

# AMBIENTE (2) METAMORFICO

Magdalena Rodas

# Ambiente Metamórfico

- Condiciones distintas a las que tuvo el mineral durante su formación
- Pierde la *estabilidad* → Debe transformarse en una nueva fase estable.

**METAMORFISMO:** Es el proceso de transformación mineralógica y estructural de las rocas en estado sólido, en respuesta a condiciones físicas y químicas (P, T,  $PH_2O$ ,  $PCO_2$ , etc.) distintas a las que prevalecieron en el momento de formación de las mismas.

# AMBIENTE METAMORFICO

Límites del metamorfismo:

- Transformaciones que tienen lugar en el campo de la meteorización y la diagénesis

- Modificaciones que suceden cuando la roca se encuentra ya total o parcialmente fundida.

**METAMORFISMO** → Proceso ISOQUIMICO, SISTEMA CERRADO

**EL METAMORFISMO COMIENZA Y LA  
DIAGENESIS TERMINA CUANDO SE ORIGINA UNA  
ASOCIACION MINERAL QUE NO PUEDE FORMARSE  
EN EL AMBIENTE SEDIMENTARIO**

El límite con la diagénesis se sitúa en el momento en el que los restos vegetales que puedan existir en una roca alcanzan el grado de carbonización correspondiente a la hulla, coincidiendo además con la "LINEA MUERTA" o zona de desaparición del petróleo.

# FACTORES DEL METAMORFISMO

- 1) **TEMPERATURA**, 2) **PRESION**: Litostática o Dirigida.
- 3) **FLUIDOS**: Cantidad y composición de la fase fluida o gaseosa presente

Estos factores dan lugar a asociaciones minerales muy distintas en función de la litología de la roca.

## REACCIONES METAMORFICAS MÁS IMPORTANTES

1. Reacciones sólido-sólido: transformaciones polimórficas
2. Reacciones de deshidratación
3. Reacciones de decarbonatación
4. Reacciones de oxidación-reducción

En función de la extensión y de la causa del metamorfismo se puede hablar de:

**A.-METAMORFISMO LOCAL.** De poca extensión.

**B.- METAMORFISMO REGIONAL.** De mayor extensión.

**A-1. METAMORFISMO DE CONTACTO:** → el aumento de temperatura que se produce cuando en una zona aparece una intrusión magmática que calienta una extensión de las rocas que la rodean. Se trata de un *metamorfismo térmico y estático*

**A-2. METAMORFISMO CATACLÁSTICO:** → en las proximidades de fallas y cabalgamientos, en donde la trituración mecánica y las fuerzas de cizalla provocan cambios de textura en las rocas.

En estos procesos no se producen grandes calentamientos, no se dan cambios químicos ni mineralógicos, pero la presencia de fluidos puede provocar fenómenos de alteración posteriores.

## B-1. METAMORFISMO DINAMOTÉRMICO:

Relacionado con las grandes formaciones orogénicas y causado por calentamientos que pueden alcanzar 800 °C.

## B-2. METAMORFISMO DE SOTERRAMIENTO:

Las rocas sedimentarias y magmáticas pueden ser enterradas a causa de diversos procesos geológicos y llegar a encontrarse a grandes profundidades y *temperaturas* de hasta 450 °C.



**FACIES METAMORFICAS:** Grupo de rocas cuyas asociaciones mineralógicas reflejan condiciones de P y T de metamorfismo más o menos parecidas.

**ZONA METAMORFICA:** Ámbito de P y T donde se da una determinada paragénesis, definida por minerales índices que diferencian la zona.

**GRADO METAMORFICO:** Se refiere exclusivamente a la intensidad del metamorfismo.

# Temperature °C

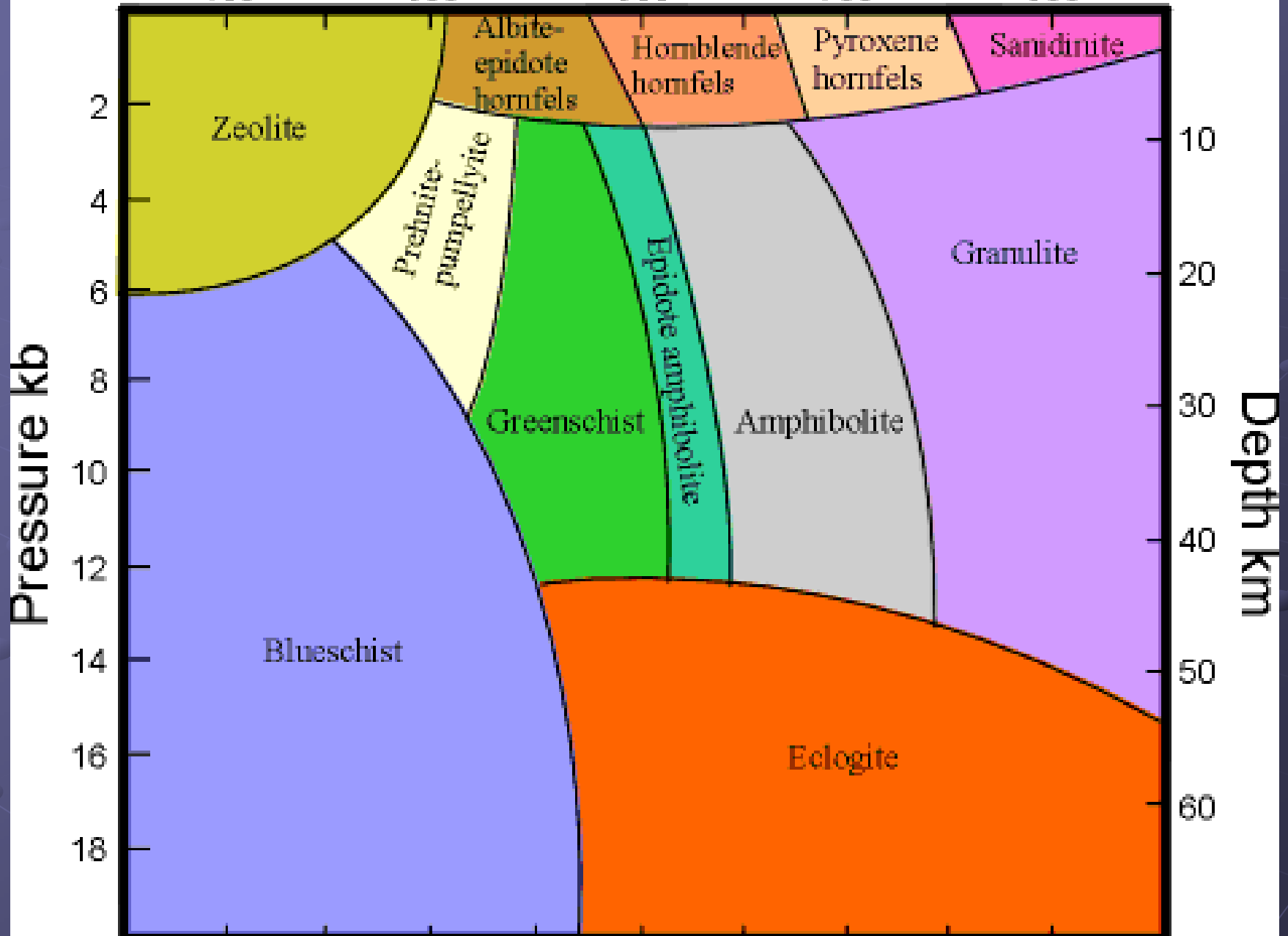
100

300

500

700

900



Pressure kb

Depth km

2

4

6

8

10

12

14

16

18

10

20

30

40

50

60

Zeolite

Prehnite-  
pumpellyite

Albite-  
epidote  
hornfels

Hornblende  
hornfels

Pyroxene  
hornfels

Sanidinite

Granulite

Greenschist

Epidote  
amphibolite

Amphibolite

Blueschist

Eclogite

- El **grado de metamorfismo** da una idea de la intensidad con que se han transformado los materiales, independientemente de la causa que lo provoque.
- Metamorfismo de grado **muy bajo** → **ANQUIZONA:**  
muy baja T
- Metamorfismo de **grado bajo** → **EPIZONA:** baja T
- Metamorfismo de **grado medio** → **MESOZONA:** T intermedia
- Metamorfismo de **grado alto** → **CATAZONA:** T elevada  
inicio de fusión

<b>Grade</b>	<b>Index Mineral</b>	<b>Mineral Zone</b>	<b>Common Mineral Assemblage</b>
Very low	Chlorite	Chlorite	Chlorite, muscovite, albite, quartz
	Biotite		
Low	Biotite	Biotite	Biotite, muscovite, plagioclase, quartz, $\pm$ chloritoid, chlorite
	Garnet	Garnet	Biotite, muscovite, garnet, plagioclase, quartz, $\pm$ cordierite, garnet
	Staurolite		
Medium	Staurolite	Staurolite	Biotite, muscovite, staurolite, plagioclase, quartz, $\pm$ cordierite, garnet
	Andalusite or kyanite	Andalusite/kyanite	Biotite, muscovite, andalusite or kyanite, plagioclase, quartz, $\pm$ cordierite, garnet
	Sillimanite	Sillimanite	Biotite, muscovite, sillimanite, plagioclase, quartz, $\pm$ garnet
	K-feldspar	K-feldspar-sillimanite	Biotite, K-feldspar, sillimanite, plagioclase, quartz
High			

<sup>a</sup> The mineral assemblage may vary depending on the bulk composition of the rocks involved.

# TIPOS DE METAMORFISMO

## 1) Clasificación basada en el factor del metamorfismo:

- \* Metamorfismo **térmico** (p. ej., metamorfismo de contacto).
- \* Metamorfismo **dinámico** (p. ej., metamorfismo cataclástico o metamorfismo de enterramiento).
- \* Metamorfismo **dinamotérmico** (p. ej., metamorfismo orogénico o regional).

## 2) Clasificación basada en el ambiente geológico:

- \* Metamorfismo de **contacto** (+ skarns).
- \* Metamorfismo de **impacto**.
- \* Metamorfismo por **deformación** (cataclástico → milonitas).
- \* Metamorfismo **regional**:
  - Metamorfismo de enterramiento (anorogénico, en zonas de interplaca)
  - Mt. Orogénico dinamotérmico, en márgenes de convergencia de placas

### 3) Clasificación basada en la Tectónica de Placas

- \* **Metamorfismo en interior de placas**  
(anorogénico).

- \* **Metamorfismo en márgenes divergentes**  
(ej., metamorfismo de dorsal oceánica).

- \* **Metamorfismo en márgenes transformantes**  
(.ej., metamorfismo cataclástico).

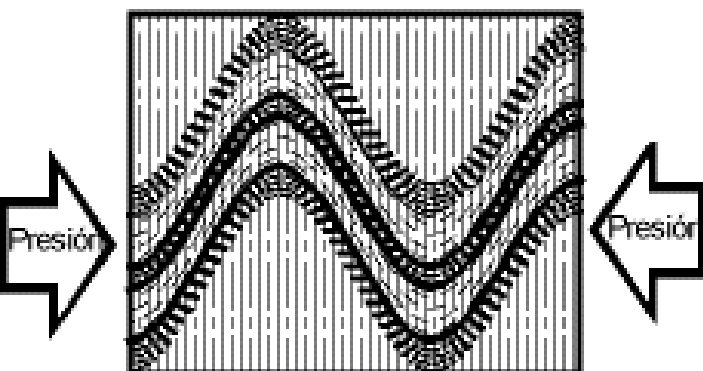
- \* **Metamorfismo en márgenes activos**  
(convergentes) (ej., metamorfismo orogénico).

# LUGARES DE APARICIÓN

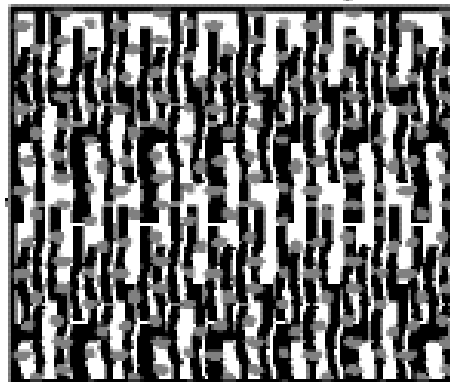
1. Impactos meteoritos
2. Zonas de deformación intensa en fracturas
3. Enterramiento progresivo en cuencas sedimentarias
4. Interior de placas litosferitas
5. Bordes de placa (grandes transformaciones de gran importancia)

**Metamorfismo regional:** De las zonas orogénicas, ya sean de subducción o de colisión continental, afecta a grandes áreas de la corteza. Las rocas de metamorfismo regional presentan diferentes tipos de texturas laminadas (pizarrosidad, esquistosidad, bandeado) orientadas de forma perpendicular a la presión

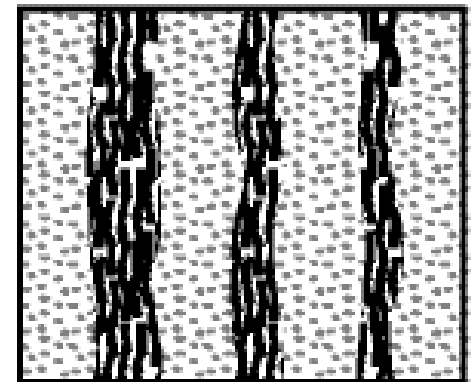
Pizarrosidad → Esquistosidad → Bandeado



minerales de la arcilla se transforman en clorita que crece orientada en planos perpendiculares a la dirección de esfuerzo

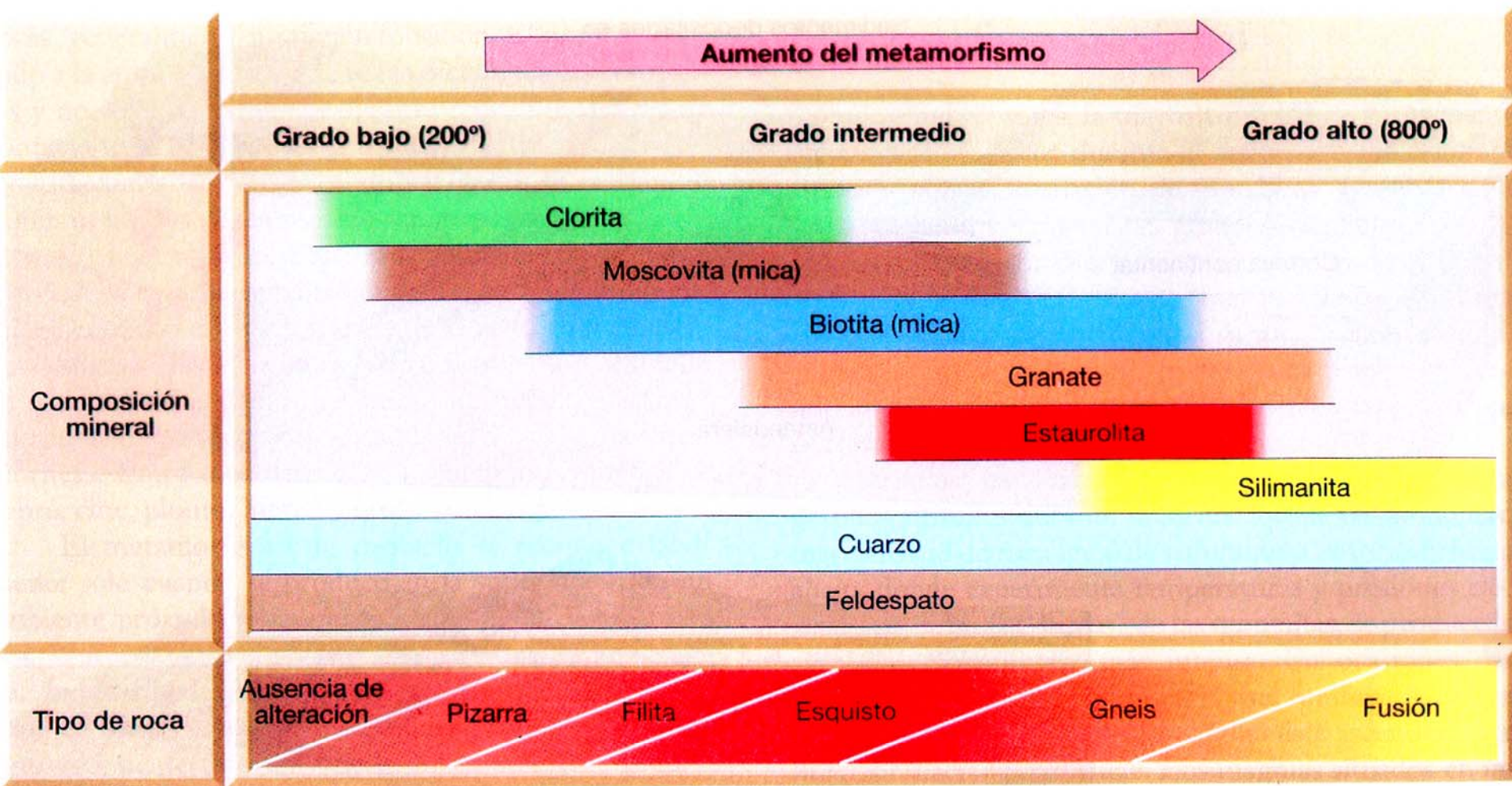


la clorita da paso a minerales como las micas, cuarzo, feldespatos, etc, que se presentan orientados en planos y entremezclados



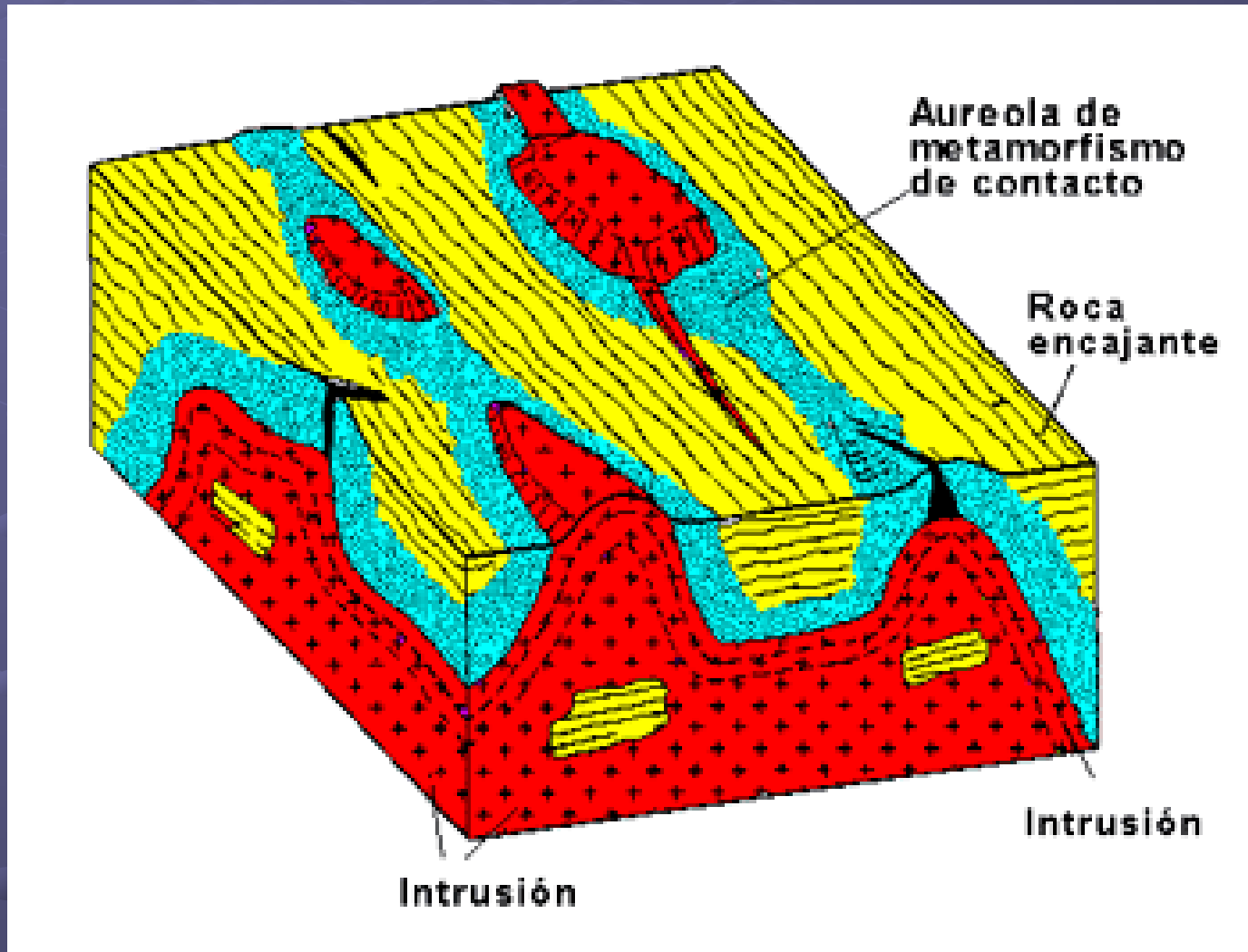
los minerales oscuros (biotita, anfíboles) se segregan en bandas separadas de los minerales claros (cuarzo, feldespatos)



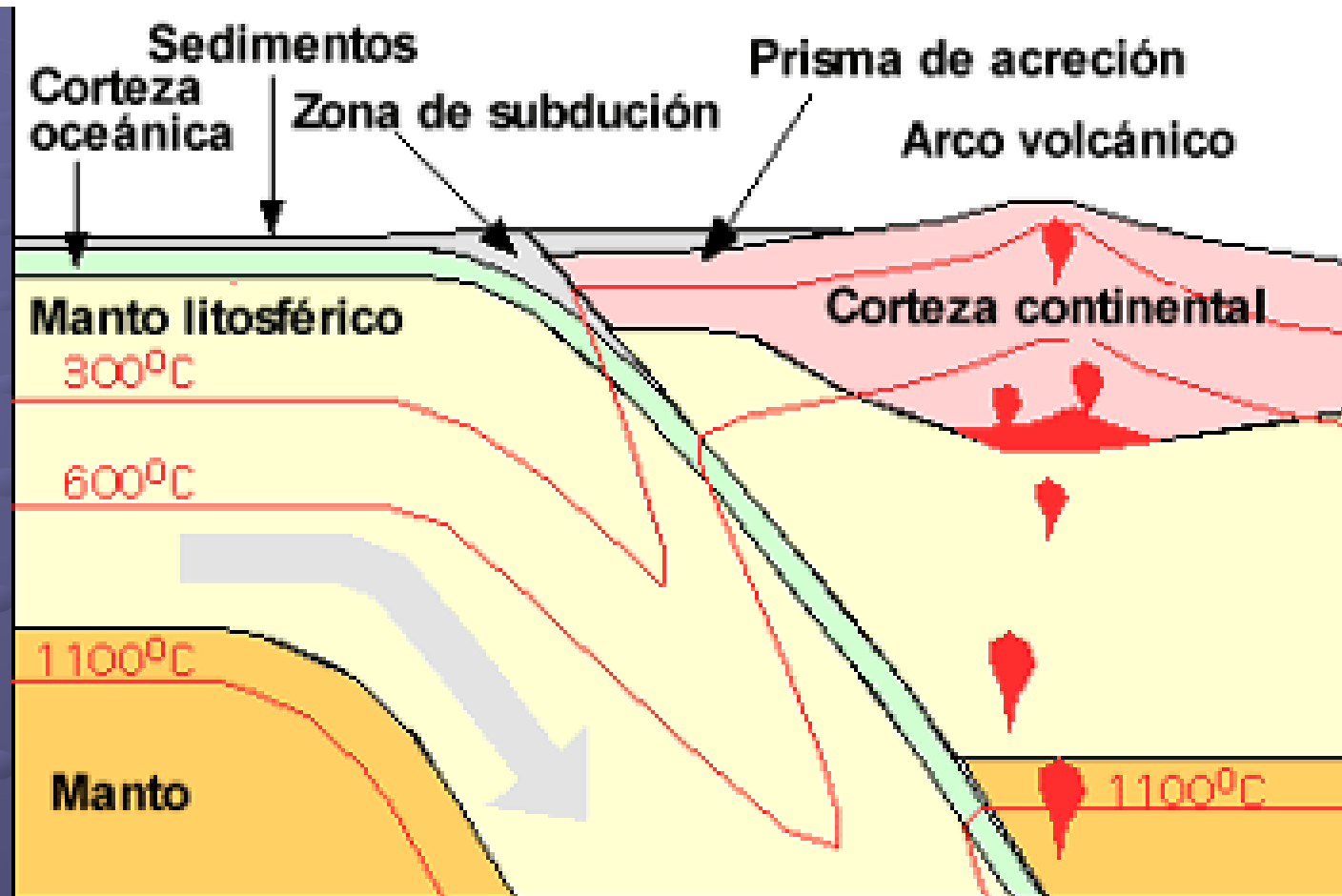


**Evolución mineralógica en el metamorfismo progresivo de una lutita.**

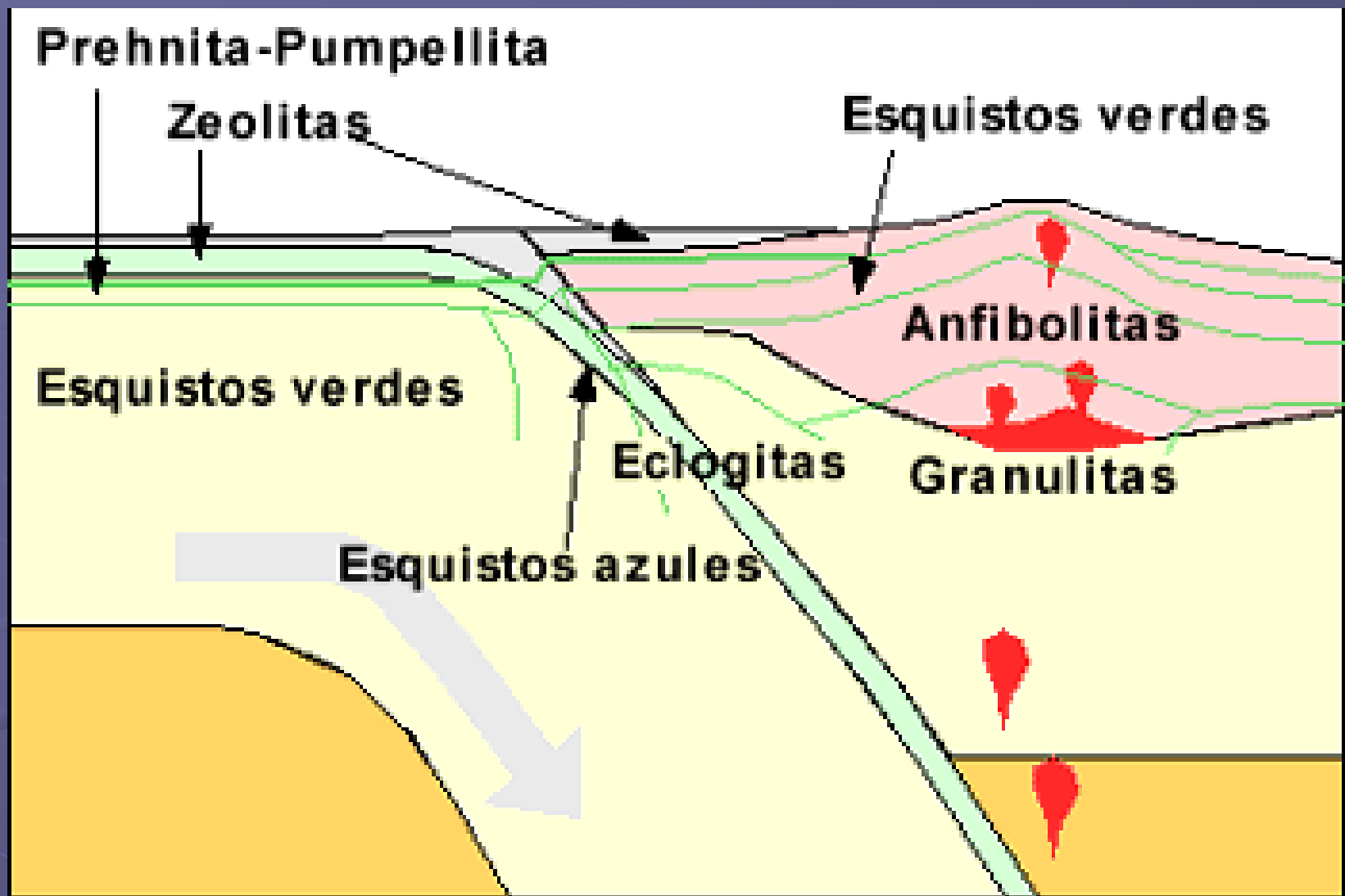
**Metamorfismo de contacto:** de alta temperatura, que se produce en las rocas encajantes de un magma. En estas rocas se produce **una aureola de metamorfismo**, más intenso cuanto mayor es la proximidad al magma.



**Zonas de Subducción:** Se van a generar dos cinturones metamórficos, uno en facies de alta presión, más próximo a la fosa, en el prisma de acreción de la placa que no subduce, y otro en facies alta temperatura por metamorfismo de contacto, alrededor de los magmas generados por la fusión de la placa que subduce.



Distribución de temperaturas en una zona de subducción. Las temperaturas, con respecto a las normales a esas profundidades, son inferiores en el contacto de las dos placas y superiores bajo el arco volcánico.



Distribución de las diferentes facies metamórficas en una zona de subducción. Las facies de alta presión (esquistos azules y eclogitas) se sitúan en rocas de la litosfera que subduce y prisma de acreción, y las de alta temperatura (granulitas y anfibolitas) en proximidades del arco volcánico.

# Temperature °C

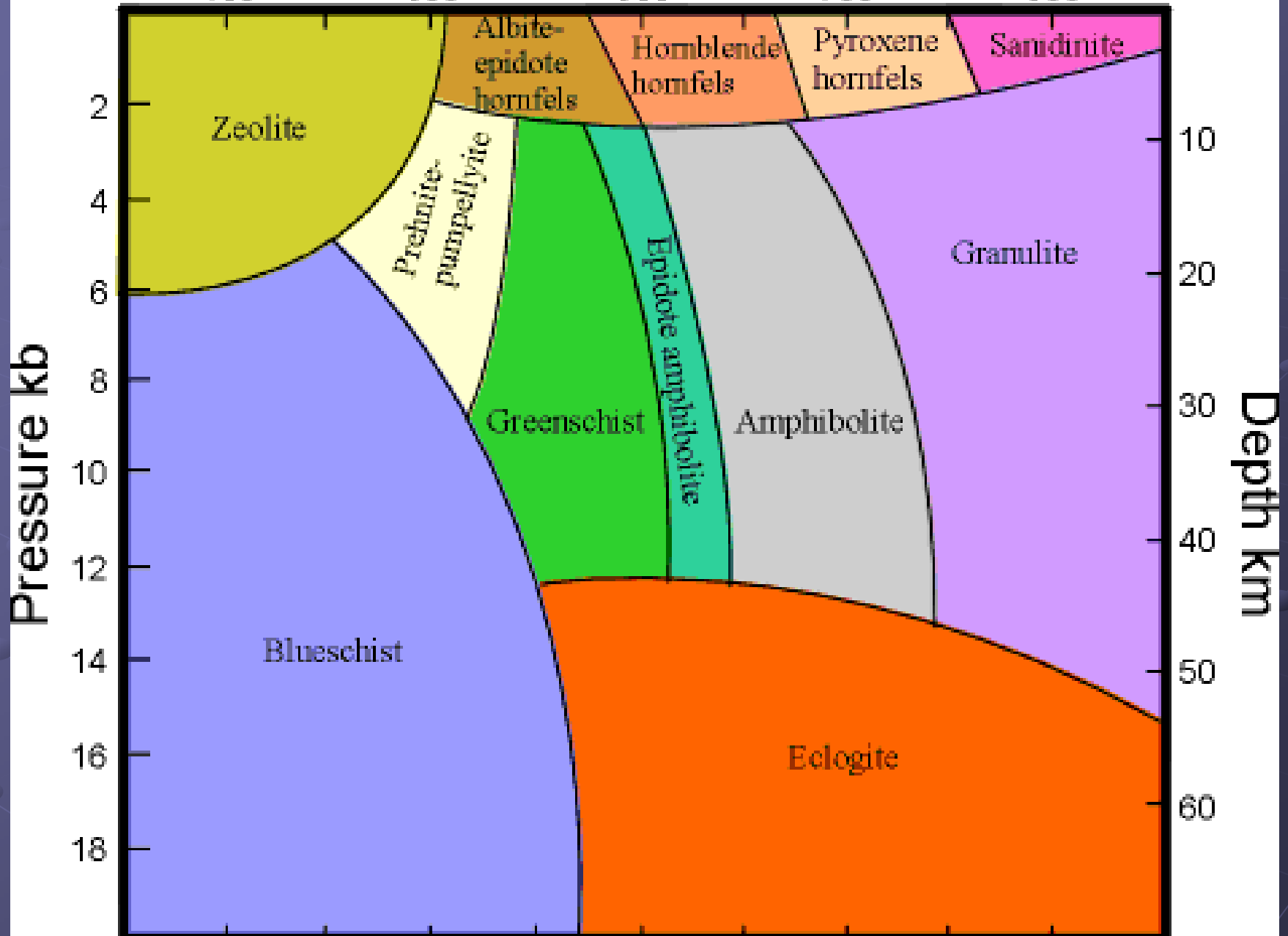
100

300

500

700

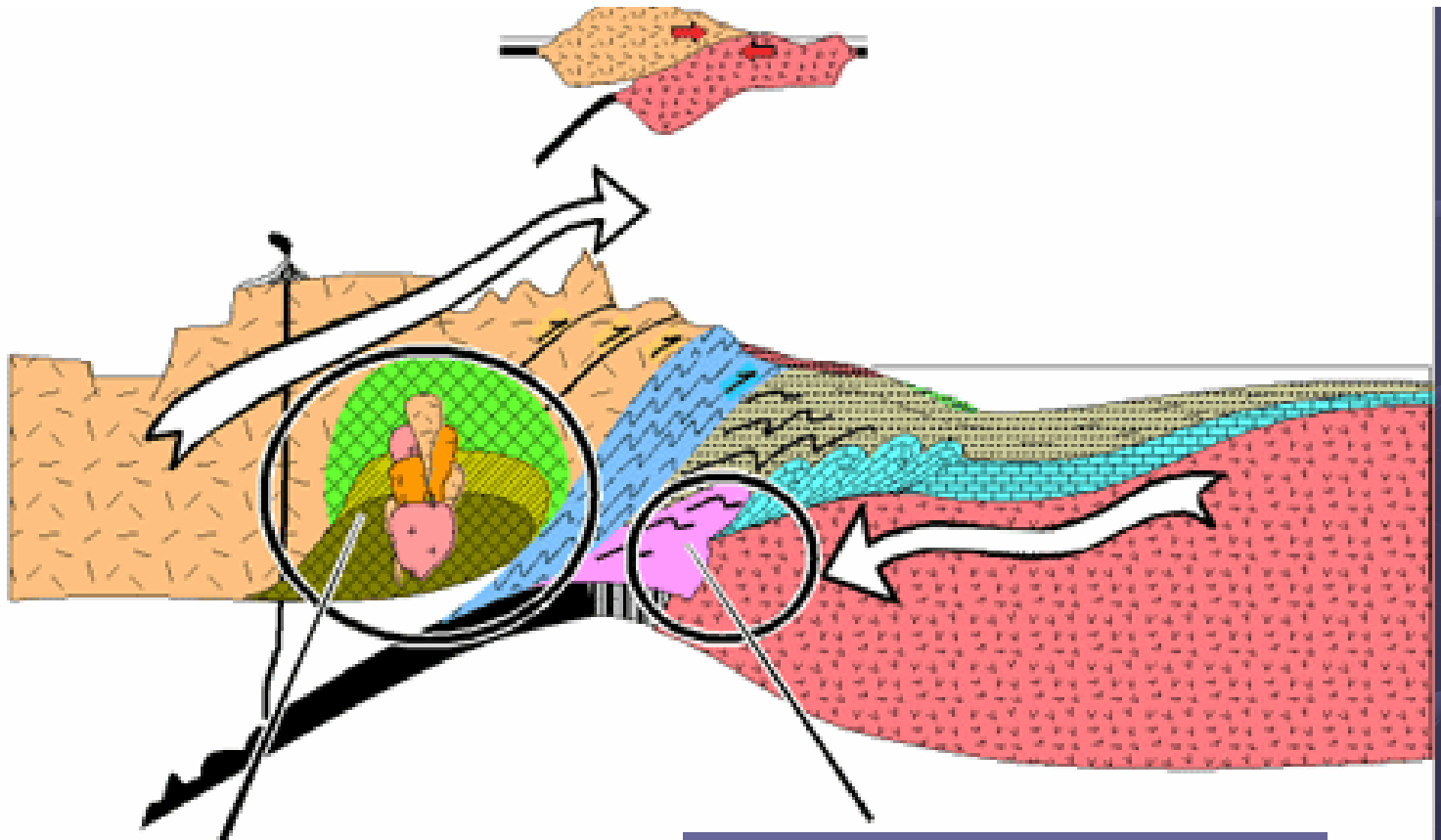
900



Pressure kb

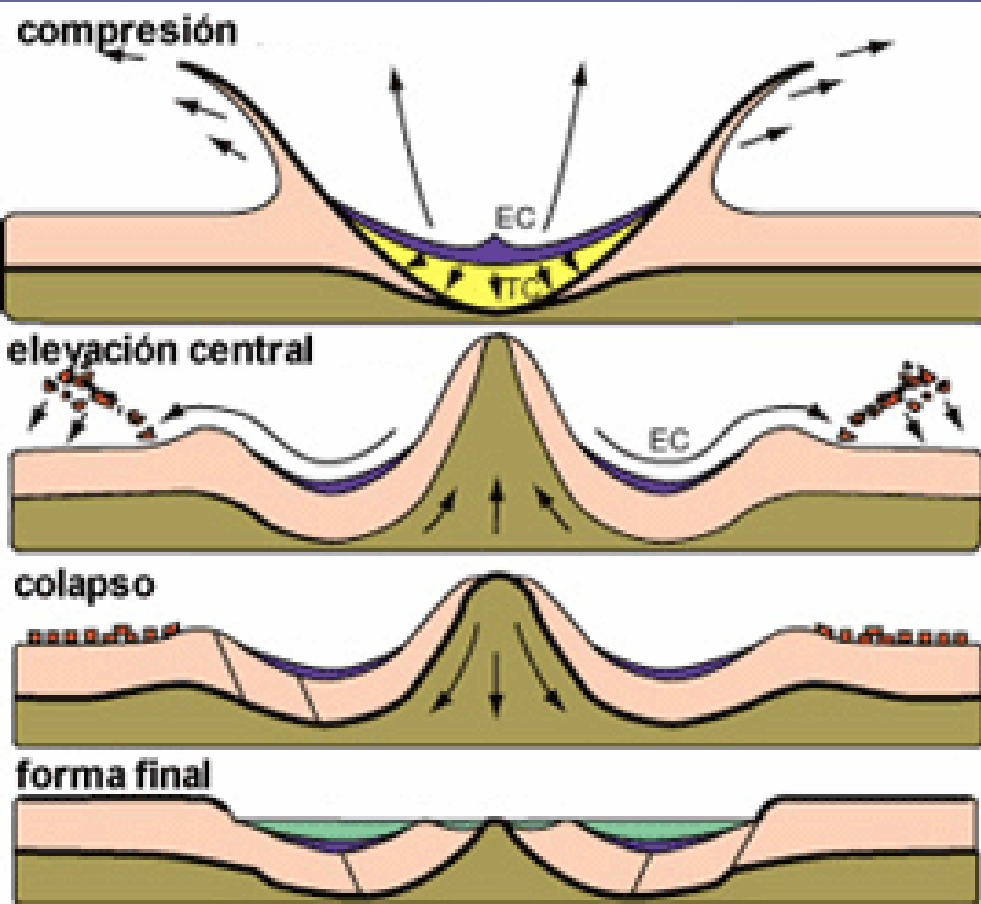
Depth km

**Zonas de colisión continental:** Presenta una gran complejidad. Debido al proceso de colisión, **primero** se produce un metamorfismo de alta presión debido al apilamiento de grandes escamas tectónicas. **Después** un aumento de la temperatura, variando las condiciones del metamorfismo, que puede llegar a borrar las huellas de los anteriores



Metamorfismo de altas T debido a la intrusión de rocas plutónicas

Metamorfismo de alta P debido al aumento de P por apilamiento de escamas tectónicas



- relleno sedimentario
- roca fundida
- brecha de caída
- corteza
- manto superior

• **Metamorfismo de impacto:** Se produce en zonas donde se ha producido un choque de meteoritos.

• Temperaturas y presiones muy elevadas en breves momentos.

• El resultado es un vidrio muy brechificado, en el que pueden aparecer minerales poco comunes.



## AMBIENTE METASOMATICO:

Un efecto adicional de la intrusión de cuerpos plutónicos puede ser la variación composicional de la roca encajante en la zona de contacto → **metasomatismo** y a las rocas formadas durante él se las denomina **skarns**.

**Metasomatismo:** Es un complejo intercambio de materia entre dos sistemas geológicos en fuerte desequilibrio composicional y comunicados por un fluido que sirve de vehículo a los componentes químicos en movimiento.

→ Proceso de reemplazamiento sin cambio de volumen en la roca y causado por los iones contenidos en las soluciones de la roca plutónica

→ Los elementos que van disolviendo la roca de caja se incorporan a las soluciones

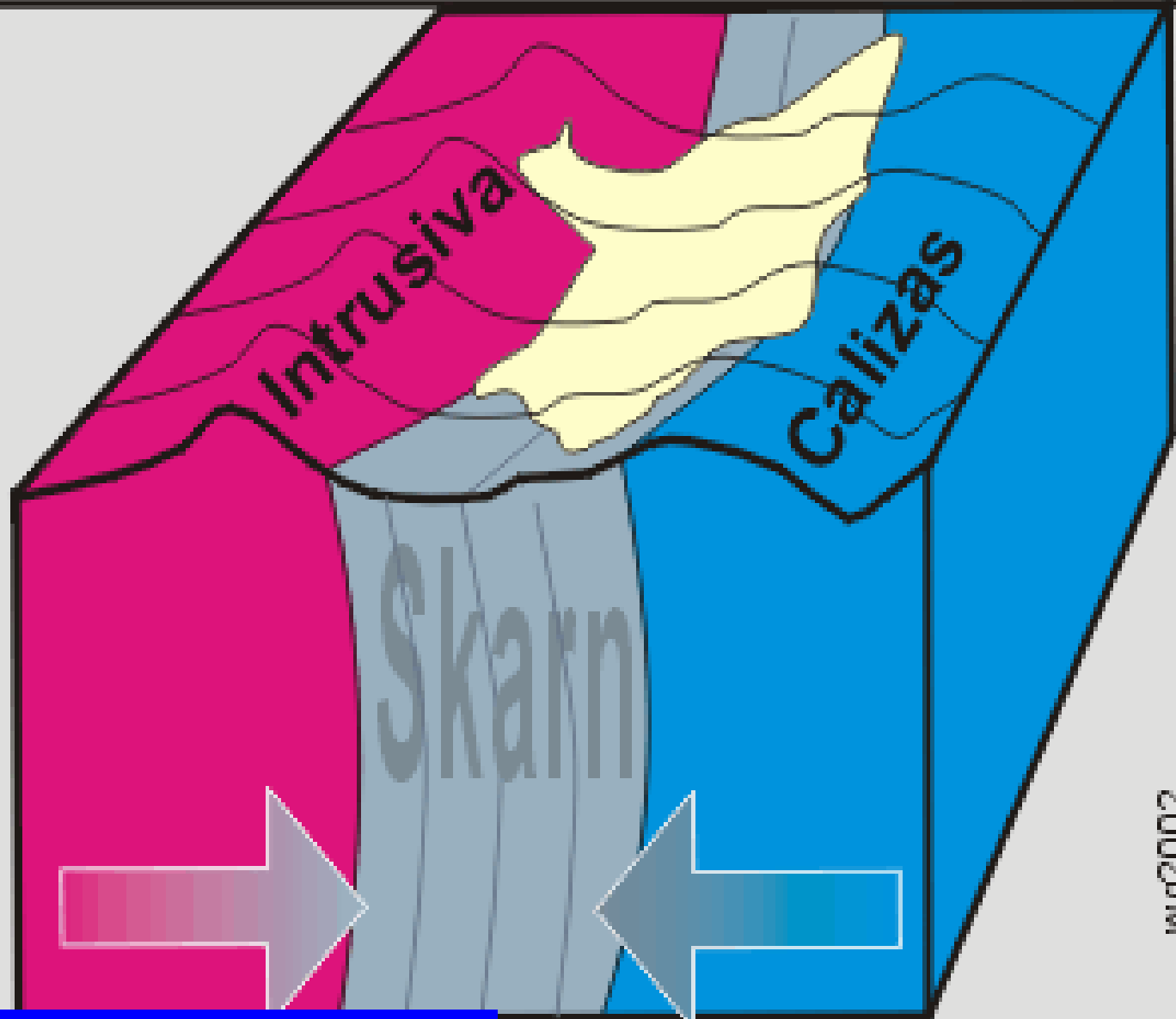


# CARACTERISTICAS DEL METASOMATISMO

- Los procesos metasomáticos son de reemplazo.
- Están controlados por la difusión de los iones , por la naturaleza de los minerales y por su estructura.
- La T tiene un papel decisivo → debilita las estructuras → favorece la migración de los cationes mas pequeños y menos móviles

# Mecanismos:

- **Difusión** (migración al estado solidó)
  - **Infiltración** (a traves de un medio acuoso)
- Existirán Zonas en equilibrio con los iones de la solución
- Puede existir un doble aporte de iones:
- Roca plutonica** → Silice ,álcalis y volátiles
- R.carbonatada** → Ca.o Ca y Mg.
- Mineralogía** → Silicatos - Ca, o Ca - Mg



Intrusión de una masa granítica en una roca carbonatada  
**→ SKARNS**

**EXOSKARN**  
 → formado en la roca de caja

**ENDOSKARN**  
 → situado dentro de la roca intrusiva

wg2002

Metamorfismo de contacto + fase neumatolítica

Movilización de Fe, Mg, entre otros

# Tipos de minerales metasomáticos

- **Minerales relictos:** ya estaban presentes en la composición original de la roca ( más abundantes en las zonas externas del exoskarn y en las más internas del endoskarn)
- **Minerales de reacción:** transformación de minerales preexistentes por la acción de las soluciones metasomáticas
- **Minerales de precipitación:** cristalización directa a partir de los iones de la solución
- **Minerales de skarns calcáreos y de skarns magnésicos**

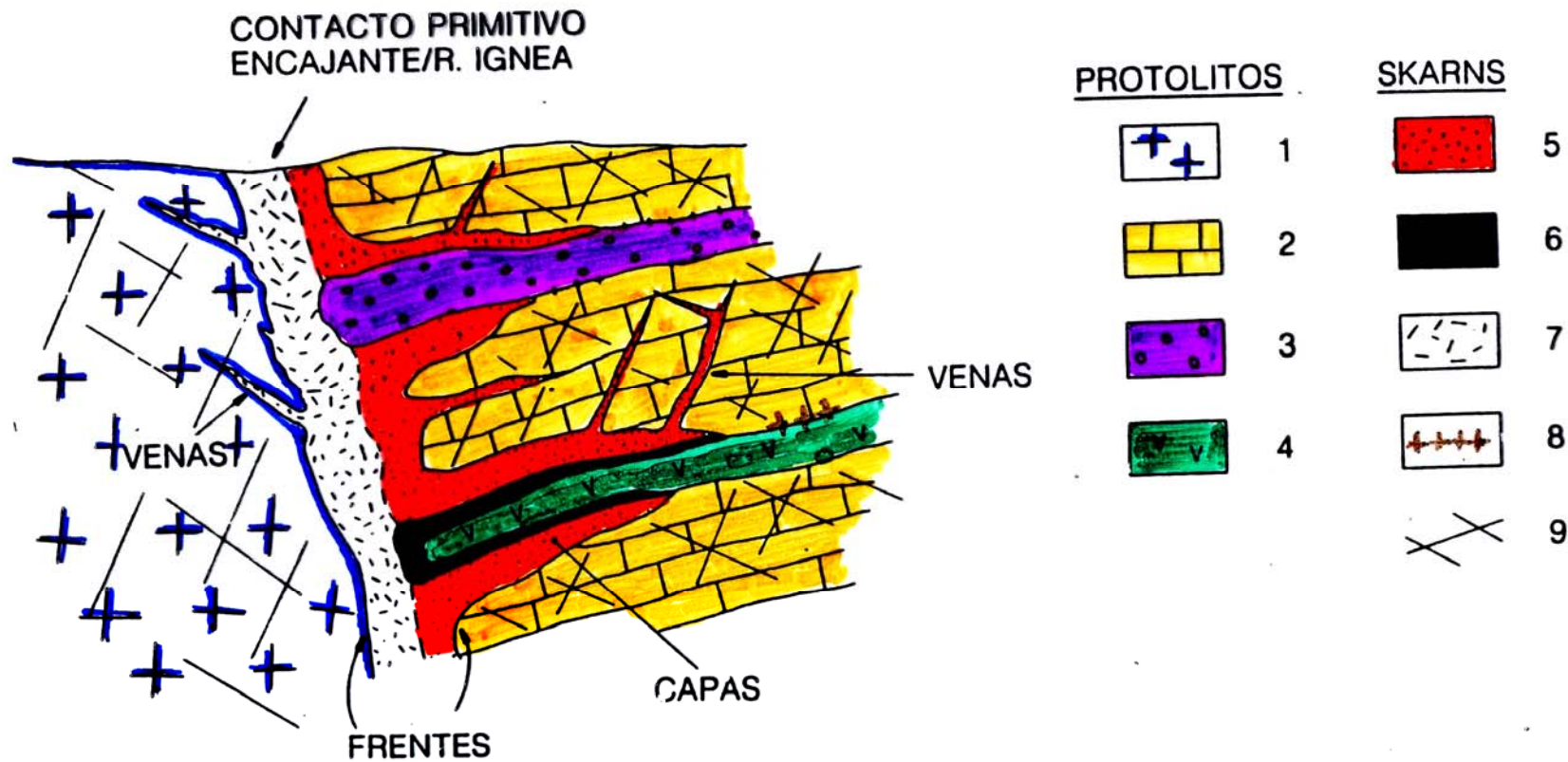
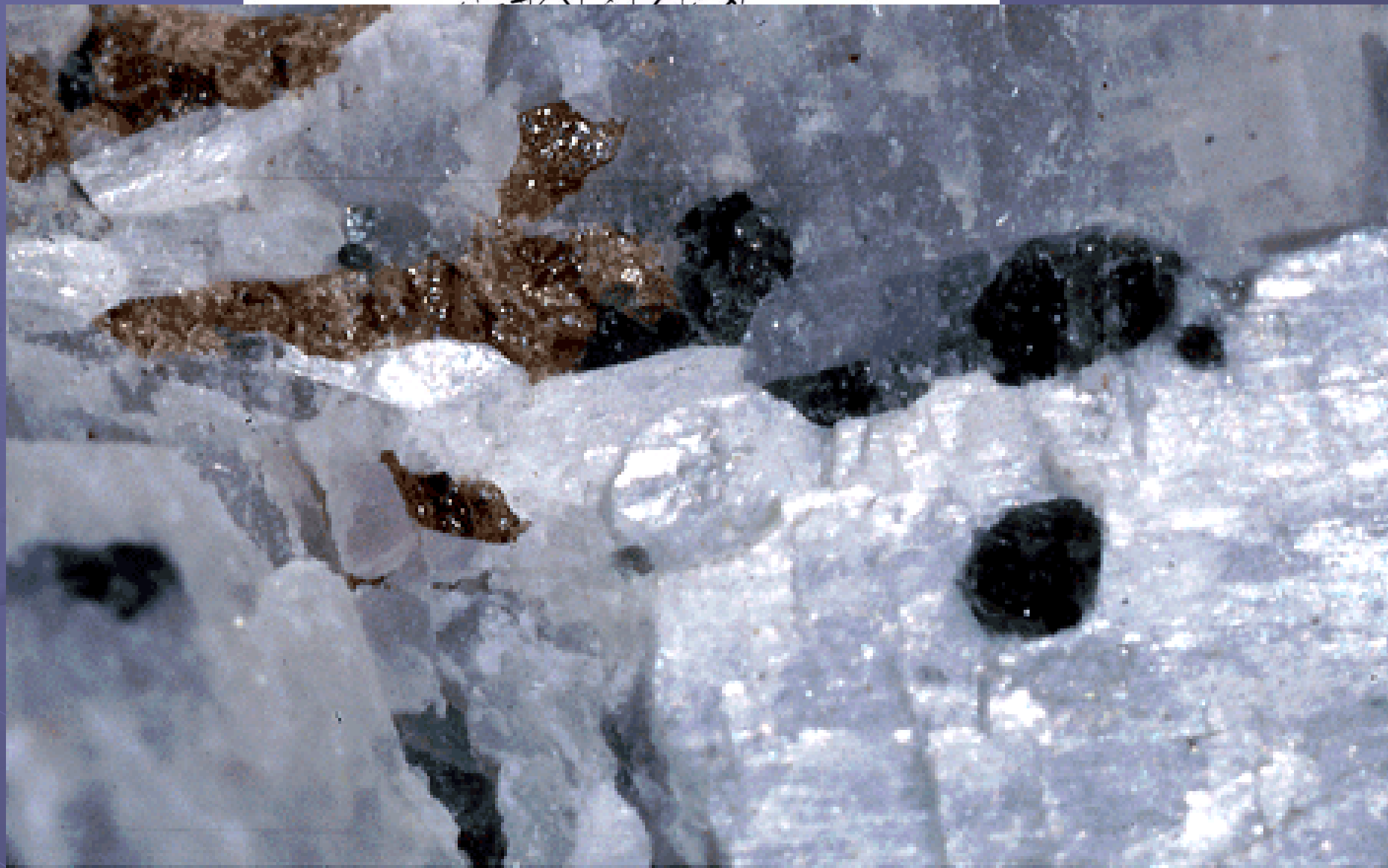
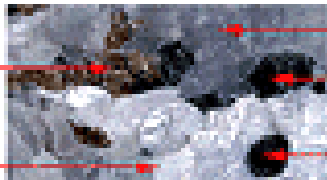


FIG. 1. Corte esquemático de un skarn. 1) Roca plutónica. 2) Rocas carbonatadas. 3) Capas detríticas. 4) Intercalaciones volcánicas básicas. 5) Exoskarn sobre mármoles. 6) Exoskarn de tipo periskarn. 7) Endoskarn. 8) Skarn de tipo reaccional o bimetasomático (DIFUSIONAL). 9) Red de fracturas.



Andradita

Wollastonita



Wollastonita

Diópsido

Diópsido

0,5mm



... frecuencia del fluido, especialmente acuoso, durante la formación y evolución del sistema, y el importante control estructural sobre su circulación. Basado en Einaudi y cols. (1981).