

# AMBIENTES GENÉTICOS-1

M. Rodas

Curso 2008-2009

# INTRODUCCIÓN

**¿Porque? Existe un numero reducido de minerales**

- La distribución de los elementos, es reflejo de las abundancias cósmicas.
  - De las reacciones entre minerales cuando están en equilibrio heterogéneo.
- La existencia de un mineral implica un origen
  - Deducido a partir del propio mineral
  - De su composición
  - De su asociación con otros minerales

## ASOCIACIÓN MINERAL:

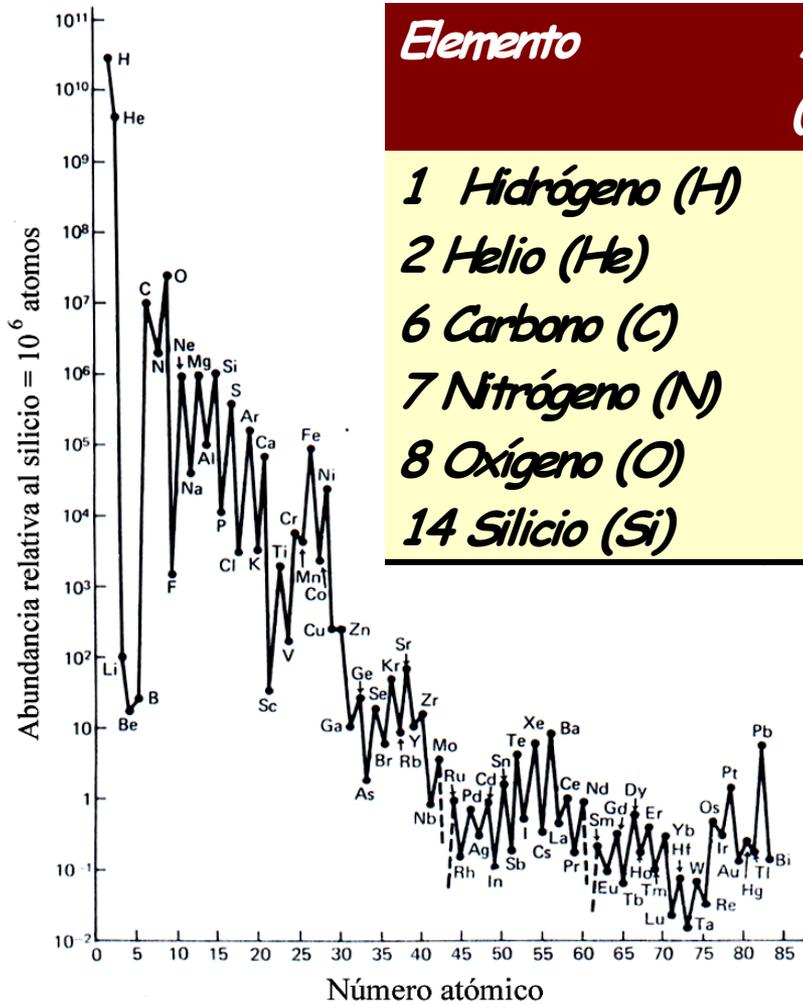
Minerales que aparecen juntos en una roca, relacionados **solo** espacialmente.

## PARAGENESIS MINERAL:

Minerales que aparecen juntos en una roca, formados por **el mismo** proceso genético durante una misma etapa.

**Están temporal y genéticamente asociados.**

# ABUNDANCIAS CÓSMICAS Y CORTICALES DE ELEMENTOS



Elemento	Abundancia solar (átomos / $10^6$ Si)	Abundancia en la corteza	
		átomos / $10^6$ Si	peso (ppm)
1 Hidrógeno (H)	$31.000 \times 10^6$		
2 Helio (He)	$3.100 \times 10^6$		
6 Carbono (C)	$15 \times 10^6$		
7 Nitrógeno (N)	$3,1 \times 10^6$		
8 Oxígeno (O)	$26 \times 10^6$	$2.9 \times 10^6$	456.000
14 Silicio (Si)	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$	273.000

Solo 8 elementos forman el 98,6 % en peso de toda la corteza

## Génesis mineral:

- 1.- Manera de originarse, crecer y cambiar de hábitos y propiedades de los minerales.
- 2.- Mecanismos fisicoquímicos de formación (cristalización, reemplazamiento, polimorfismo, recristalizaciones en estado sólido etc.
- 3.- Procesos geológicos que intervienen en la formación de los minerales

# PROCESOS FORMADORES DE MINERALES

## ENDOGENOS

Se producen en el interior de la tierra

Vinculados con la actividad magmática o transformaciones metasomáticas

Condiciones físico-químicas:

- $T \Rightarrow 1200-1700^{\circ}\text{C}$
- $P \Rightarrow 5.500-500 \text{ bars}$

## EXOGENOS

Ligados a la acción de la atmósfera, hidrosfera, y a la biosfera

En la superficie terrestre o cerca de ella

Destrucción física y química

Formación de nuevos minerales estables

Procesos: Meteorización y sedimentación

Condiciones físico-químicas: Presiones y temperaturas bajas

# AMBIENTES DE FORMACIÓN DE MINERALES

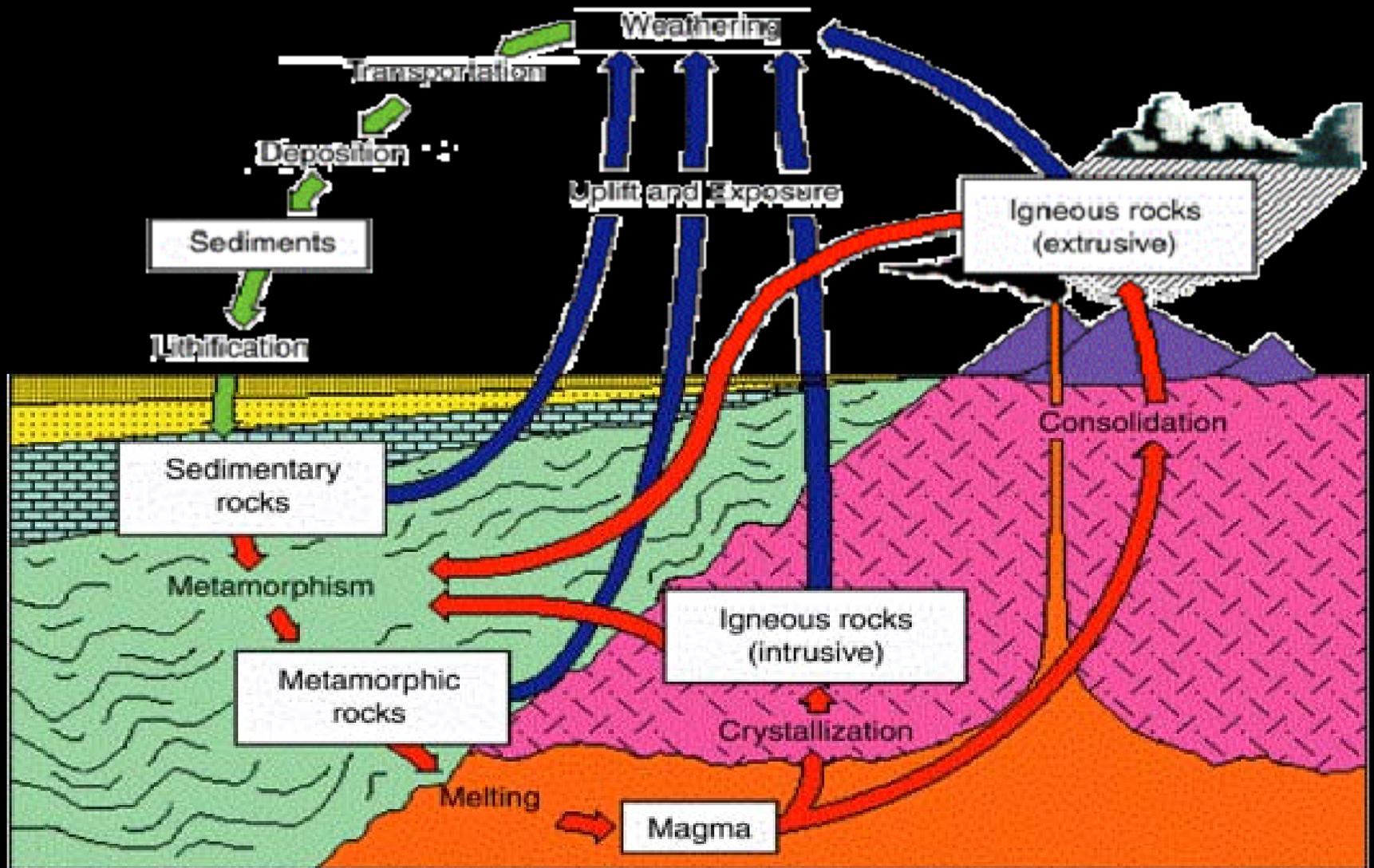
Se conocen tres ambientes principales de formación de minerales en los que se imponen diferentes condiciones físicoquímicas:

AMBIENTE MAGMATICO

AMBIENTE METAMORFICO

AMBIENTE SEDIMENTARIO

# Rock Cycle



## ¿Origen de los MAGMAS?

- Fusión parcial de materiales de la corteza terrestre
- Ascenso y acumulación de una fracción de materia fundida del manto superior

En cada caso → una C. Química diferente

También existen magmas de composición intermedia, pueden incorporar material fundido que procede de las rocas que atraviesa durante su ascenso

# ASCENSO DE LOS MAGMAS

- **Por una pérdida de P** ( fracturas profundas, se favorece el ascenso del magma)
- **Por un cambio en la composición de la roca**  
↓ punto de fusión de los minerales ( adición de volátiles, procesos de deshidratación de corteza durante la subducción)
- **Por un incremento sustancial de la T**  
(formación de plumas mantélicas, puntos calientes, con procesos tectónicos y magmáticos asociados al Mt. regional en bordes destructivos de placas)

# AMBIENTE MAGMATICO

Un magma es un fundido ( $T$  1500-800°) de composición fundamentalmente silicatada, (carbonatos en magmas carbonaticos) en el que existen cristales, y en algunos casos fragmentos de rocas en suspensión, y una porción más o menos importantes de gases y vapores disueltos.

## MAGMAS PRIMARIOS

# COMPOSICIÓN DEL MAGMA

●	SiO <sub>2</sub> .....	35-75%
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	12-18%
●	MgO, FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO ...	20-30%
	Na <sub>2</sub> O .....	2.5-4%
	K <sub>2</sub> O .....	0.5-5%
	TiO <sub>2</sub> .....	2%
	MnO .....	0.1%
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	H <sub>2</sub> O	
	CO <sub>2</sub>	

**Ultrabásicos <45% SiO<sub>2</sub> ; Básicos 45-50% SiO<sub>2</sub>;  
Intermedios 55-65% ; Ácidos >65% SiO<sub>2</sub>;**

# MAGMA PRIMARIO (in situ)

ASCENSO

- Densidad  
+ Expansión  
volumétrica  
Liberación de gases

gran velocidad

v. menor

v. lenta

ROCAS  
VOLCANICAS  
Superficie

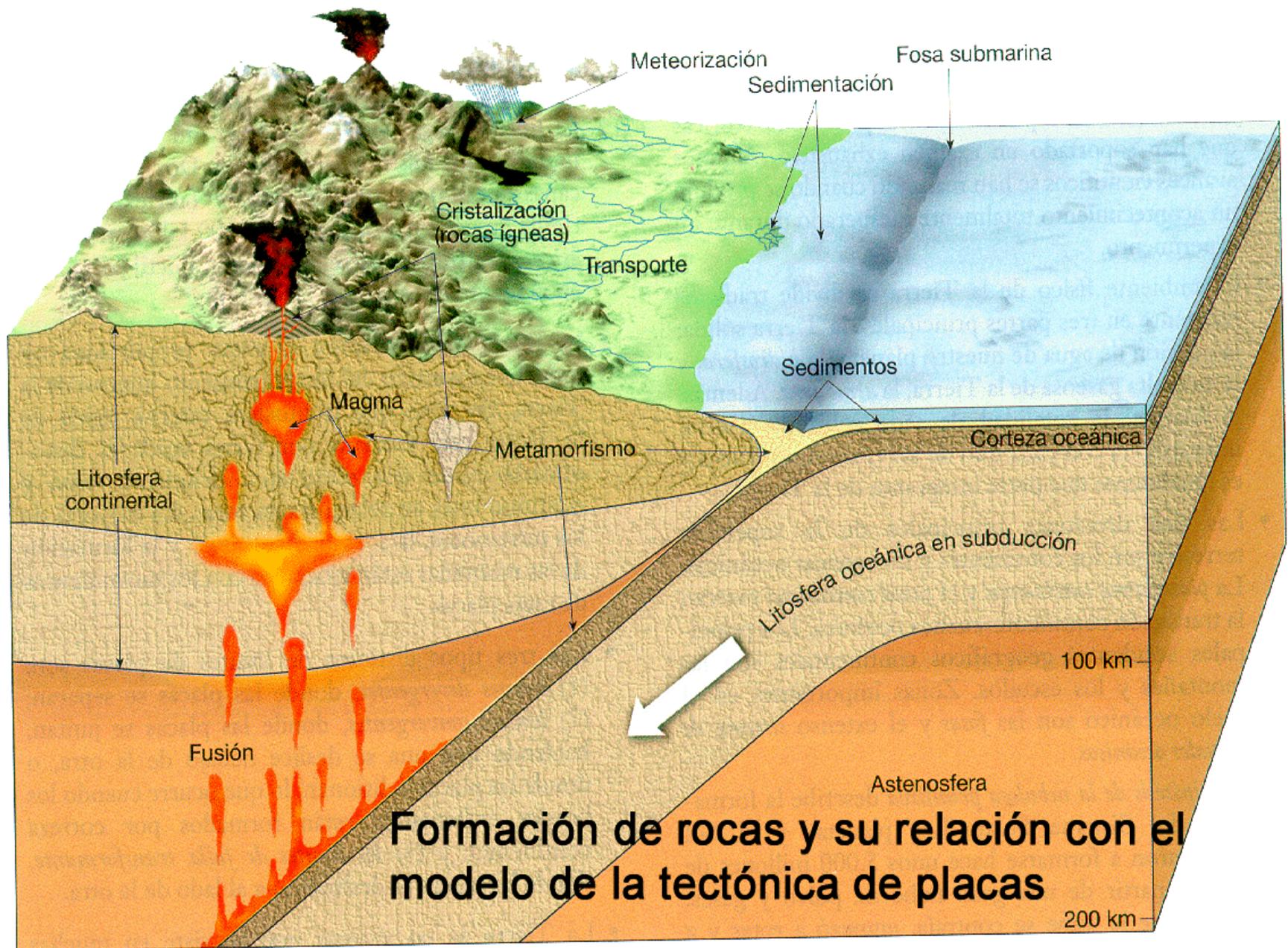
ROCAS  
SUBVOLCANICAS  
Cerca de la  
superficie

ROCAS  
PLUTONICAS  
Niveles profundos  
de la corteza

Procesos → Cambios en la composición del magma

ASCENSO

DIFERENCIACIÓN

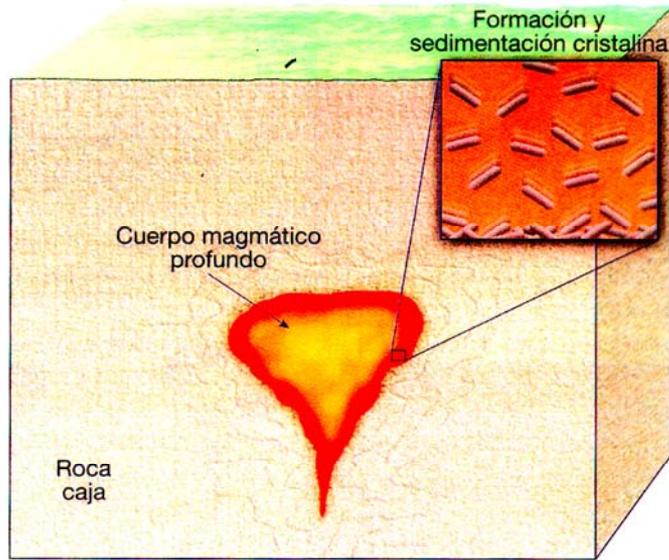


## AMBIENTE MAGMATICO

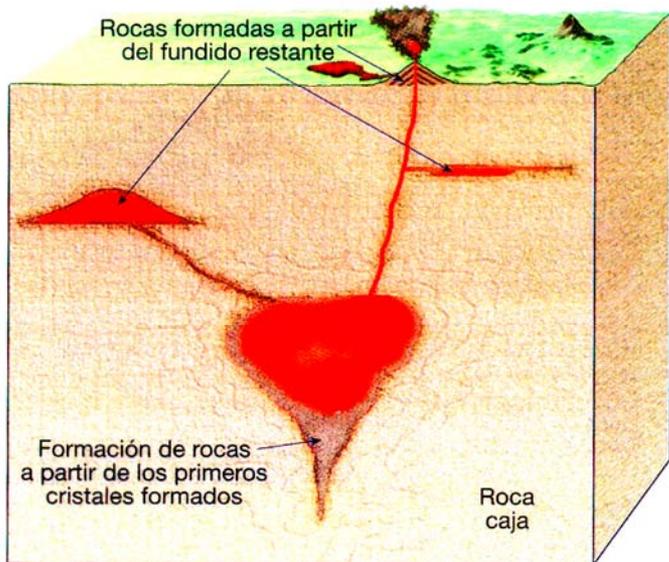
**Formación de minerales:** Cristalizan a partir de un magma.

### Mecanismos de evolución magmática:

- 1) **Diferenciación magmática, o cristalización fraccionada,** (la evolución se realiza a partir del propio magma).
- 2) **Asimilación** durante el ascenso el magma puede fundir rocas que están en contacto , incorpora fundidos, variando su composición.
- 3) **Mezcla de magmas** los minerales que se forman son el resultado de la contaminación del magma con rocas u otros fundidos de composición diferente.



A



B

**Cristalización fraccionada.**

**A:** Separación de los minerales previamente formados.

**B:** Migración del fundido. Cristalización posterior, de los minerales formadores de rocas.

# Separación de los sucesivos minerales:

\*Diferenciación gravitatoria (flotación o flujo)

\*Filtrado a presión

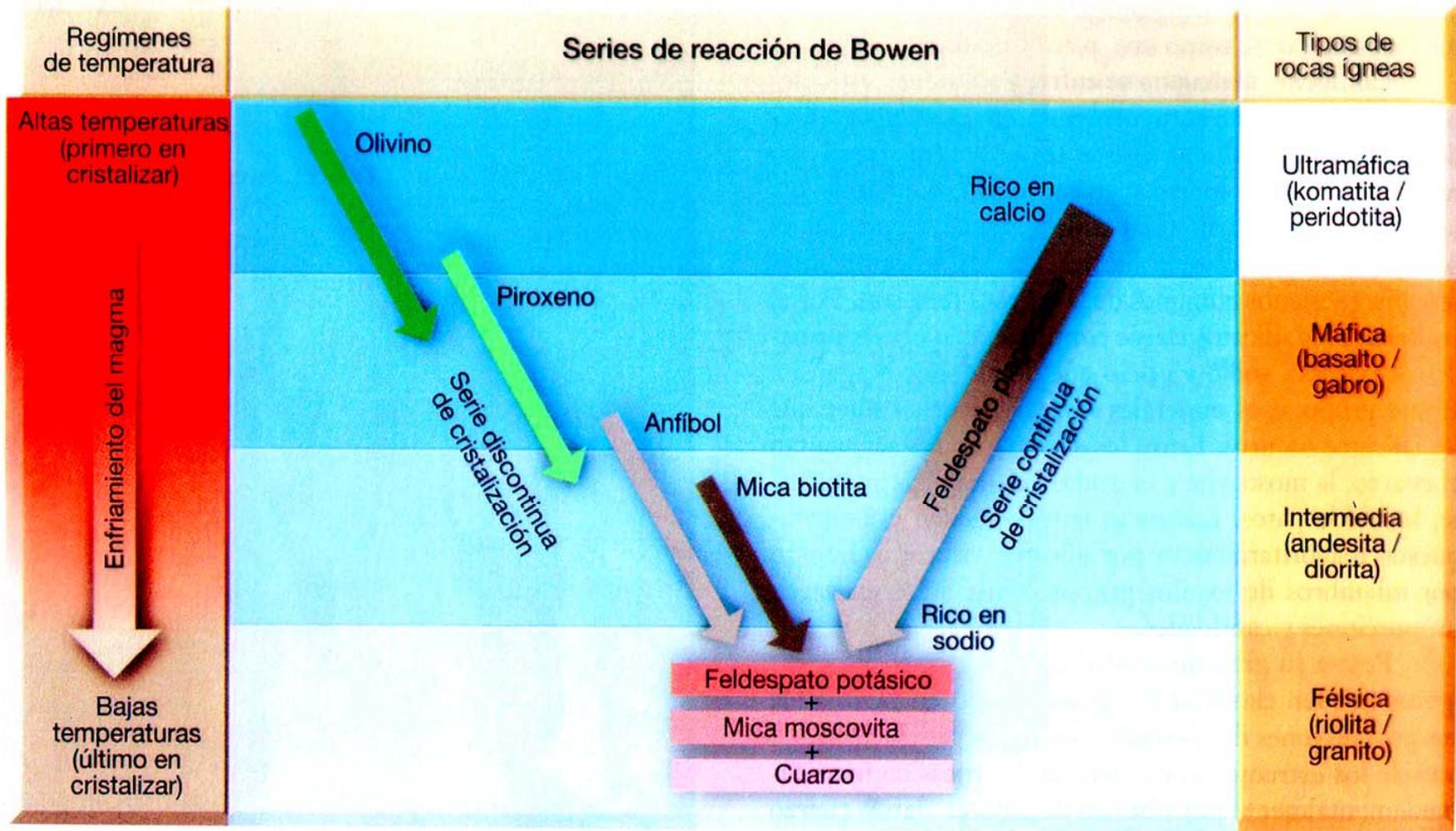
\*Transporte gaseoso

- **CRISTALIZACION FRACCIONADA (600-700°C)**

- Diferenciación gravitatoria (flotación o flujo)
  - Filtrado a presión
  - Transporte gaseoso
- 
- Esta separación impide que se produzca la reacción de equilibrio entre los cristales formados y el fundido. Este ira cambiando progresivamente su composición.
    - **EMPOBRECIENDOSE** en los constituyentes de los minerales ya formados
    - **ENRIQUECIÉNDOSE** en los que no han entrado a formar parte de las fases sólidas ya formadas

# ORDEN DE CRISTALIZACIÓN

- Está determinado por dos factores:
  - 1.- Por la termodinámica del proceso de cristalización. (Series de reacción de Bowen)
  - 2.- Por la composición concreta del magma
- Ultrabasicos < 45%  $\text{SiO}_2$
- Basicos 45-50%  $\text{SiO}_2$
- Intermedios 55-65%
- Acidos > 65%  $\text{SiO}_2$

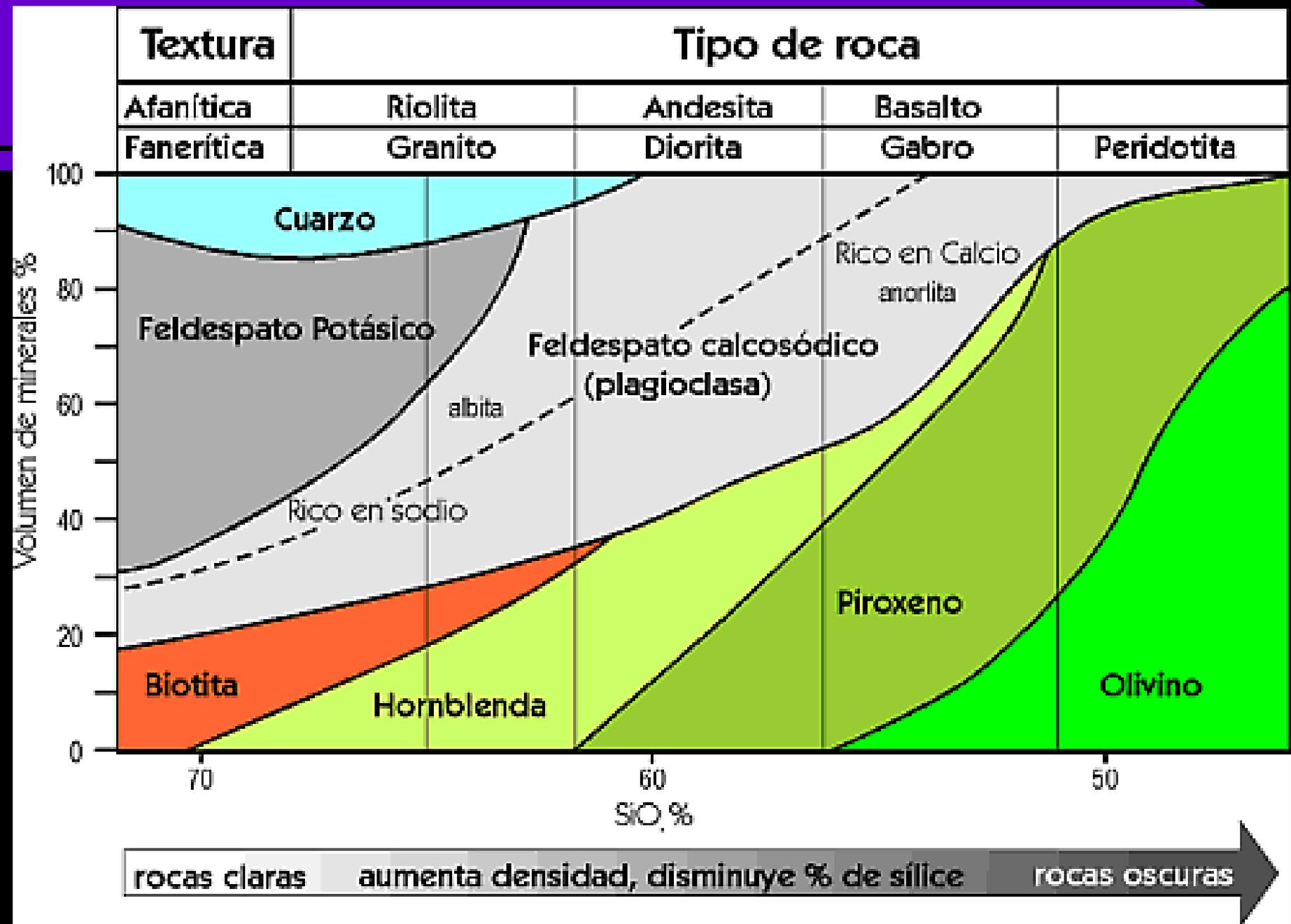


- Estructuras cada vez más complejas.
- Volumen de la celda unidad cada vez mayor.
- La sustitución de Si por Al es creciente en la serie discontinua y decreciente en la continua.
- La sustitución de Si por Al hace que los tetraedros sean menos estables.
- Los últimos términos de la serie discontinua se caracterizan por la entrada de grupos OH y otros volátiles y son estructuras más abiertas.



- **En resumen,** la tendencia de los líquidos magmáticos es hacia:

- - Enriquecimiento en sílice con el descenso de la T y álcalis
- - Empobrecimiento paralelo en Mg , Fe y Ca.
- - Estructuras cada vez más complejas, polimerización de los tetraedros
- - Volumen de la celda unidad cada vez mayor
- - Sustitución creciente de Si por Al en la serie discontinua
- - Al final de la serie discontinua existen más volátiles, dando estructuras más abiertas.
- - En la serie discontinua las variaciones en composición y estructura son bruscas.
- - En la serie continua estas variaciones son graduales.
  
- Esta evolución no tiene carácter universal
- Se aplica a basaltos toleíticos
- En los basaltos alcalinos no aparecen todas las fases de la serie



**Textura**

**Tipo de roca**

Afanítica

Riolita

Andesita

Basalto

Fanerítica

Granito

Diorita

Gabro

Peridotita

100

Cuarzo

Feldespato Potásico

Feldespato calcosódico  
(plagioclasa)

Rico en Calcio  
anorita

albita

Rico en sodio

80

60

40

20

0

Biotita

Hornblenda

Piroxeno

Olivino

70

60

50

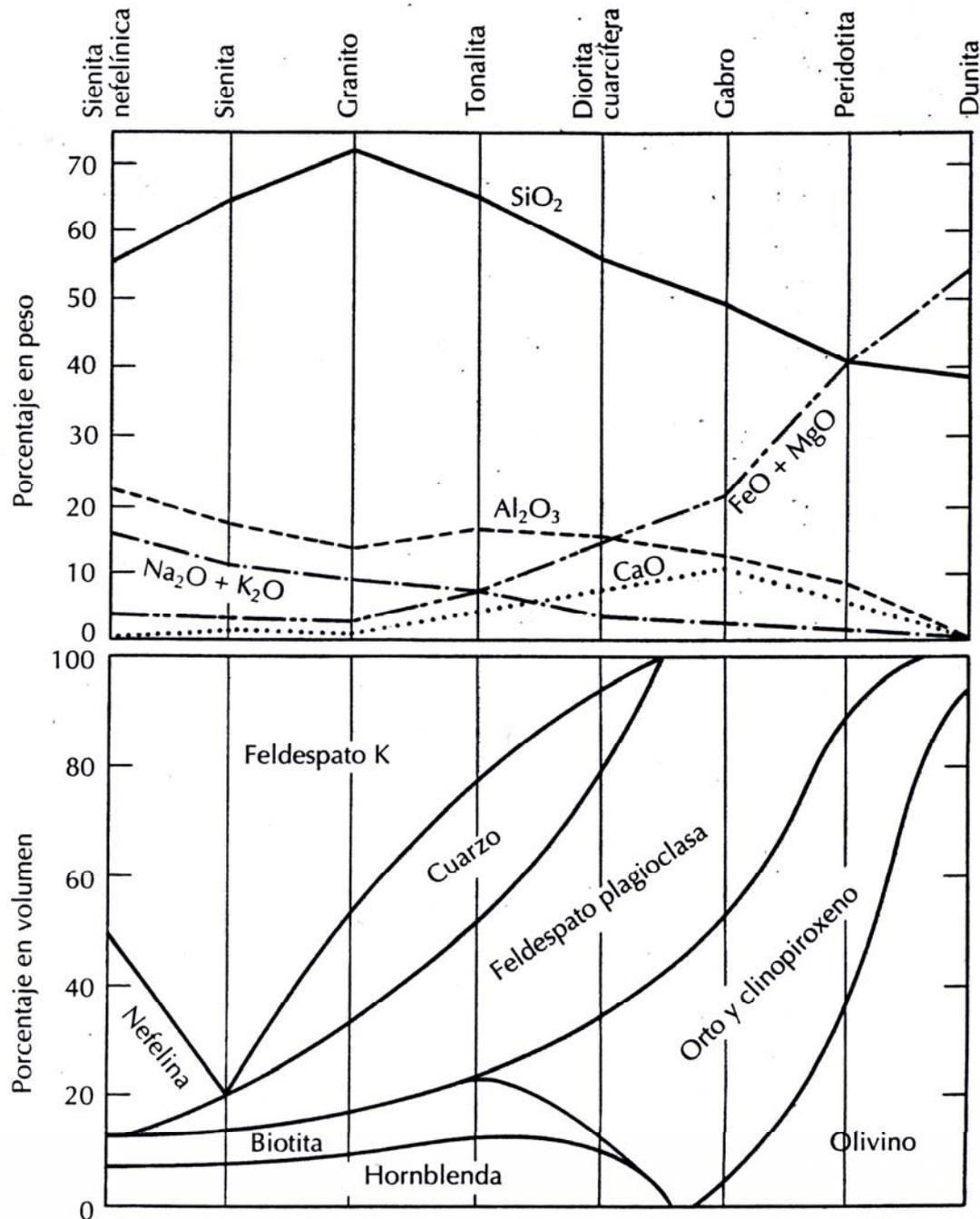
SiO<sub>2</sub> %

rocas claras

aumenta densidad, disminuye % de sílice

rocas oscuras

# Relación entre composición química y tipos de silicatos



## Fase ortomagmática → 600-700°C

- Participación muy escasa de volátiles en la cristalización → Se concentran en el residuo magmatico. → Aumento de la P.

## Fase pegmatitita → ↓700°C

- Cristalización del fundido residual
- Silicatos con volátiles en su estructura
- Silicatos de elementos incompatibles

# AMBIENTE PEGMATITICO

**Magma pegmatítico: Fundido residual silicatado**

- **Subsaturado en vapor**
- **Rico en volátiles ( $H_2O$ , F, P, Cl, S, N,  $CO_2$ , B....)**
- **Rico en elementos incompatibles (radios iónicos muy pequeños o muy grandes)**
- **Rico en álcalis (Na, K)**
- **Rico en Si y Al**

**Pegmatitas:**

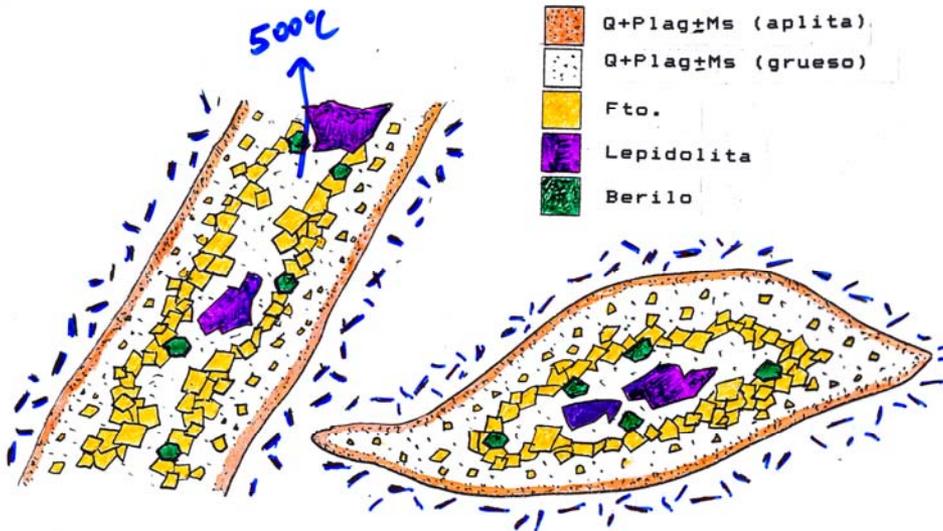
- Presentan zonación química, mineralógica y textural
- Temperaturas entre  $600-700^\circ C$  y  $150-250^\circ C$
- Presión variable

**Importancia económica:**

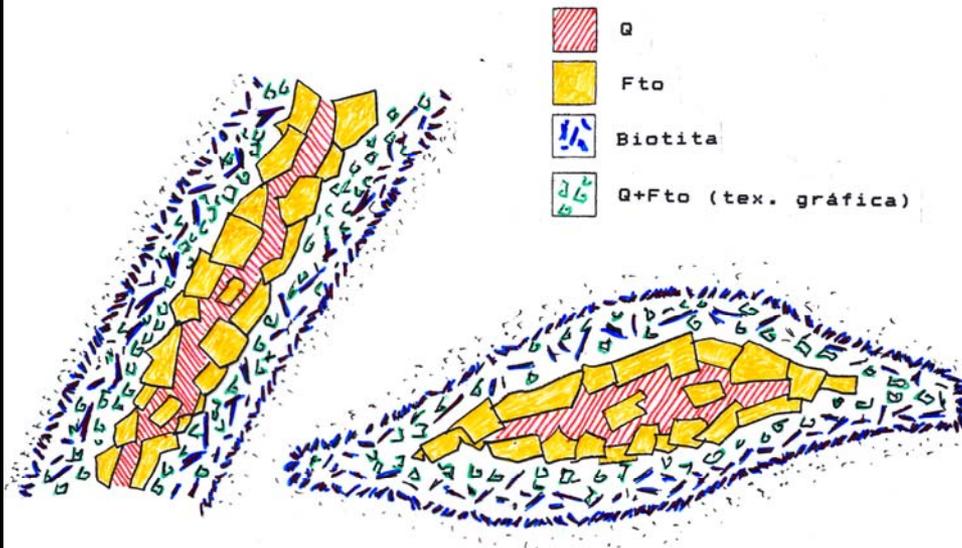
1. Rocas fuente de materias primas cerámicas: Ftos., Q, Micas, etc.
2. Fuente de elementos raros: Li, Be, Nb, Ta, Cs, Sn, TR.
3. Yacimientos de gemas: Topacios, esmeraldas, turmalinas,

aguamarinas, etc.

### TEXTURA PEGMOPORFIDICA



### TEXTURA PEGMATITICA GIGANTE



## Textura pegmoporfidica:

Grandes cristales flotando en una matriz de cristales más pequeños. Idiomorfos o subidiomorfos de Q o Fto. pertítico. La matriz es de grano creciente hacia el centro.

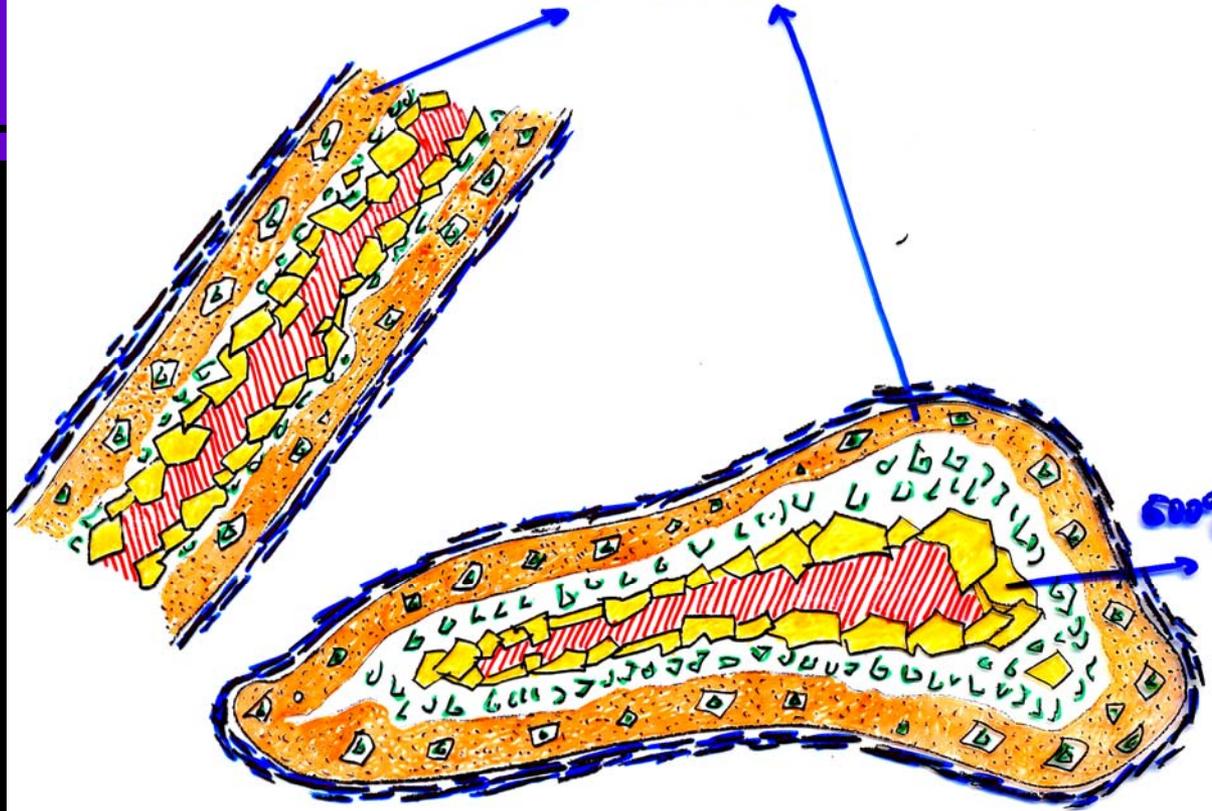
## Textura pegmatitica gigante:

Grandes cristales idiomorfos o subidiomorfos, con tamaño creciente hacia el nucleo o tener un tamaño homogéneo en toda la pegmatita.

El nucleo suele ser de Q o Fto. Pertítico.

## TEXTURA APLITICA

300 - 700°C



	Q+Plag+Ms (tex. aplitica)
	Q+Fto (tex. gráfica)
	Fto
	Q
	Biotita

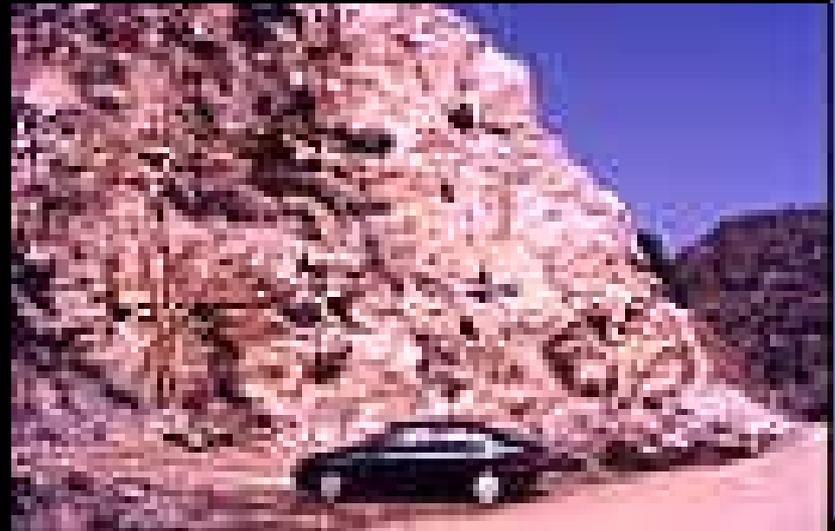
Textura de grano muy fino ligada a la textura grafica (intercrecimiento de Q y Fto)

Se localiza en la parte externa de la pegmatita

T de cristalización final baja por la presencia de gases disueltos → Descenso de la viscosidad, mayor, difusión, mayor, movimiento atómico → un elevado tamaño de grano



Pegmatitas de La Cabrera



Pegmatitas "El cabril" (Cordoba)



- Cuando los minerales se forman a temperatura ligeramente superior a la temperatura crítica del agua ( $374^{\circ}\text{C}$ ) y con gran cantidad de volátiles, el proceso es llamado **neumatolítico**.
- Esta fase es de transición entre la pegmatítica y la hidrotermal, en la que ya existe una auténtica solución acuosa.
- En estas etapas de menor temperatura los **silicatos no son muy abundantes**.
- El cuarzo es la fase más estable y abundante.

# AMBIENTE HIDROTERMAL

## Mineralizaciones:

Precipitación diferencial de soluciones acuosas calientes ricas en gases y metales que circulan por debajo de la superficie terrestre a temperaturas entre 500-600°C y temperatura ambiente.

## Causas de la precipitación:

- Bajada de la T
- Disminución de la P
- Variación de las condiciones químicas del medio

# Condiciones físico-químicas del ambiente\_hidrotermal:

## - Temperatura:

Alta (500-300°C): Son las más cercanas a la fuente magmática.

Media (300-200°C).

Baja (< 200°C): Son las más alejadas.

**pH:** Varía con la T; neutro o ligeramente ácido

**Eh:** Varía por la interacción con las rocas que son atravesadas por los fluidos

**fO<sub>2</sub>, fS<sub>2</sub>, etc.:** Influyen en la precipitación de los distintos minerales

- Las soluciones acuosas: Origen marino, meteórico, magmático, metamórfico, etc.
- Factores: Fracturación, permeabilidad (porosidad, tamaño de grano, etc.)

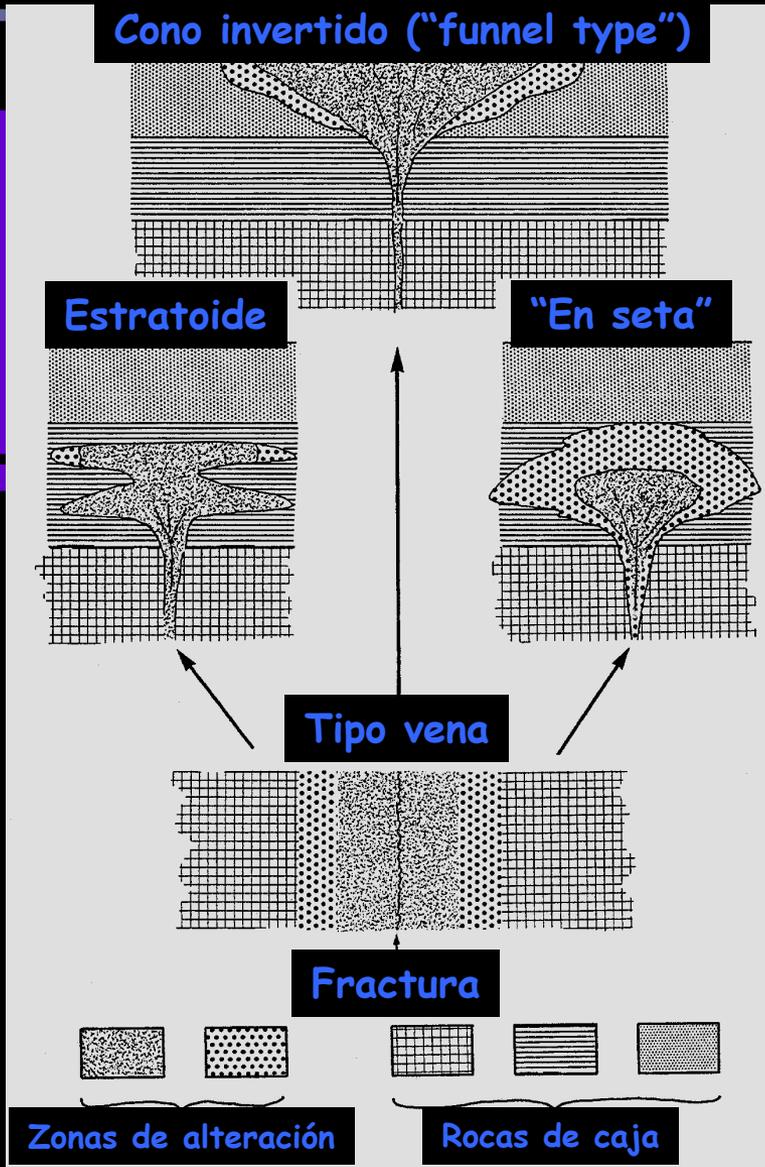
# PRINCIPALES PROCESOS HIDROTERMALES

1. Relleno de cavidades.
2. Fenómenos de remplazamiento (disolución-precipitación):- Sin cambios minerales.- Sin variación de volumen, tamaño, estructura, etc.
3. Alteraciones hidrotermales
  - Silicificaciones, - Sericitización (común en rocas ácidas o neutras).- Cloritización (las cloritas son ricas en Al). Propilitización (condiciones de baja T, poca profundidad y en rocas ígneas básicas).-

Caolinización o argilización

El silicato hidrotermal más abundante es el cuarzo, que aparece en filones, a menudo asociado a menas metálicas.

# MORFOLOGÍA DE ZONAS DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL



- ▶ FRACTURACIÓN
- ▶ POROSIDAD
- ▶ PERMEABILIDAD



- Flujo del fluido
- Conductividad térmica de la roca