia del proceso de diferenciación.

2. Conserva la diferencia química al segregar (o fraccionar) las partes químicamente distintas para que puedan formar una roca o continuar evolucionando como sistemas separados

La efectividad del proceso de fraccionamiento determina el alcance de los beneficios de diferenciación a lo largo de una tendencia particular

Más comunes: diferenciación que implica la separación física de fases en sistemas multifase.

La efectividad depende de los contrastes en las propiedades físicas tales como densidad, viscosidad, difusividad y tamaño / forma

La energía suele ser térmica o gravitacional.

Las fases que se fraccionan en los sistemas magmáticos pueden ser líquido-sólido, líquido-líquido

FUSIÓN PARCIAL

Separación de un líquido parcialmente fundido del residuo sólido.

Implica la partición de constituyentes químicos.
Puede producir una variedad de composiciones fundidas de una sola fuente

La separación de un líquido parcialmente fundido del residuo sólido requiere un porcentaje de fusión crítico
Se debe producir suficiente masa fundida para que al formar una película continua esté interconectada.
Tener suficiente volumen interior que no esté todo adsorbido a las superficies de cristal



Cristalización Fraccionada

- Mecanismo dominante por el cual la mayoría de los magmas, una vez formados, se diferencian.?
- Efectos de la eliminación de los cristales a medida que se formaron (en comparación con la cristalización en equilibrio) en la línea de descenso del líquido.



Otros dos mecanismos que facilitan la separación de cristales y líquidos.

1. Compactación

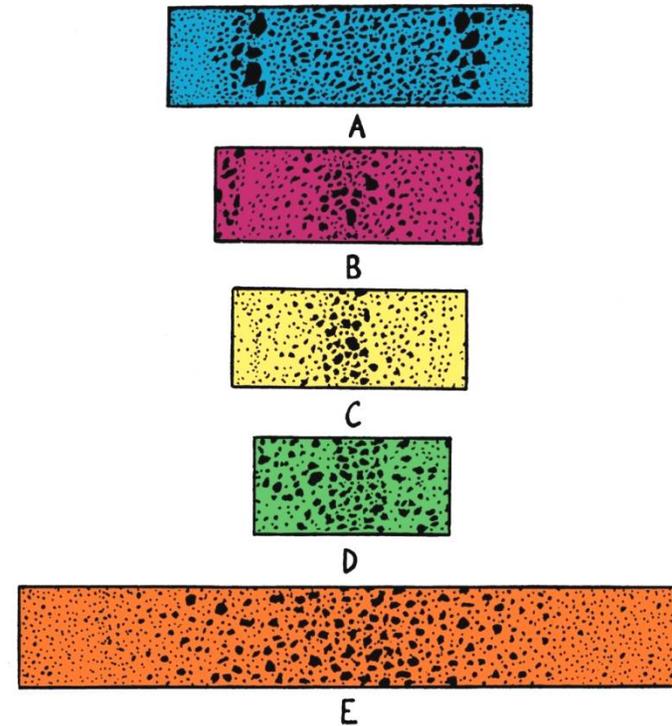
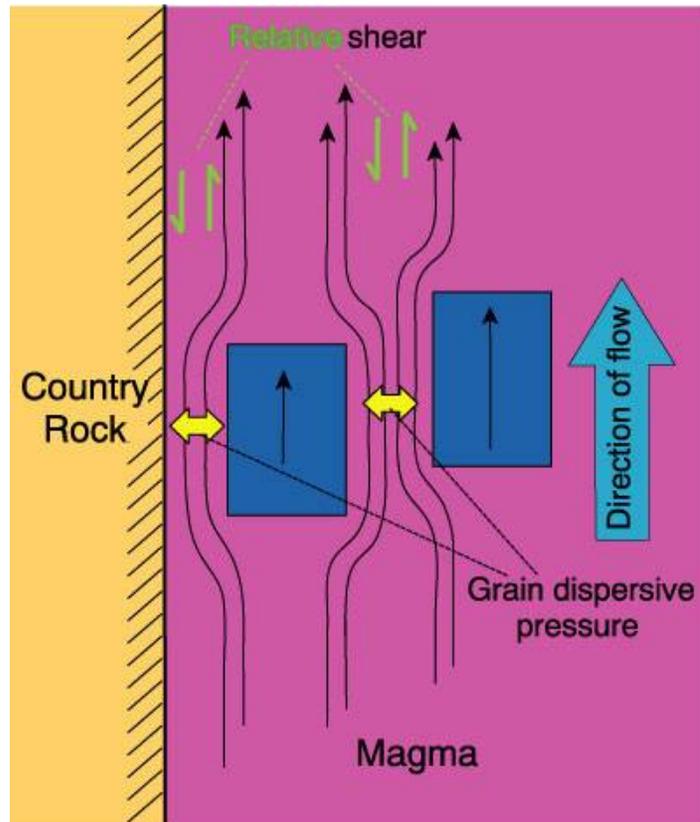
Además de la sedimentación por gravedad, existen otros dos mecanismos que facilitan la separación de cristales y líquidos.

1. La compactación (mencionada en referencia a la fusión parcial) también es bastante posible en mushes de cristal que se forman como cristales acumulados o suspendidos



Otros dos mecanismos que facilitan la separación de cristales y líquidos.

2. Segregación por flujo



El movimiento del magma más allá de las paredes estacionarias de la roca rural crea cizallamiento en el líquido viscoso

El magma debe fluir alrededor de los fenocristales, ejerciendo presión sobre ellos en las constricciones donde los fenocristales están cerca uno del otro o el contacto

Pressure presión de dispersión del grano, forzando a los granos a separarse y alejarse del contacto

Este es probablemente un efecto relativamente menor.

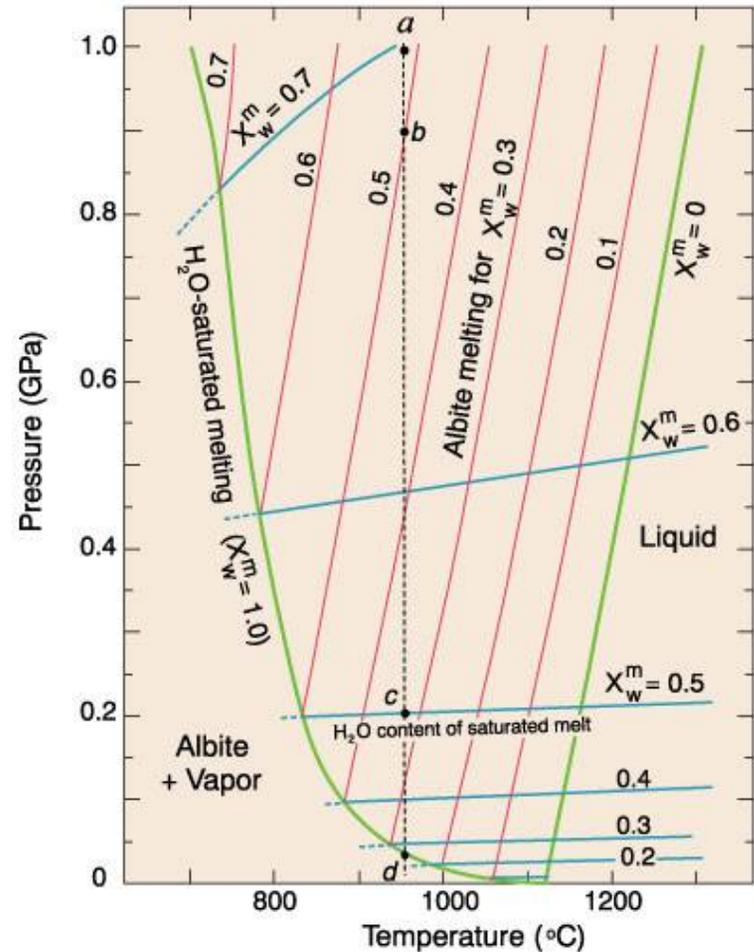
Transporte Volatil

1. Vapor liberado por calentamiento de rocas de pared hidratadas o carbonatadas.



Transporte Volatil

2. A medida que un magma con carga volátil (pero no saturado) aumenta y la presión se reduce, el magma puede eventualmente saturarse en el vapor y se liberará una fase de vapor libre.



3. Cristalización fraccionada en etapa tardía

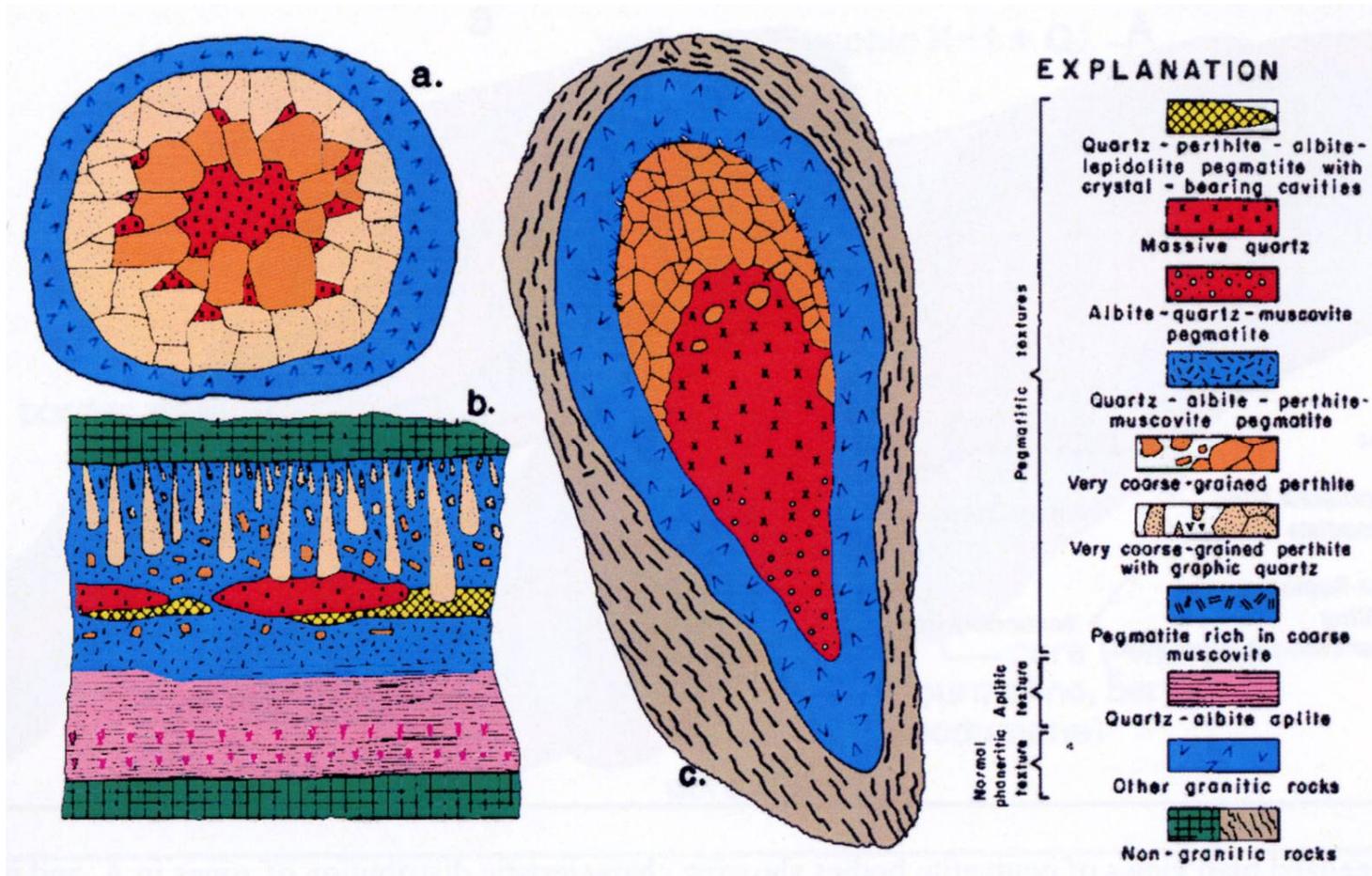
- La cristalización fraccionada enriquece la fusión tardía en elementos incompatibles, LIL y no litófilos
- Muchos se concentran más en el vapor.
- Particularmente enriquecido con ebullición recurrente (la fusión ya evolucionó cuando se liberó la fase de vapor)
- Obtenga un vapor saturado de silicato + un líquido de silicato derivado tardío saturado de vapor

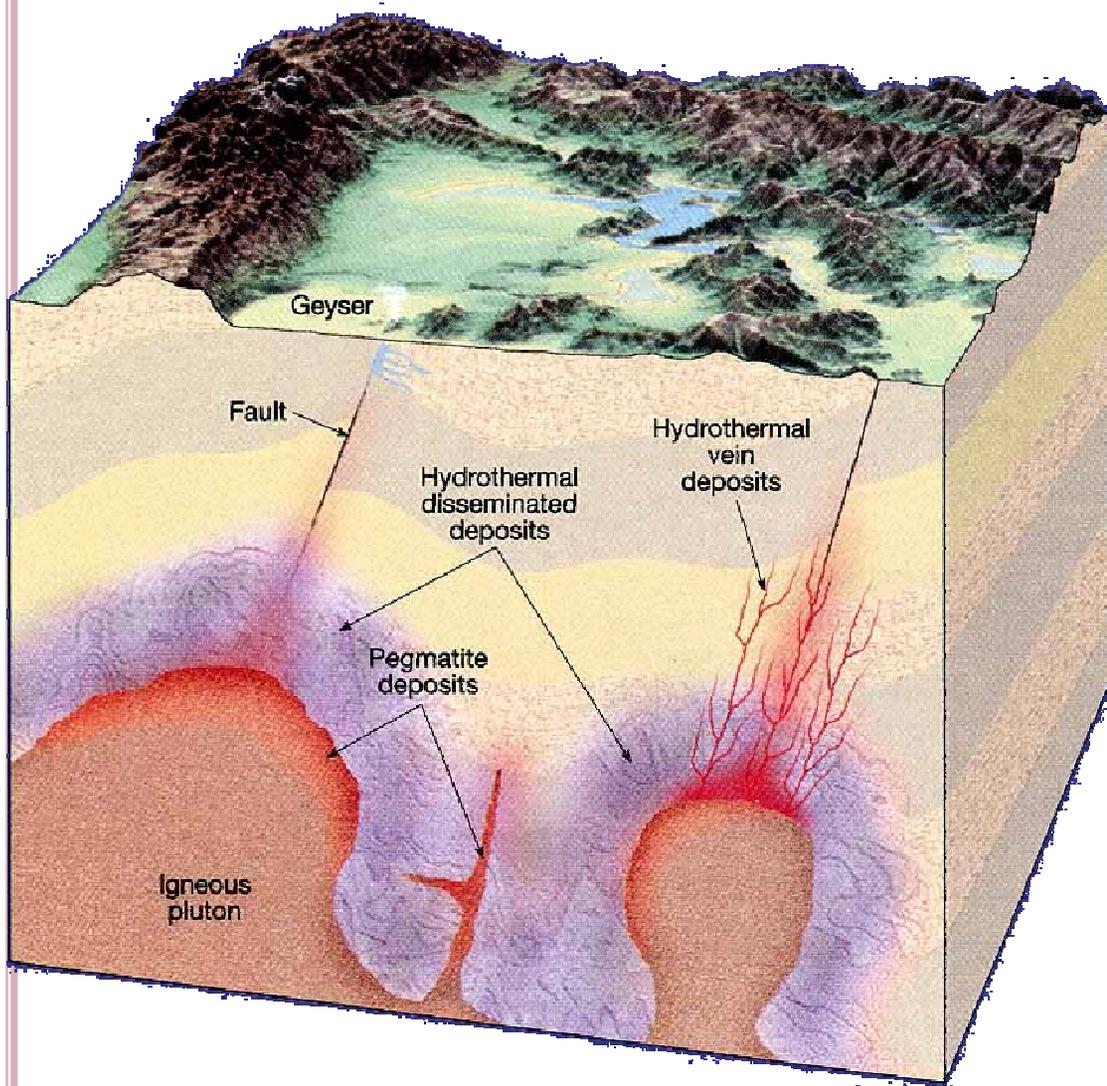
La segregación mineral de una masa fundida enriquecerá la masa fundida en fases volátiles. Incluso el fraccionamiento de minerales hidratados elimina menos agua de la masa fundida que la que se concentra mediante la separación de otros minerales. Finalmente, el magma alcanza el punto de saturación y se produce una fase de vapor hidratada.

Esta "paradoja" paradójica del agua cuando el magma se enfría se ha llamado retrógrada o hervida recurrente

La fase de vapor concentra componentes volátiles como H₂O, CO₂, S, Cl, F, B y P, así como una amplia gama de elementos incompatibles y calcófilos (especialmente LIL).

- Concentración de elementos incompatibles
- Complejos de variabilidad mineralógica



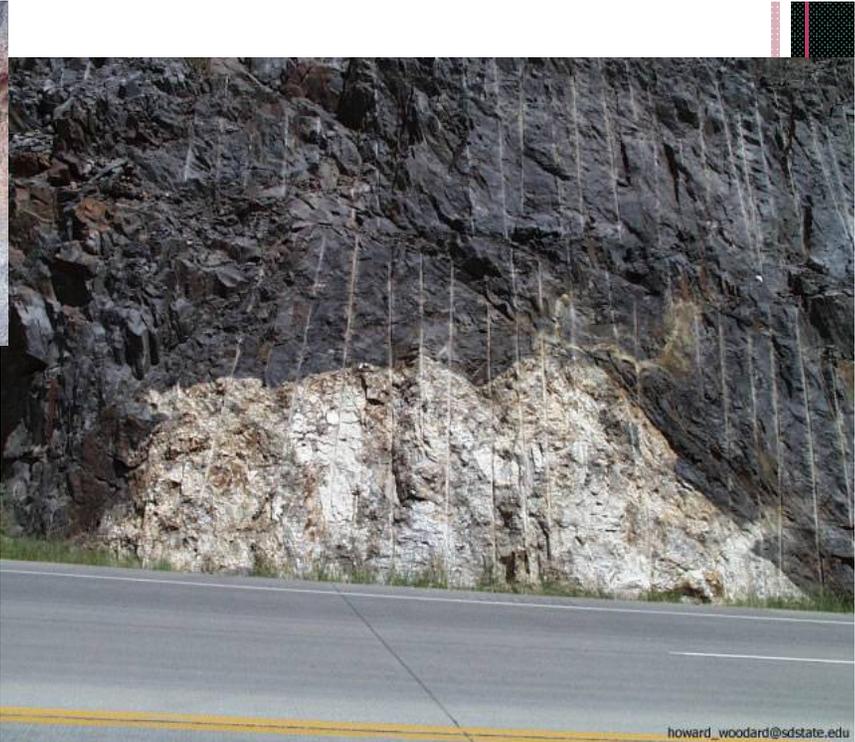


5 mm oro de un depósito hidrotermal



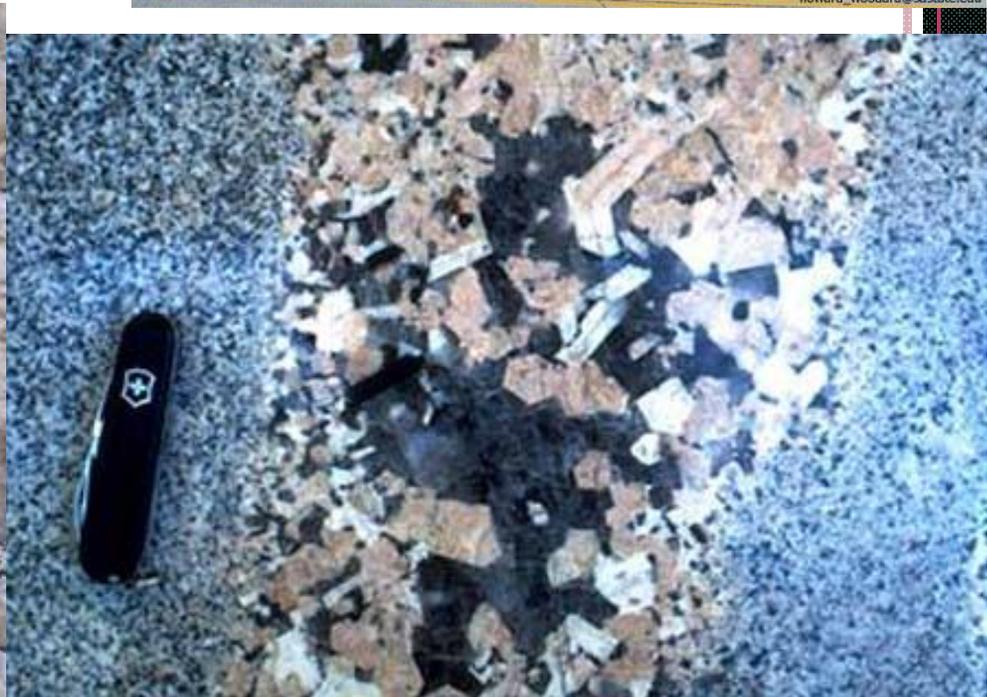
8 cm tourmaline crystals from pegmatite





howard_woodard@sdsstate.edu

Pegmatitas





Diques de Aplitas



EVOLUCIÓN DE LOS MAGMAS: DIFERENCIACIÓN MAGMÁTICA

- El magma se va enfriando progresivamente – ***Cristalización de minerales.***
- ***Diferenciación magmática*** – Distintos procesos que darán lugar a uno u otro tipo de roca.
- Factor decisivo es el **tiempo**:
 - Enfriamiento lento
 - Enfriamiento rápido
- ***Serie de Bowen:***
 - **Reacción continua**
 - **Reacción discontinua**



FASES DE LA CONSOLIDACIÓN DE UN MAGMA

- **Fase ortomagmática** – Temperatura origen del magma hasta los 500 °C.
- **Fase pegmatítico – neumatolítica** – Temperatura media 500 °C.
- **Fase hidrotermal** – Temperatura 400 °C – 100 °C. Parte de estas soluciones pueden llegar a la superficie en forma de géiseres, fuentes hidrotermales o fumarolas.
- **Cristalización fraccionada:**
 - Fase sólida – cristales que se han separado
 - Fase líquida – magma residual. Formarán rocas completamente distintas entre sí.

La separación de las fases sólida y líquida se produce por:

 - Separación por gravedad
 - Por acción de los gases – Burbujas que arrastran el líquido residual
 - Por filtro-prensa
 - Por flujo o congelación
- **Asimilación magmática y Contaminación magmática.**

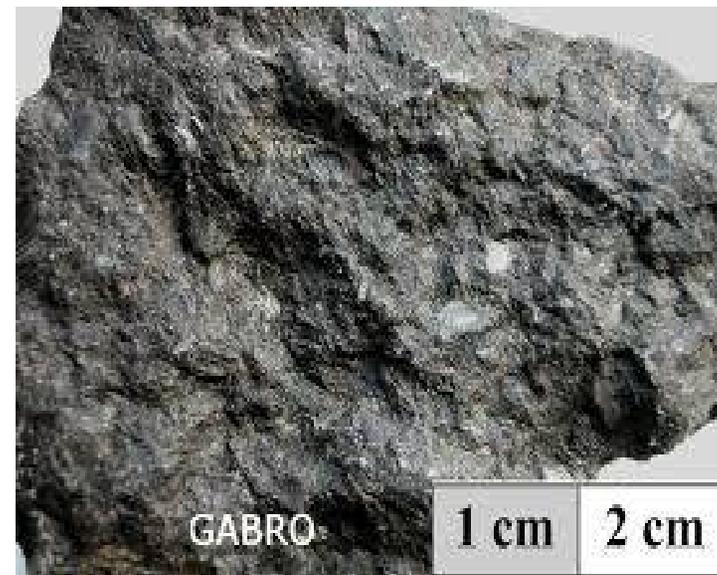


ROCAS FORMADAS A PARTIR DE MAGMAS BÁSICOS

- Roca volcánica
 - **Basalto**

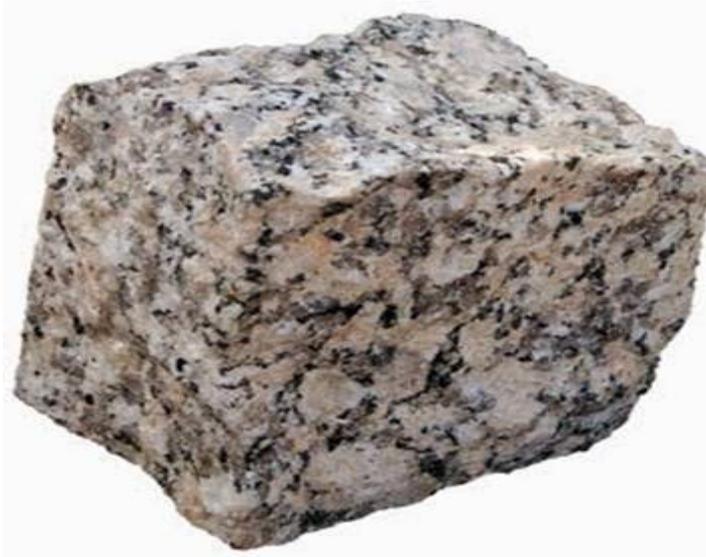


- Roca plutónica
 - Gabro**



ROCAS FORMADAS A PARTIR DE MAGMAS ÁCIDOS

- Roca plutónica
 - **Granito**

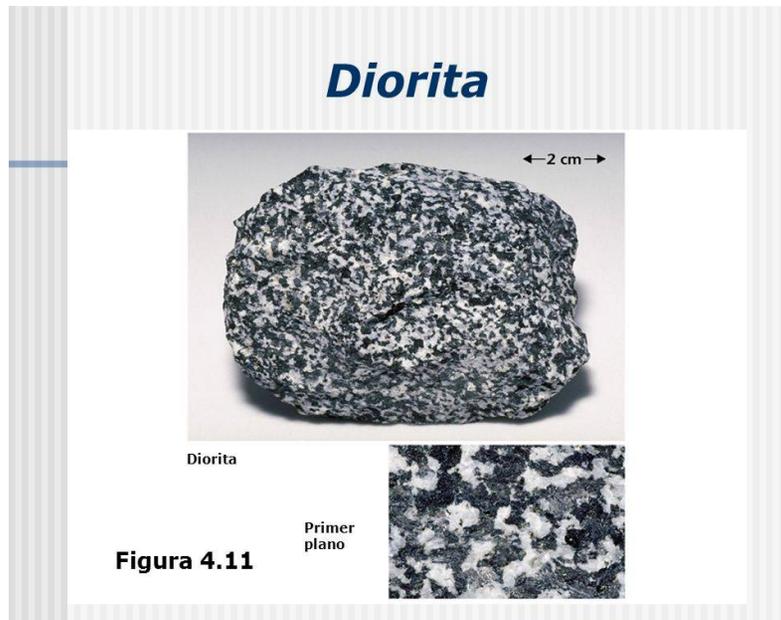


- Roca volcánica
 - Riolita**



ROCAS FORMADAS A PARTIR DE MAGMAS INTERMEDIOS

- Roca plutónica
 - **Diorita**



- Roca volcánica
 - Andesita**

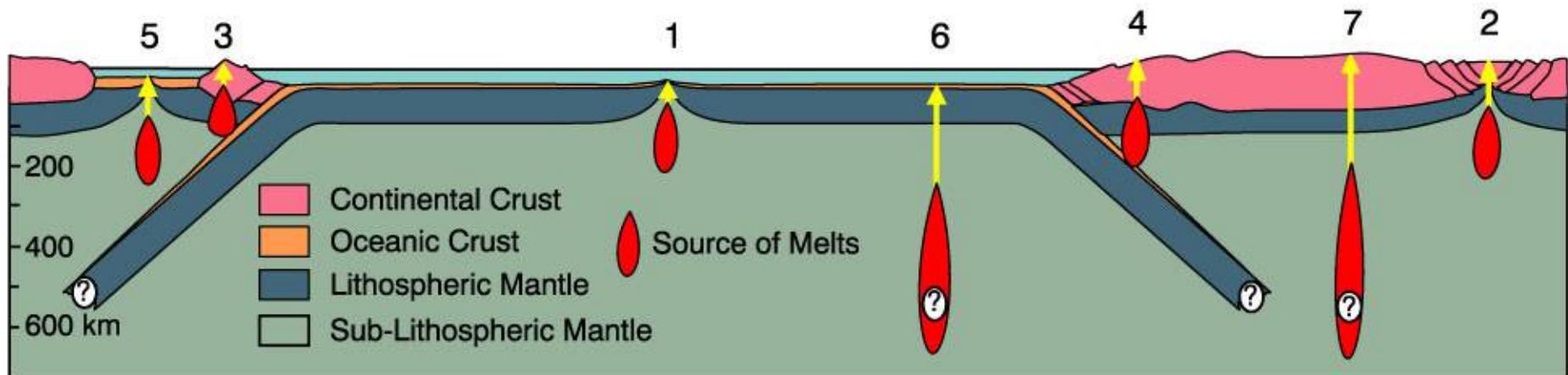


Andesita



ASOCIACIONES TECTÓNICAS-IGNEAS

- Asociaciones a mayor escala que las provincias petrogenéticas.
- Un intento de abordar los patrones globales de actividad ígnea agrupando las provincias en función de las similitudes en la ocurrencia y la génesis



Asociaciones Tectónicas-Igneas

- Volcanismo de la cordillera del medio océano
- Ocean Intra-plate (isla) volcanismo
- Basaltos de la meseta continental
- Subducción relacionada con el vulcanismo y el plutonismo
- Arcos de islas
- Arcos continentales
- Granitos (no es una verdadera Asociación T-I)
- Procesos ígneos en su mayoría alcalinos de interiores craton estables.
- Macizos Anorthosite

