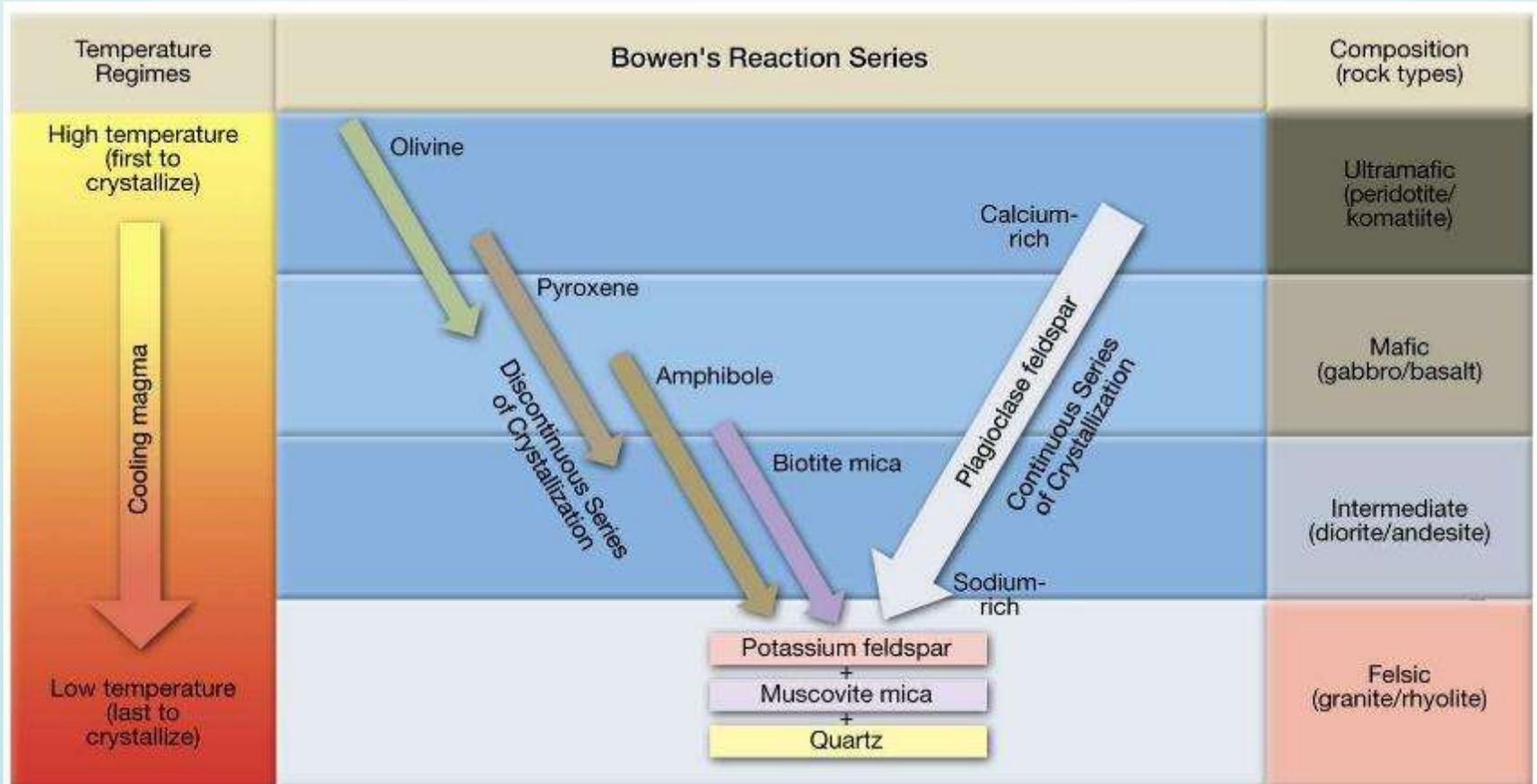


# **La serie de reacción de Bowen y la formación de las rocas Ígneas**

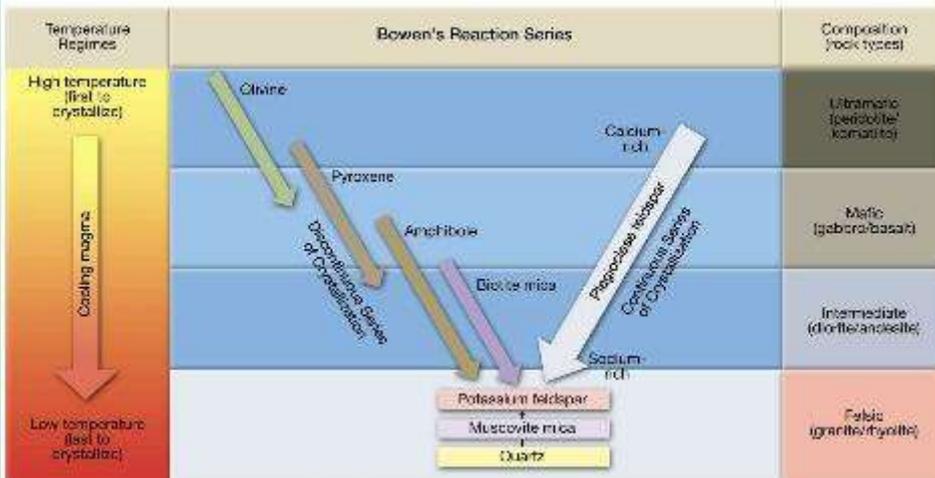
Las  
rocas ígneas se  
forman a través de la  
solidificación del  
magma.

# La serie de reacción de Bowen



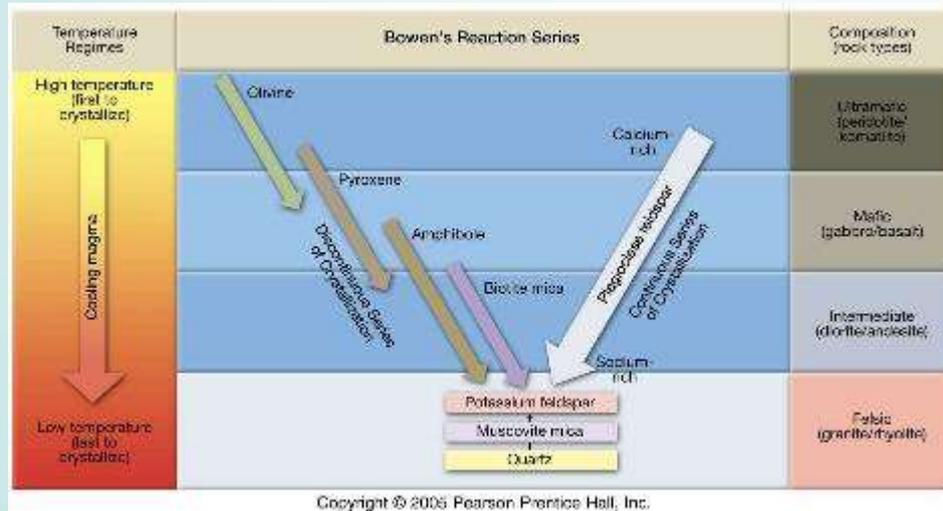
# La serie de reacción de Bowen

A diferencia del hielo que se cristaliza a una temperatura, parte del magma comienza a cristalizarse a una temperatura y continua cristalizándose a través de mas de 200° C de diferencia.



- Los minerales se cristalizan de manera sistemática de acuerdo con su punto de fusión.
- La serie de reacción de Bowen nos muestra que los primeros minerales en cristalizarse tienen una composición de magma basáltica.

# La serie de reacción de Bowen

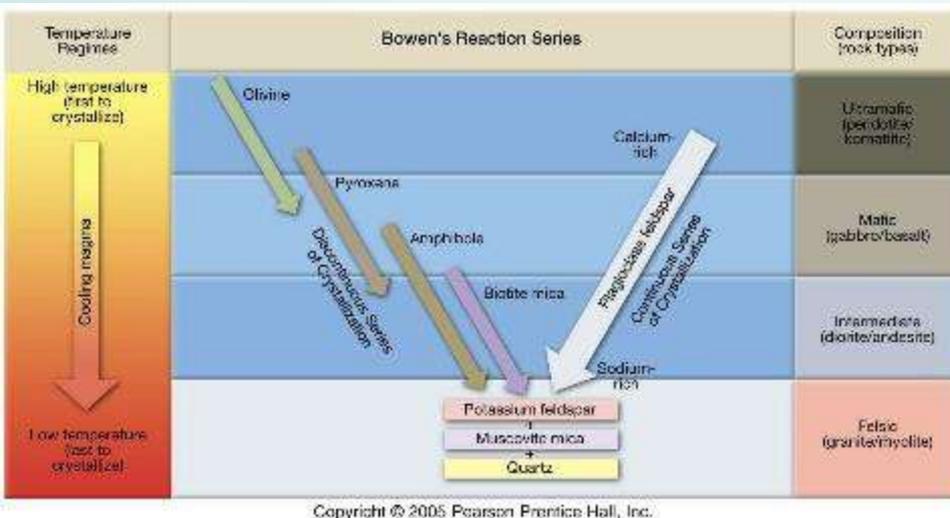


El primer mineral en cristalizarse de un magma basáltico es el mineral ferromagnético “olivino”.

Al continuar enfriándose el magma, se van formando los minerales “piroxeno” y “feldespato de plagioclasa rico en calcio”.

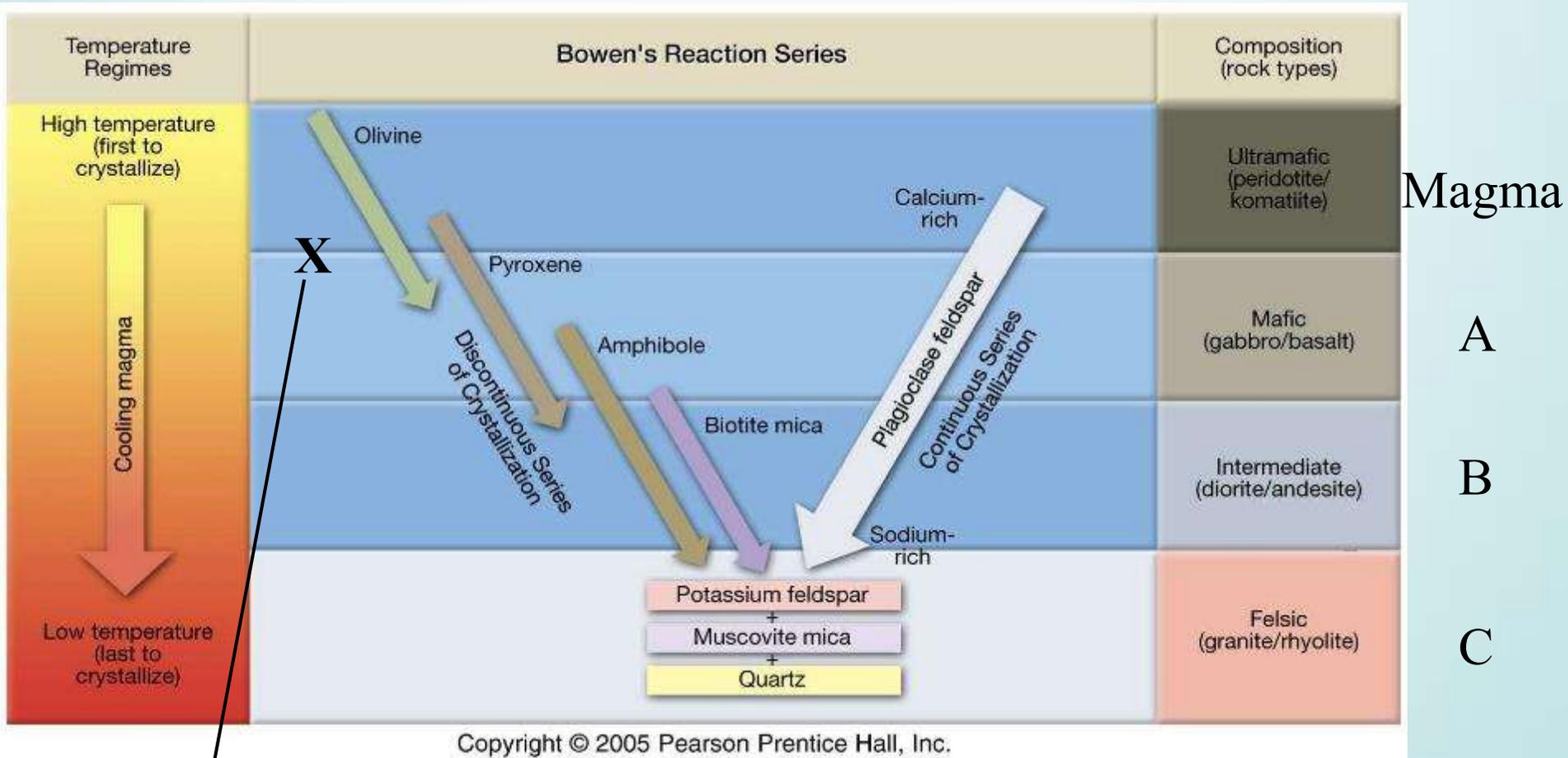
Según baja la temperatura se siguen formando minerales y **va alterando** la química del magma.

# La serie de reacción de Bowen



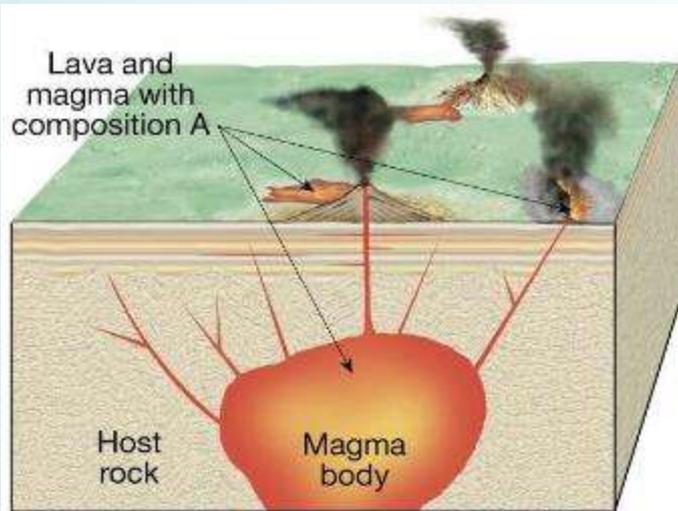
- Pueden ocurrir dos situaciones:
  - Segregación de los cristales que se van formando
  - Que no se segreguen y continúe la Serie de reacción de Bowen

# La serie de reacción de Bowen

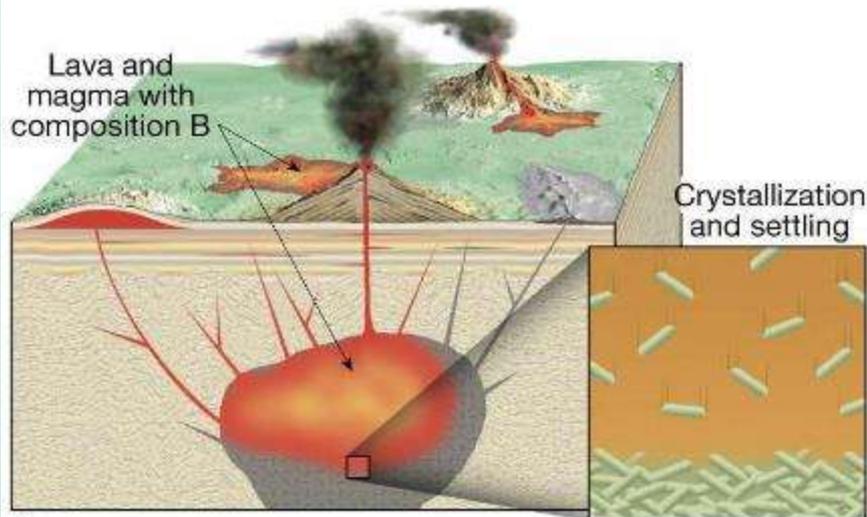


Cuando se han cristalizado los olivinos la composición química del magma restante es diferente.

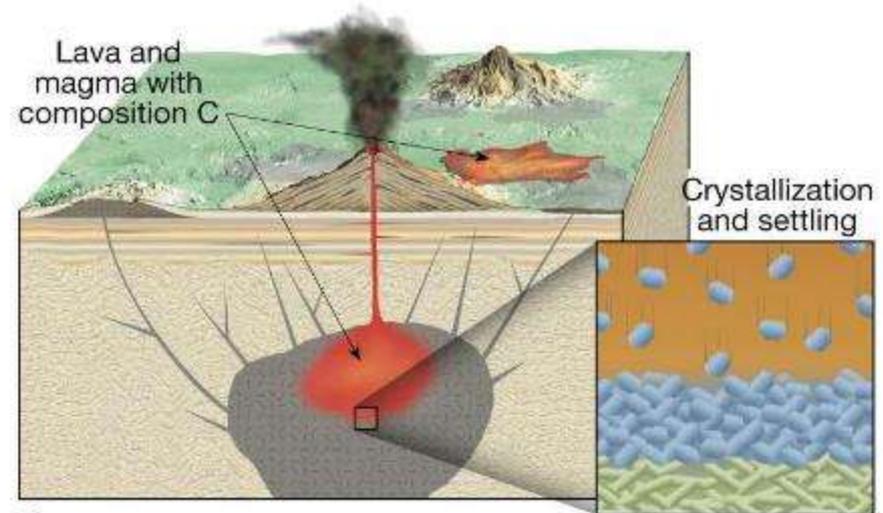
El magma evoluciona según los minerales se van cristalizando. El magma original tiene en su composición todos los minerales, pero según los primeros minerales se cristalizan la química del magma cambia. Los primeros minerales en cristalizarse son ricos en hierro, magnesio y calcio dejando un magma rico en sodio, potasio y sílice.



A.

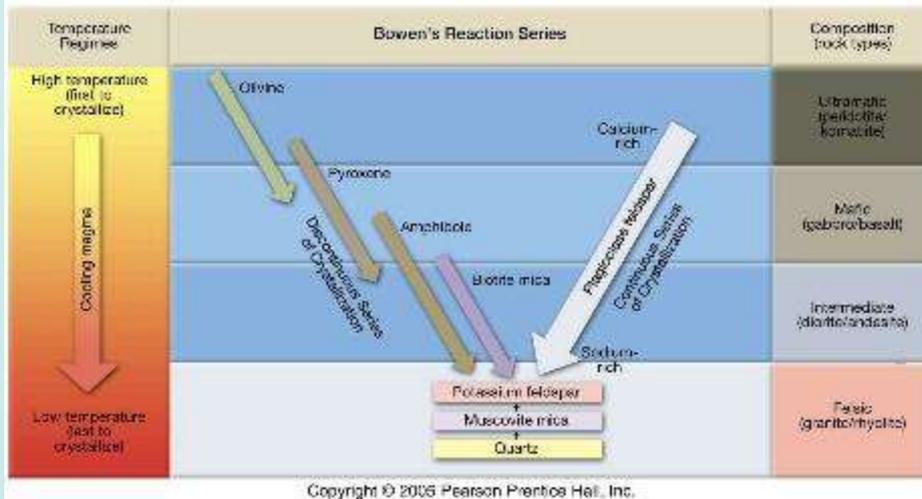


B.



C.

# La serie de reacción de Bowen

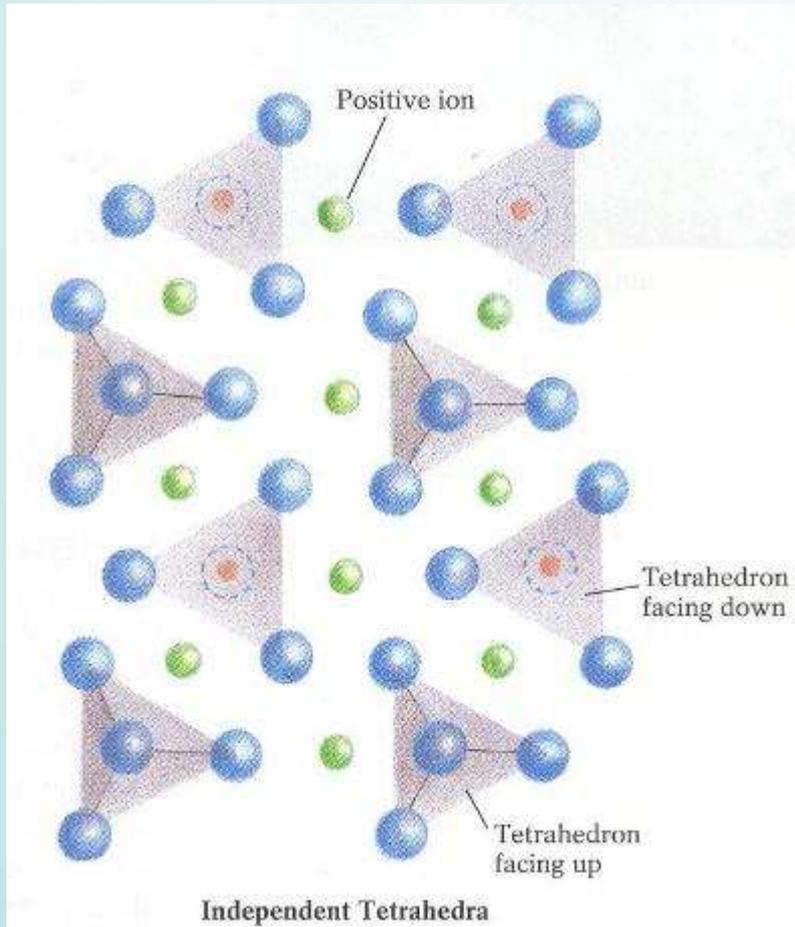


- No segregación
- En este caso los cristales que se han formado y permanecen suspendidos en el magma continúan reaccionando con esta y son alterados a otros minerales.
- Olivino, continua reaccionando para formar piroxeno.
- Al continuar bajando la temperatura piroxeno continua reaccionando para formar anfíbol. El cual con disminución en temperatura formara biotita

# La serie de reacción de Bowen

- Olivino
- Piroxeno
- Anfíbol
- Biotita
- Tetraedros independientes
- Cadenas simples
- Cadenas dobles
- Capas de tetraedros

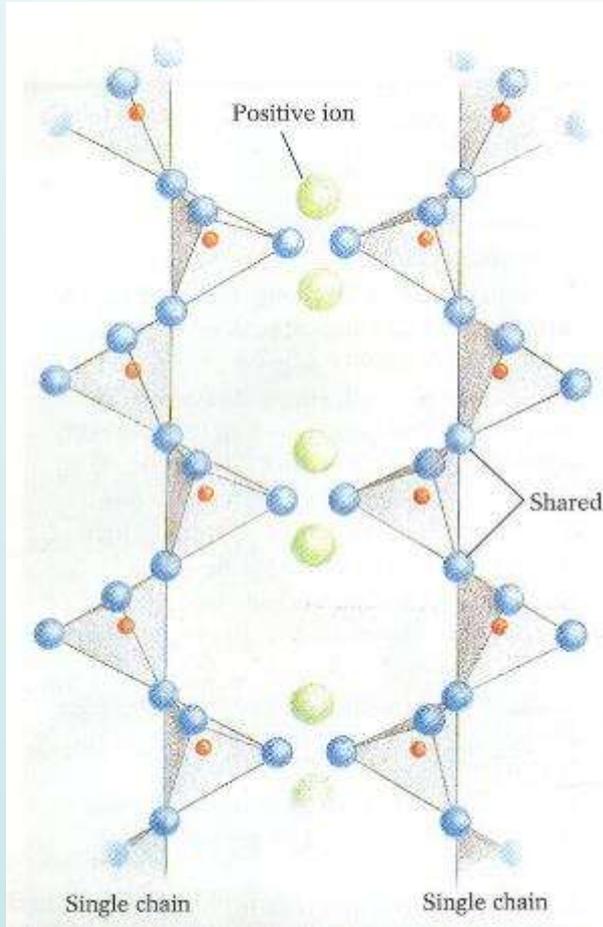
# Tetraedros independientes



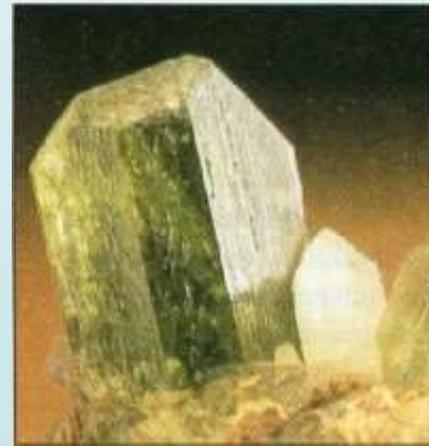
- Los tetraedros independientes están unidos por un ion positivo y no comparten sus oxígenos.
- Ej. Olivino



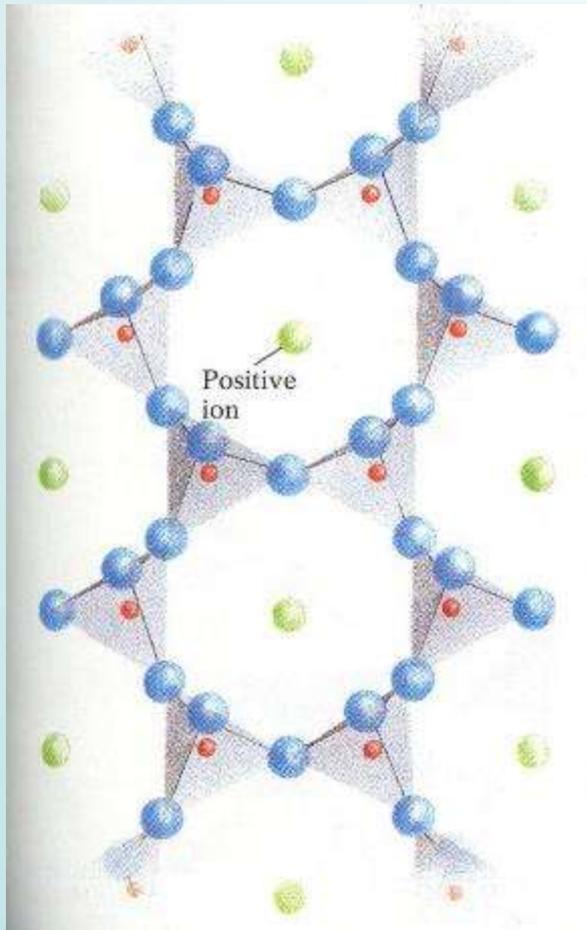
# Cadenas simples



- Cada tetraedro comparte dos oxígenos restando una carga de (-2). Como la unión dentro de cada cadena es fuerte y la unión entre cadenas mas débil; estos minerales tienden a tener clivaje.
- Ej. piroxeno



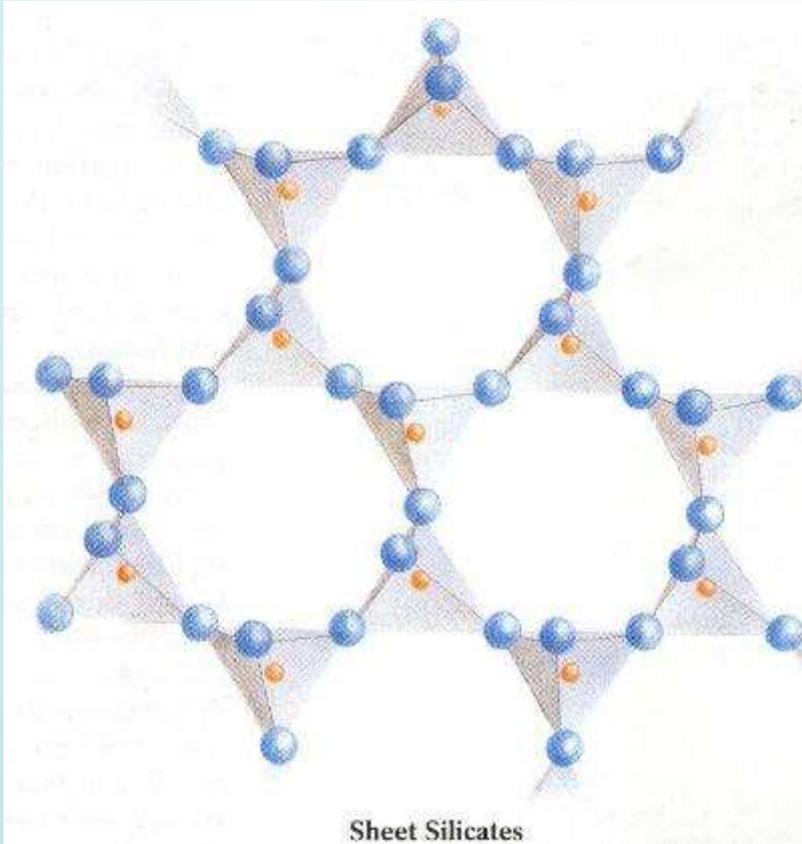
# Cadenas dobles



- Una cadena doble se forma cuando tetraedros adyacentes comparten dos oxígenos y un tercer oxígeno es compartido con otra cadena de tetraedros.
- Ej. Hornablenda (tipo de anfíbol)

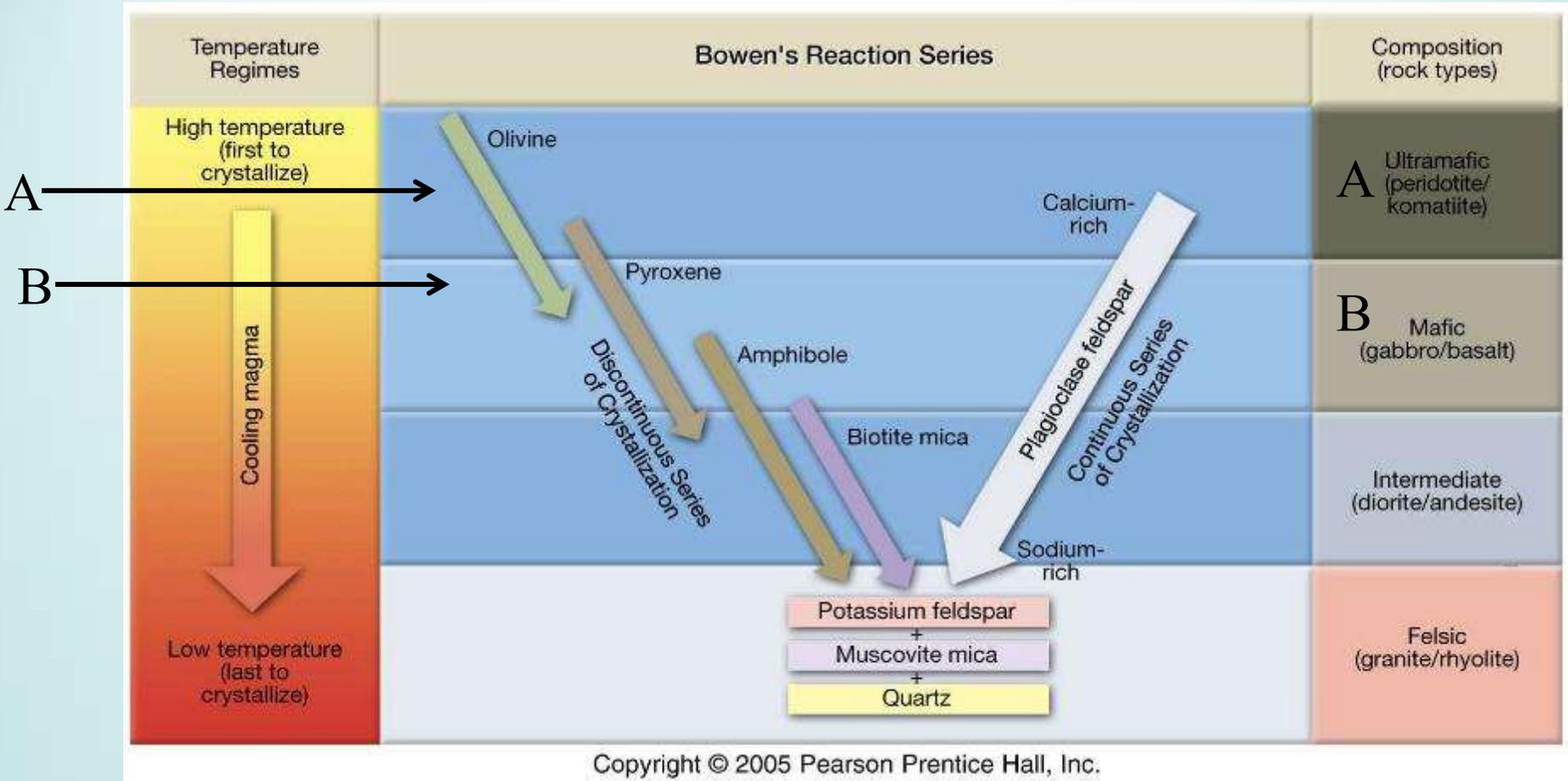


# Capas de tetraedros



- Los tres oxígenos en la base del tetraedro son compartidos. El cuarto oxígeno está libre para unirse a un ion de carga positiva.
- Ej. Mica (biotita, moscovita)





A- Una roca formada a esta temperatura del magma es la **peridotita**, por lo general asociada al manto.

B- una basalto compuesto por olivino, piroxeno y feldespato de plagioclasa.

# Peridotita- Ultramáfica



Olivina

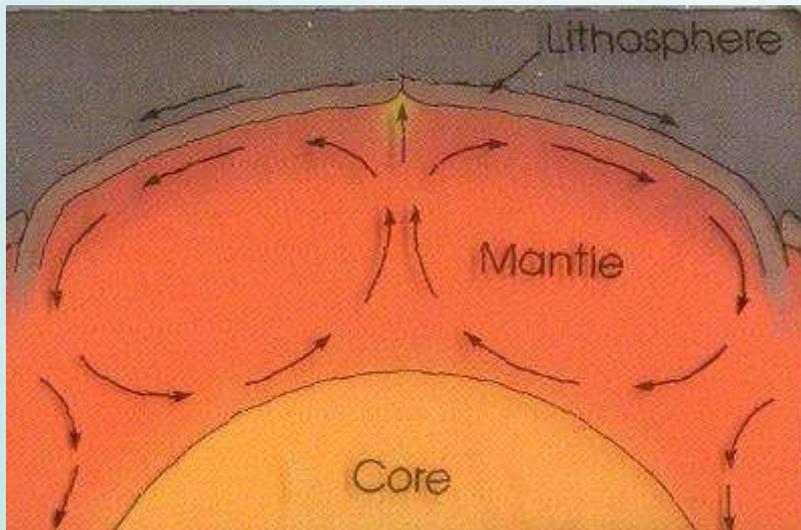
Piroxeno

- Compuesta esencialmente por olivino y piroxeno.
- El color de la roca es verdoso por el olivino que es verde y porque los piroxenos son verde oscuro.

# Komatiíta - Ultramáfica

- Komatiíta es una roca extrusiva.
- Es una roca poco común que por lo general tiene edades de mas de 3 billones de años. Esto quiere decir que se formó cuando nuestro planeta y su superficie estaban lo suficientemente calientes permitiendo que se formara en la superficie.

# ¿Como se forma el magma?



- A través de las corrientes de convección del manto, rocas de partes más profundas transfieren calor a rocas que están por encima de estas y pueden ocasionar que estas se derritan.

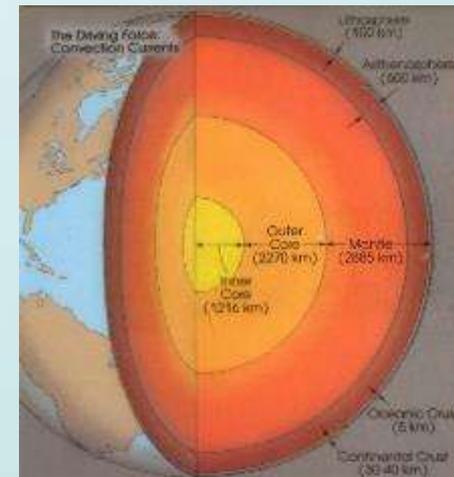
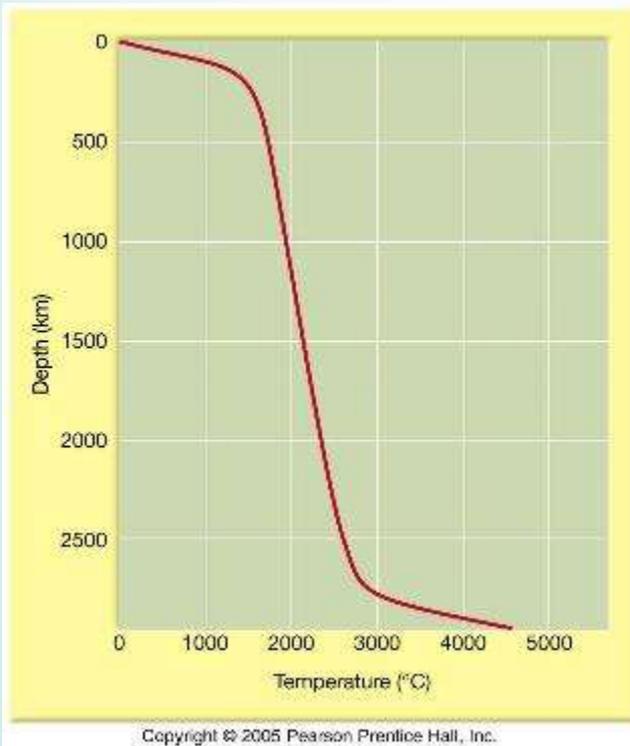
A esta fuente de calor la llamamos el gradiente geotermal.

# Gradiente geotermal (Geotherm)

- Este calor es suficiente para derretir la peridotita de la cual esta compuesto el manto. La gráfica muestra la relación entre presión, temperatura y profundidad con la curva de fusión de la peridotita.

# Presión

- A mayor presión, menor posibilidad de que los materiales se derritan.
- Esto por que requeriría una temperatura mucho mas alta para que la roca se derritiera.



# Presión

- Si una roca del manto sufre una descompresión sin perder calor, podría experimentar derretimiento por descompresión.

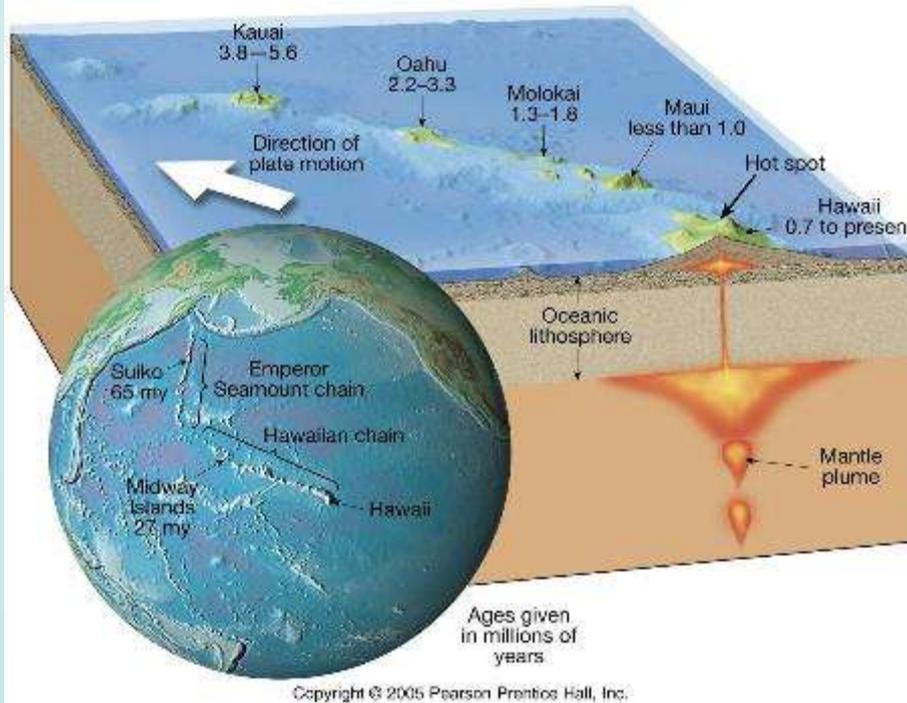
# Sustancias Volátiles

- La adición de sustancias volátiles como el agua o el bióxido de carbono puede bajar el punto de fusión de los minerales.
- Podemos ver como cambia la curva de fusión de basalto requiriendo una temperatura menor para derretirse.

# ¿Donde se forma el magma?

- El magma se forma en lugares donde tenemos:
  - Calor (zona de calor pluma ó hot spot)
  - Calor y descompresión (cordillera dorsal oceánica)
  - Calor y una sustancia volátil (zona de subducción)

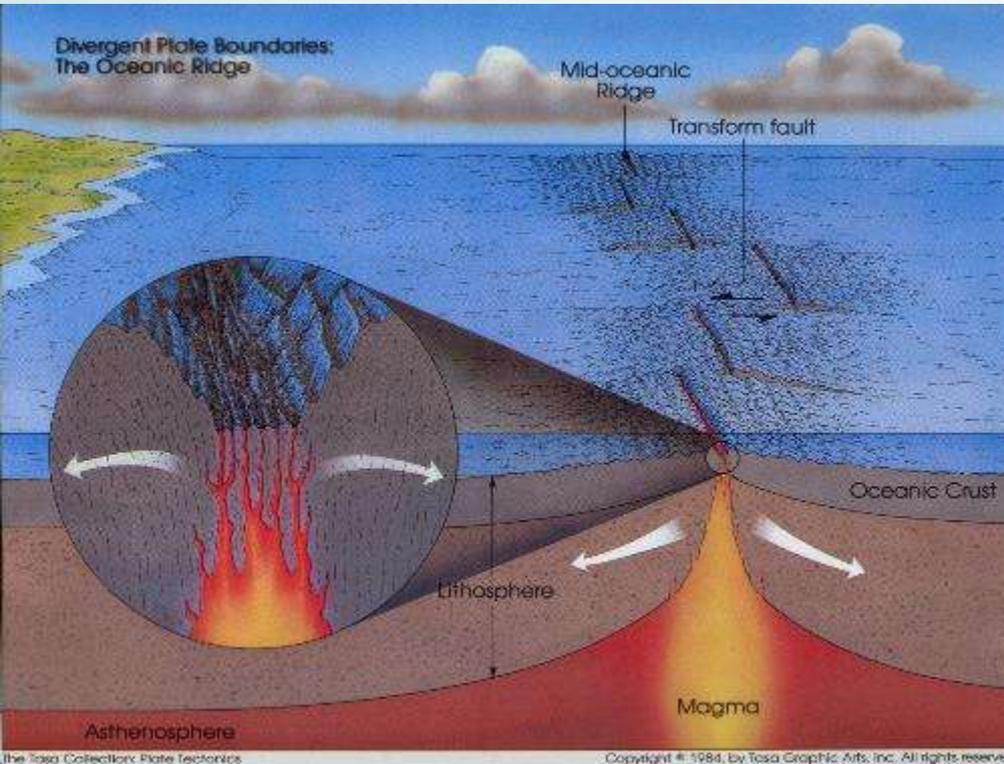
# Zonas de calor pluma ó “Hot Spot”

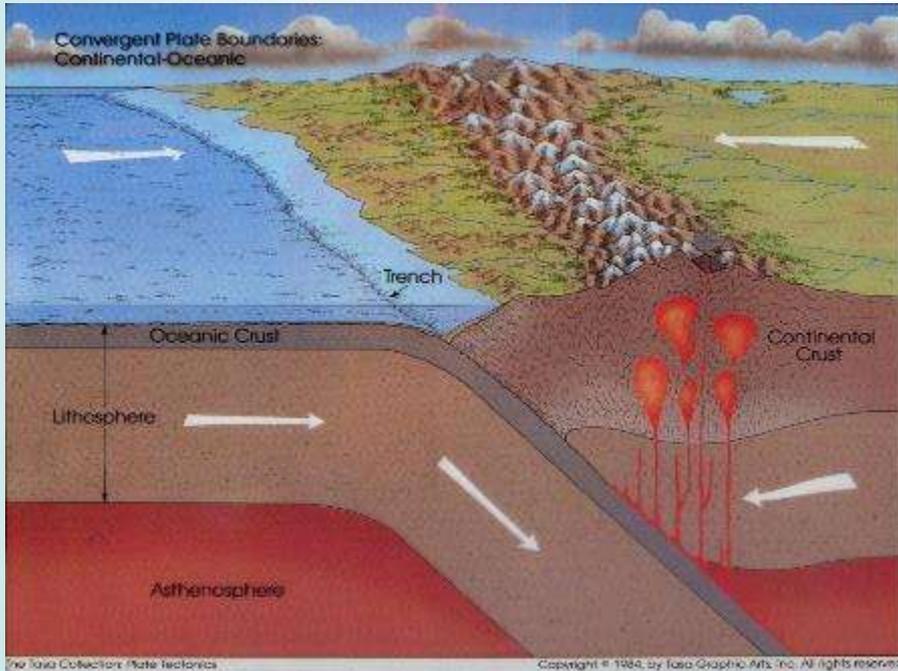


- Son lugares donde surge roca caliente proveniente de zonas profundas del manto.
- En este caso la roca experimenta decompresión sin disminuir la temperatura resultando en fusión de la misma.

# Cordillera Dorsal Oceánica

- Roca caliente llega a la superficie debido a las corrientes de convección en el manto. Esto causa una decompresión de roca caliente y fusión de la misma.





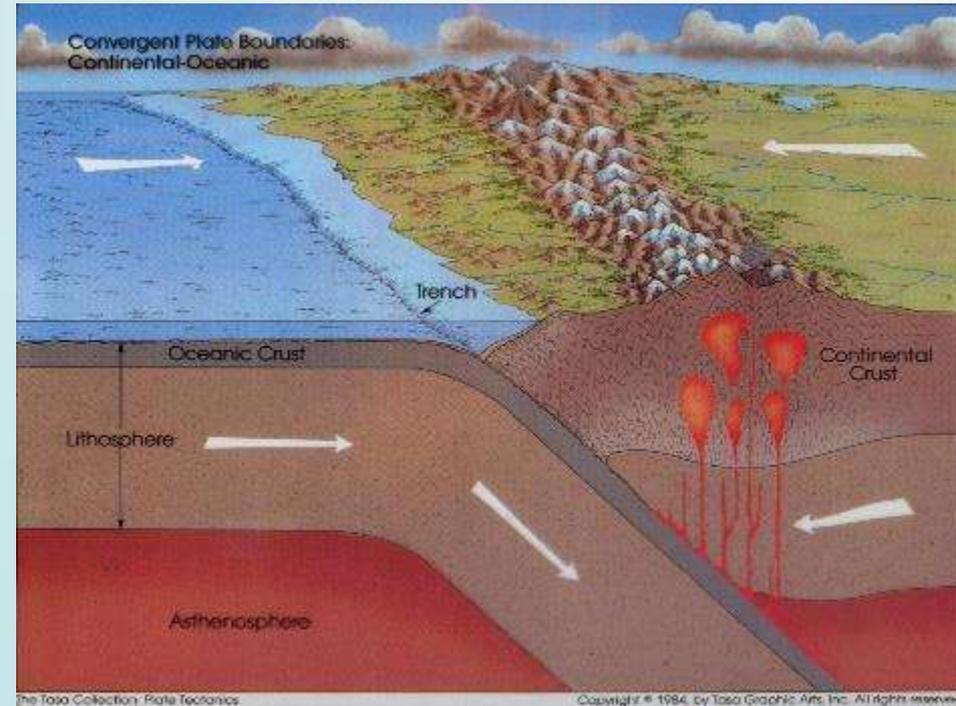
# Zonas de Subducción

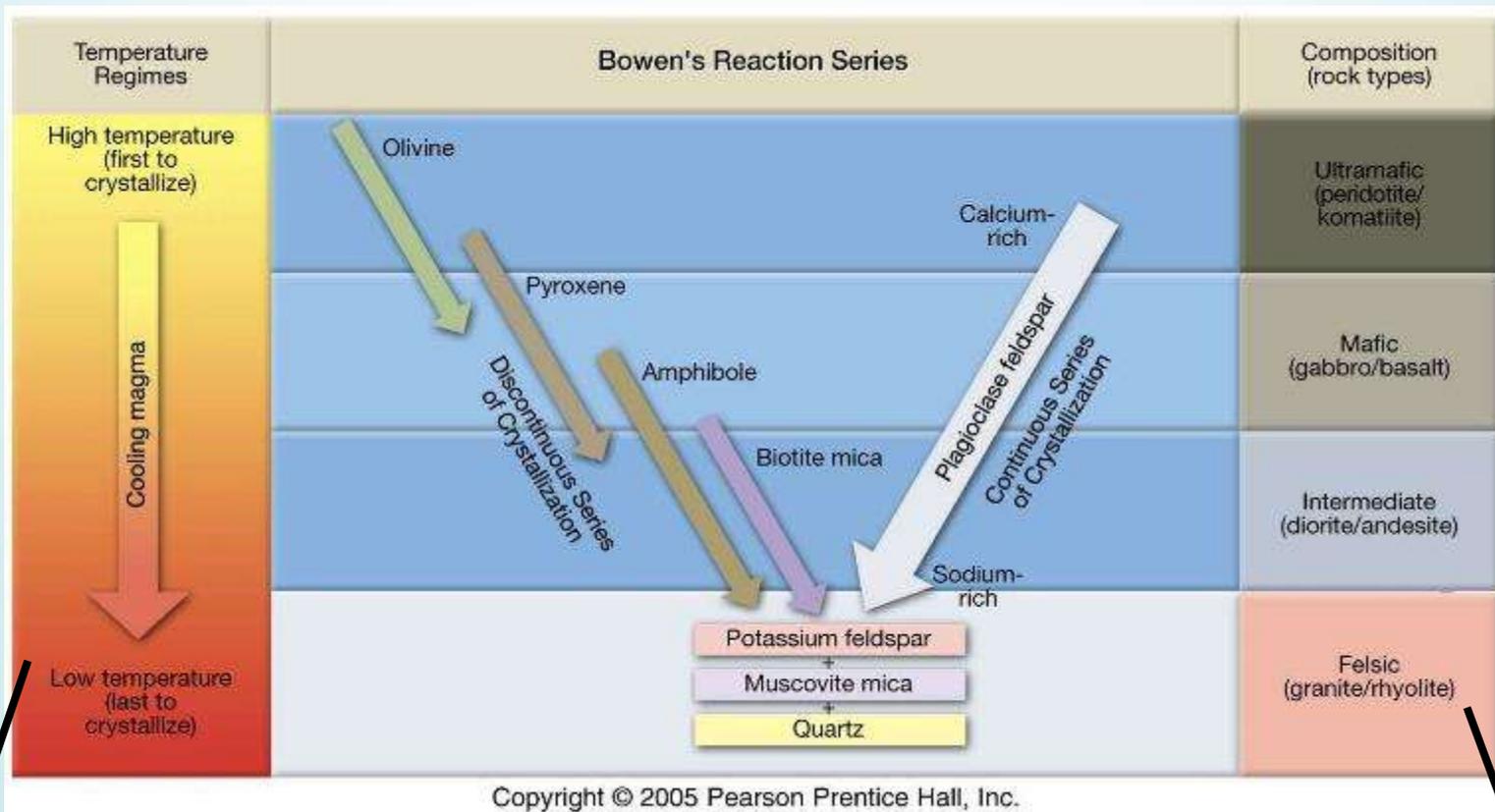
- Como la corteza oceánica se encuentra en el fondo del mar, esta contiene **agua**. El fragmento de corteza oceánica, aunque relativamente frío, penetra en rocas calientes del manto, llevando agua a zonas calientes y secas. Esto resulta en disminución del punto de fusión por presencia de una sustancia volátil y el derretimiento de los minerales, creando magma.

# Zonas de Subducción

- La disminución del punto de fusión debido a la presencia de agua resulta en:

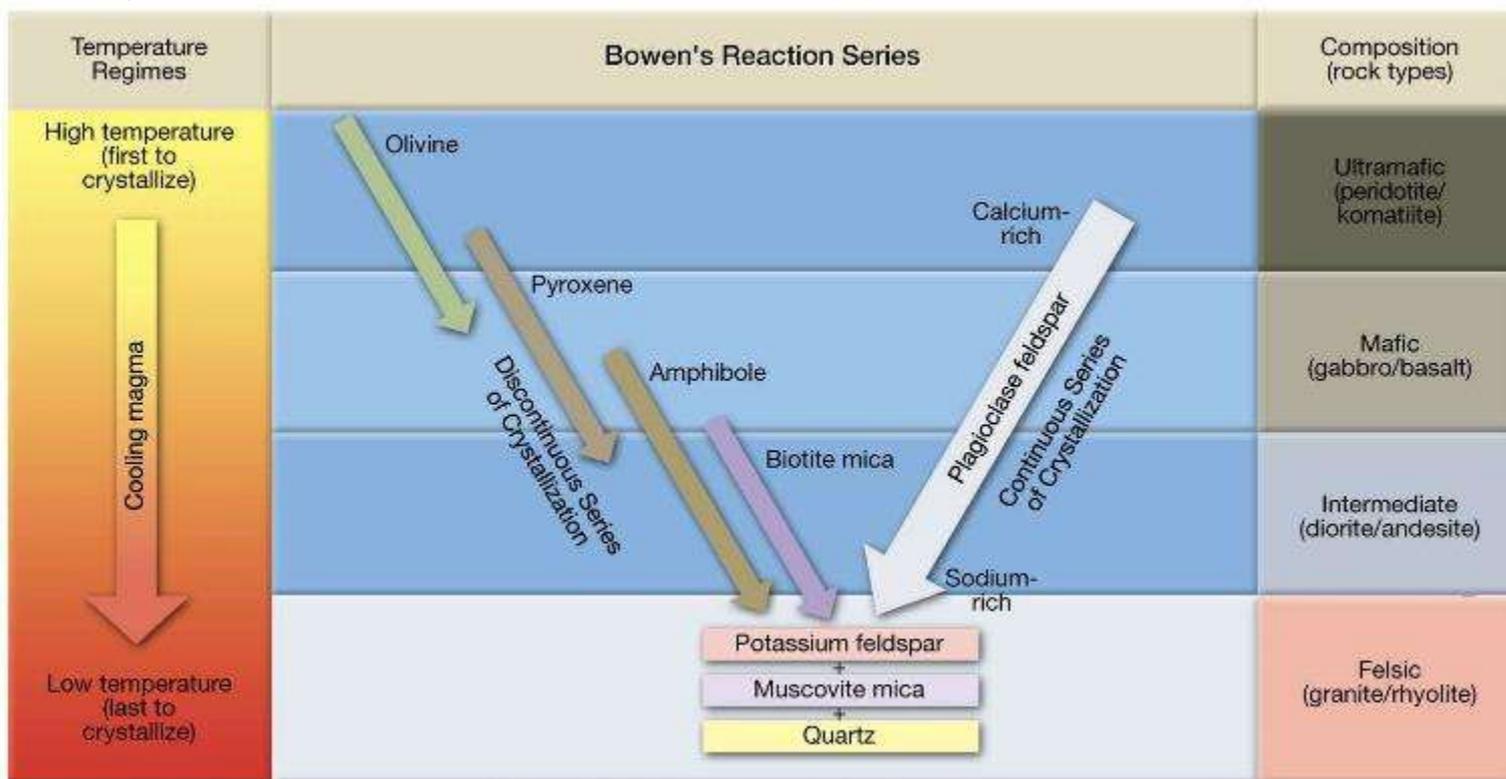
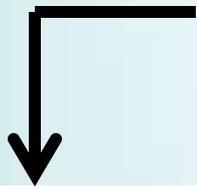
- Un magma en las zonas de subducción que tienen una temperatura mas baja que en un “hot spot” y la dorsal oceánica.
- Siguiendo nuestro conocimiento de la Reacción de Bowen, esto implica un magma enriquecido en sílice ( $\text{SiO}_4$ ).
- Estos magmas producen corteza continental.





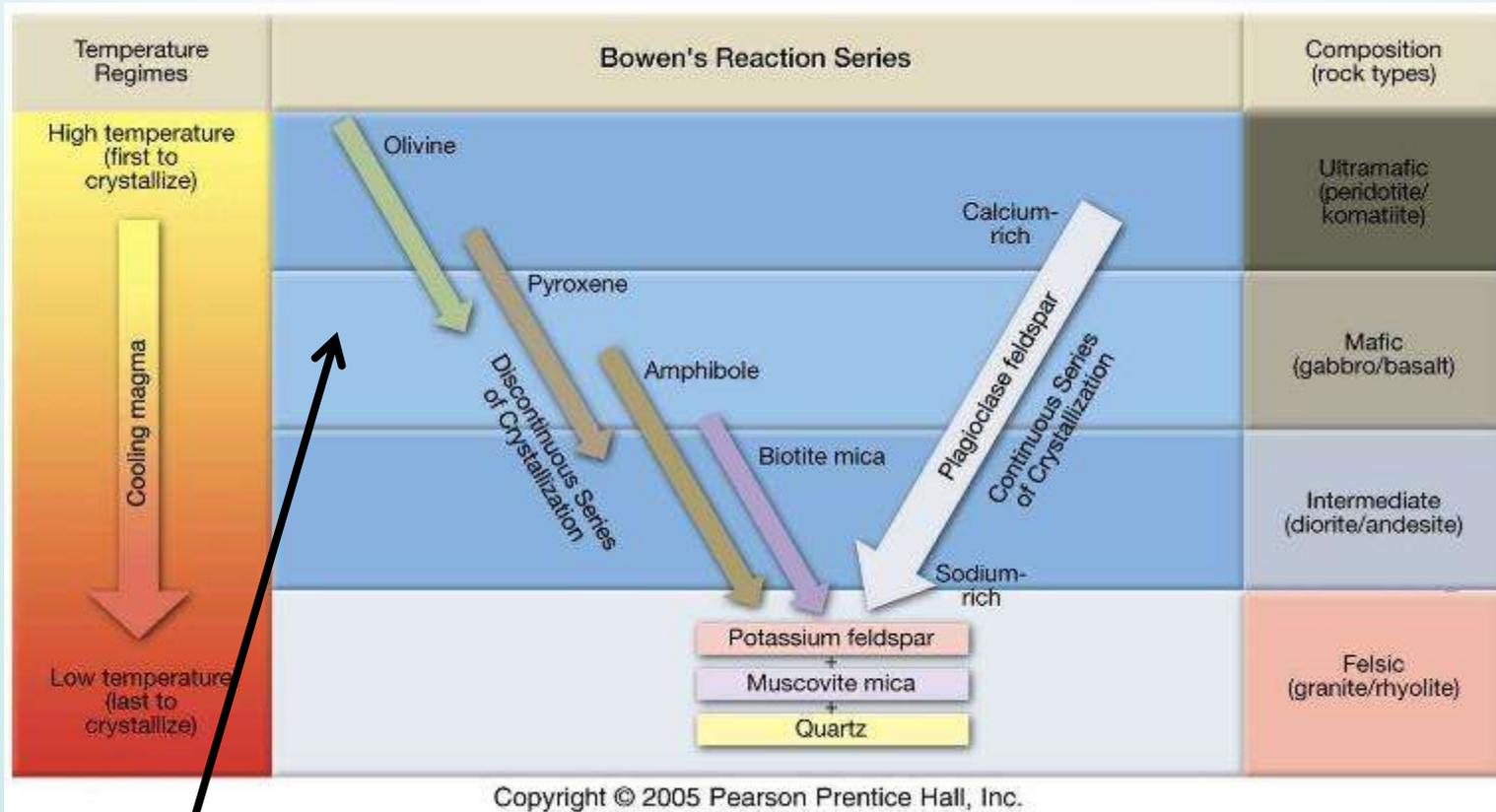
- A baja temperatura el magma es uno enriquecido en sílice produciendo una composición félsica. Magma félsica produce granito como roca intrusiva y riolita cuando es extrusiva. **Esto porque el material que se derrite a esa temperatura es de composición félsica.**

# Temperatura



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

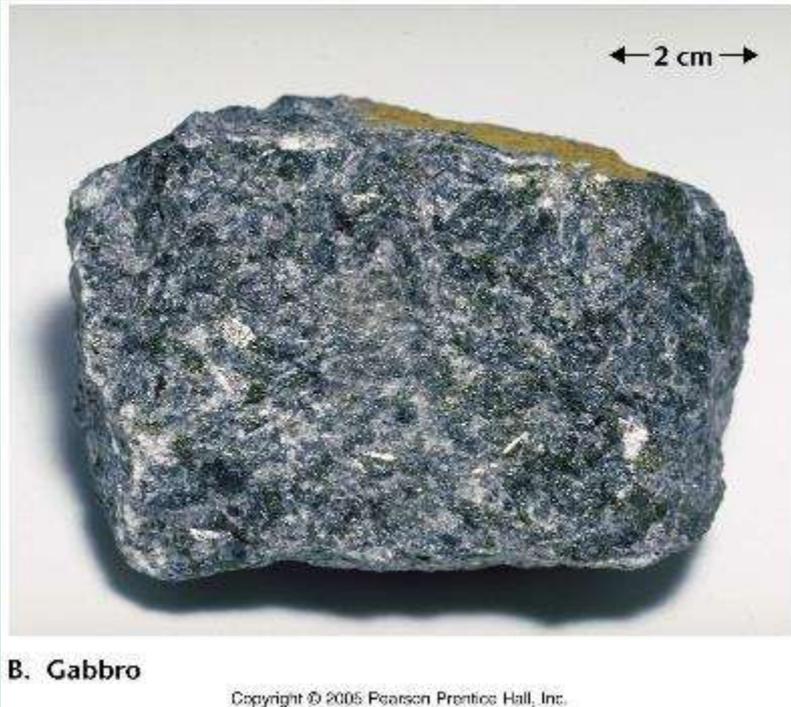
- Rocas del **manto**
- Rocas de **hot spot** o **dorsal oceánica**
- Rocas de un **arco de islas, zonas de subducción**
- Rocas de **zonas de subducción, continentes**



Rocas máficas como el gabro y el basalto están compuestas de **olivino o anfíbol**, piroxenos y feldespato de plagioclasa.

**¿Por que olivino o anfíbol?**

# Gabro-Máfica



- Gabro es una roca ígnea, el equivalente intrusivo de basalto. No tiene cuarzo, y en este caso casi toda la roca esta compuesta de piroxeno y olivino (minerales oscuros).
- En la microfotografía podemos ver los minerales de colores (olivino y piroxeno en colores brillantes por el uso de un polarizador) y los feldespatos (rayas en blanco y negro).

# Basalto con cristales de olivino - Máfica

- Esta roca se forma cuando un magma en el cual ya se habían cristalizado los olivinos, es extruído a la superficie por un volcán formando un flujo basáltico.

Microfotografía que muestra los cristales de olivino en una matriz típica de basalto.

# Diorita- Intermedia



- La diorita, aunque parecida al granito, no tiene cuarzo visible a simple vista (pero si en cristales microscópicos). Los cristales blancos son feldespato de plagioclasa ricos en sodio y los negros son anfíbol. También tiene el mineral biotita
- Note que la cantidad de feldespato y anfíbol son iguales.



Close up

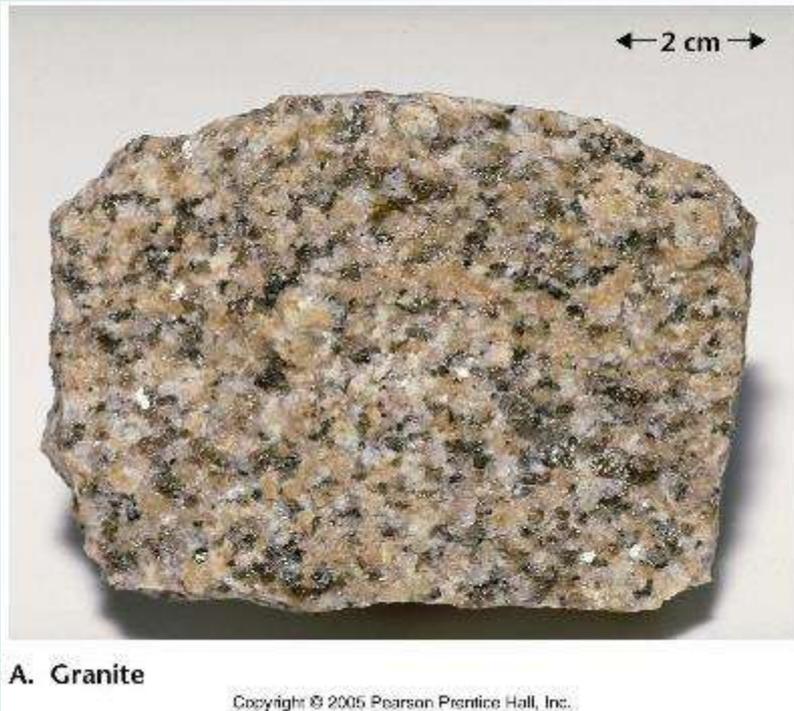
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

feldespato de  
plagioclasa

# Andesita- Intermedia

- Las andesitas son por lo general gris claro y en P.R. por lo general un poco violetas en color.
- Textura porfirítica con cristales de plagioclasa, de color blanco a gris, y/o augita negros y biotita.
- No tiene cuarzo. Si encuentran cuarzo, posiblemente es una riolita.
- Ocurren en zonas de subducción. Los cristales blancos son feldespato de plagioclasa, el marrón es biotita.

# Granito- Félsica



A. Granite  
Close up



- El granito esta compuesto por feldespato de potasio, plagioclasa rica en sodio y cristales de cuarzo. En adición tiene cristales de moscovita y puede tener en pequeñas cantidades biotita.
- En la microfotografía los cristales blancos a grises, lisos, son cuarzo., los cristales grises o negros con textura son feldespato de potasio y los amarillos son moscovita.

feldespato de potasio

# Riolita - Félsica



B. Rhyolite

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

- La riolita es extruida a una temperatura baja. Esta compuesta por silicatos de colores claros como los feldespatos de potasio y cuarzo.
- Fluye bien lento formando franjas o capas de flujo.
- Por lo general tiene una textura donde los cristales no se pueden ver y de tener alguno son cuarzo, mica y feldespato de potasio .

B. Rhyolite  
Close up



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Obsidiana

- La obsidiana se forma cuando un magma rico en sílice es extruida y se enfría rápidamente.



B. Hand sample of obsidian.

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

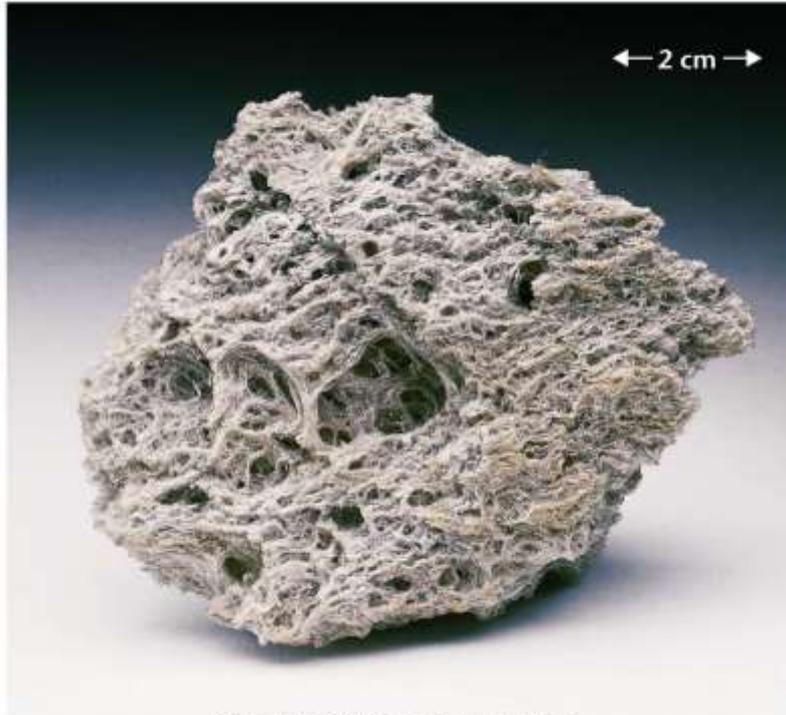
QuickTime™ and a  
TIFF (Uncompressed) decompressor  
are needed to see this picture.



A. Obsidian flow.

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Pumita o Piedra Pómez



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

QuickTime™ and a  
TIFF (Uncompressed) decompressor  
are needed to see this picture.

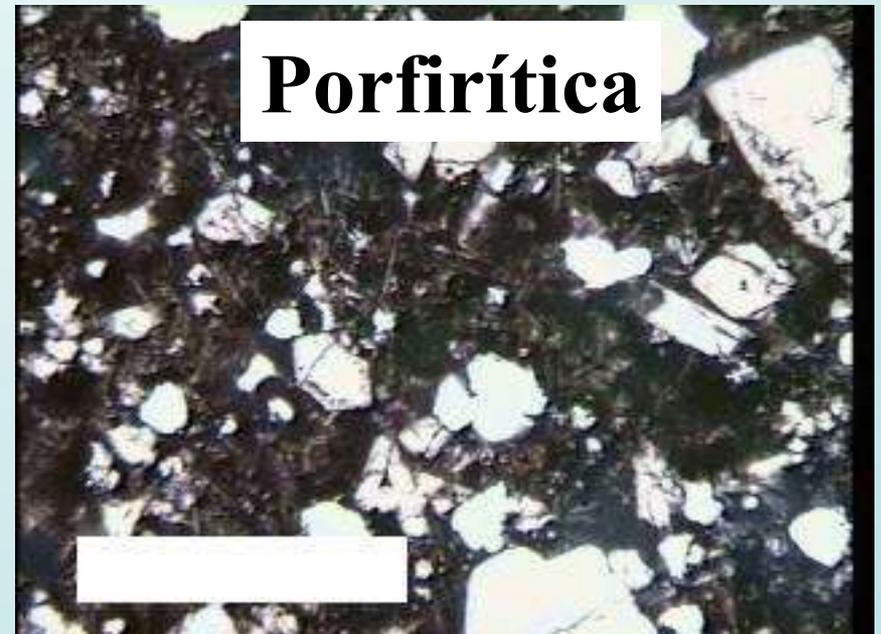
- Roca volcánica de textura vidriosa. Ocurre cuando un magma con alta cantidad de gases escapa a la superficie generando una especie de espuma. Esta se forma cuando los gases comienzan a escapar de la solución formando burbujas.
- Debido a la gran cantidad de espacios vacíos, en ocasiones pequeños, la roca puede flotar en el agua.
- Esta asociada con **erupciones explosivas**.

# CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS ÍGNEAS

Chemical Composition		Granitic (Felsic)	Andesitic (Intermediate)	Basaltic (Mafic)	Ultramafic	
Dominant Minerals		Quartz Potassium feldspar Sodium-rich plagioclase feldspar	Amphibole Sodium- and calcium-rich plagioclase feldspar	Pyroxene Calcium-rich plagioclase feldspar	Olivine Pyroxene	
Accessory Minerals		Amphibole Muscovite Biotite	Pyroxene Biotite	Amphibole Olivine	Calcium-rich plagioclase feldspar	
TEXTURE	Phaneritic (coarse-grained)		Granite	Diorite	Gabbro	Peridotite
	Aphanitic (fine-grained)		Rhyolite	Andesite	Basalt	Komatiite (rare)
	Porphyritic		"Porphyritic" precedes any of the above names whenever there are appreciable phenocrysts			Uncommon
	Glassy		Obsidian (compact glass) Pumice (frothy glass)			
	Pyroclastic (fragmental)		Tuff (fragments less than 2 mm) Volcanic Breccia (fragments greater than 2 mm)			
Rock Color (based on % of dark minerals)		0% to 25%	25% to 45%	45% to 85%	85% to 100%	

# Tipos de Textura

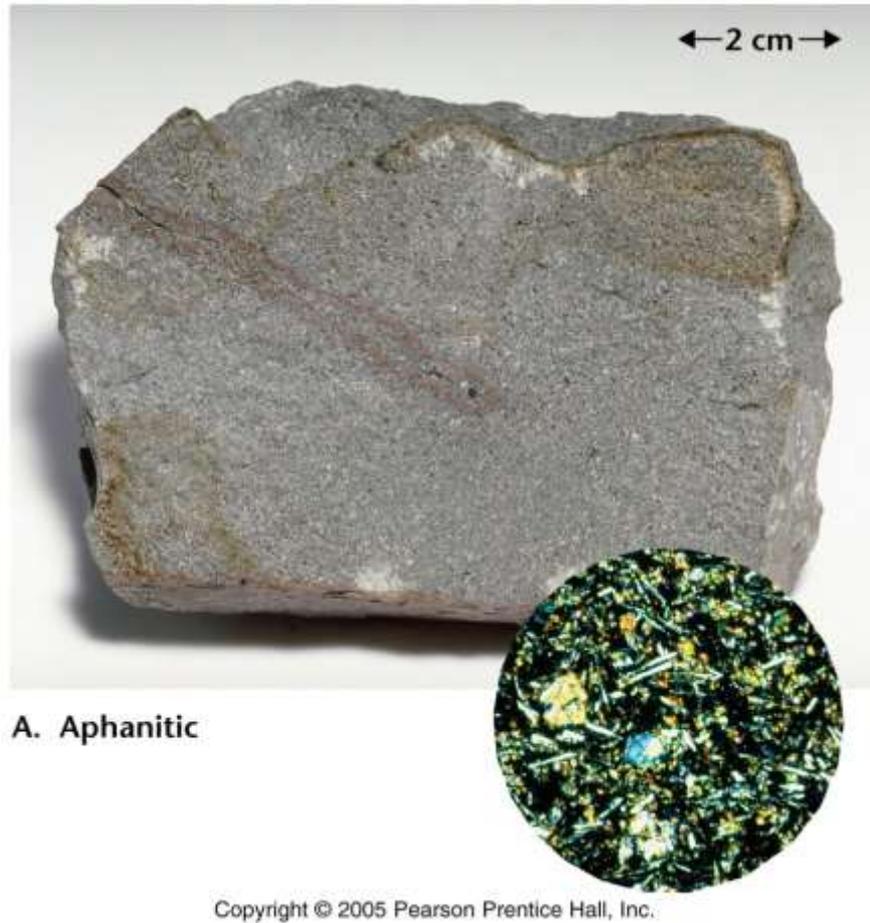
Fanerítica



# Texturas

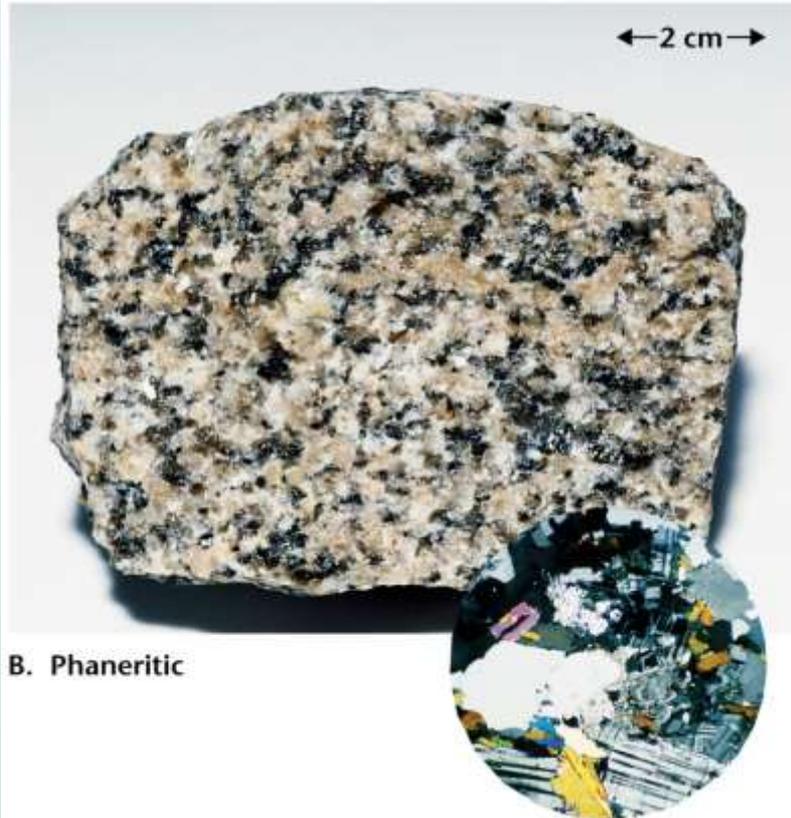
- Faneros- visible
- A-fanítica- que no podemos ver
- Fanerítica- que podemos ver

# Textura afanítica



Rocas ígneas que se forman en la superficie enfriándose rápidamente produciendo cristales pequeños que no se ven a simple vista.

# Textura fanerítica



- Se produce cuando el magma se enfría lentamente por debajo de la superficie dando tiempo a que los cristales crezcan a un tamaño que podemos ver a simple vista.

# Scoria



- Es una textura fanerítica con grandes cantidades de vesículas formadas por los gases que escapaban según la roca se solidificaba.

# Porfirítica



- Magma por debajo de la superficie puede enfriarse por cientos de miles de años. Como diferentes minerales se forman a diferentes temperaturas, algunos pueden alcanzar tamaños grandes. Si una erupción ocurriese después que algunos cristales ya se han formado, el resultado sería cristales grandes en una masa de cristales pequeños.

# Textura vidriosa

- Durante erupciones volcánicas lava derretida es disparada a la atmósfera donde se enfría rápidamente. Este proceso puede producir vidrio volcánico. Los iones se congelan en el lugar donde se encuentran sin formar una estructura cristalina.
- Ej. pumita

# Vidrio volcánico

- **Obsidiana**
- En el caso de obsidiana es diferente. En lavas bien viscosas los tetraedros formas largas cadenas que impiden que se formen otros enlaces y se enfrían sin poder formar minerales, resultando en vidrio volcánico.



# Flujo de obsidiana



Flujo piroclástico • Ocurre durante erupciones volcánicas donde grandes cantidades de fragmentos de rocas son disparados al aire durante erupciones volcánicas violentas.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.