

El metamorfismo

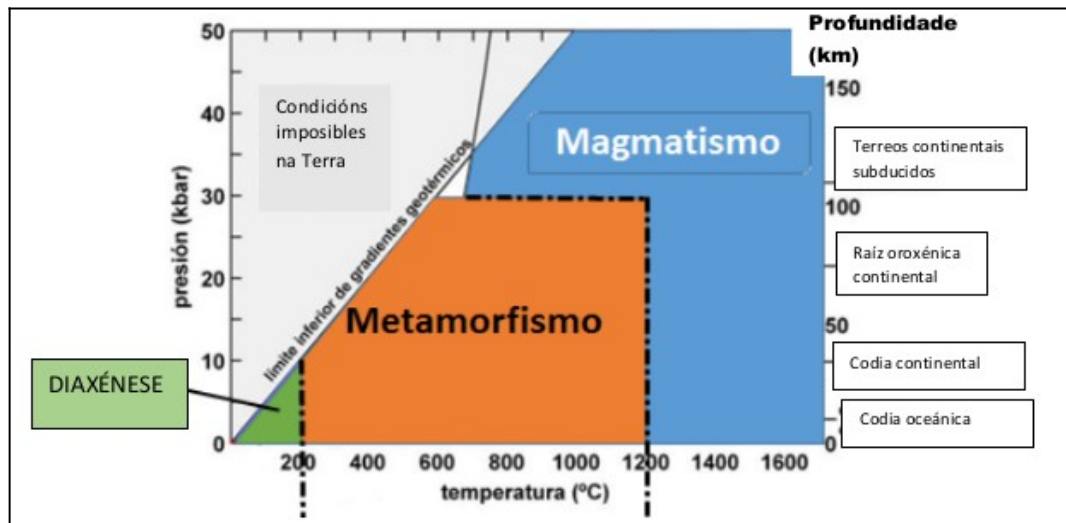
1. El metamorfismo:

El metamorfismo es el conjunto de reacciones en **estado sólido** que afectan a una roca sometida a unas condiciones de **presión y temperatura diferente a las de su origen**. Cuando el cambio tiene lugar en las condiciones de composición (entrada de fluidos), recibe el nombre de **metasomatismo**.

Los procesos metamórficos ocurren en estado **sólido**, sin que exista fusión de los minerales, proceso propio de magmatismo, que se da por encima de los 500-700°C. Las bajas temperaturas y presiones establecen la frontera entre el metamorfismo y la diagénesis, (proceso de formación de rocas sedimentarias).

El límite entre el metamorfismo y la diagénesis se establece cuando aparecen una serie de minerales que no se forman en los ambientes sedimentarios.

Gráfica 1. Representación de los límites de temperatura y presión en los que muestran los diferentes procesos de formación de las rocas.



2. Factores del metamorfismo:

- **Aumento de la temperatura:** El aumento de la temperatura puede romper los enlaces entre los átomos que constituyen las redes cristalinas y aumenta la energía de los mismos. Esto puede causar la formación de nuevas estructuras cristalinas.

- **Incremento de la presión:** El aumento de la presión puede cambiar la estructura cristalina, la orientación y la disposición de los mismos.

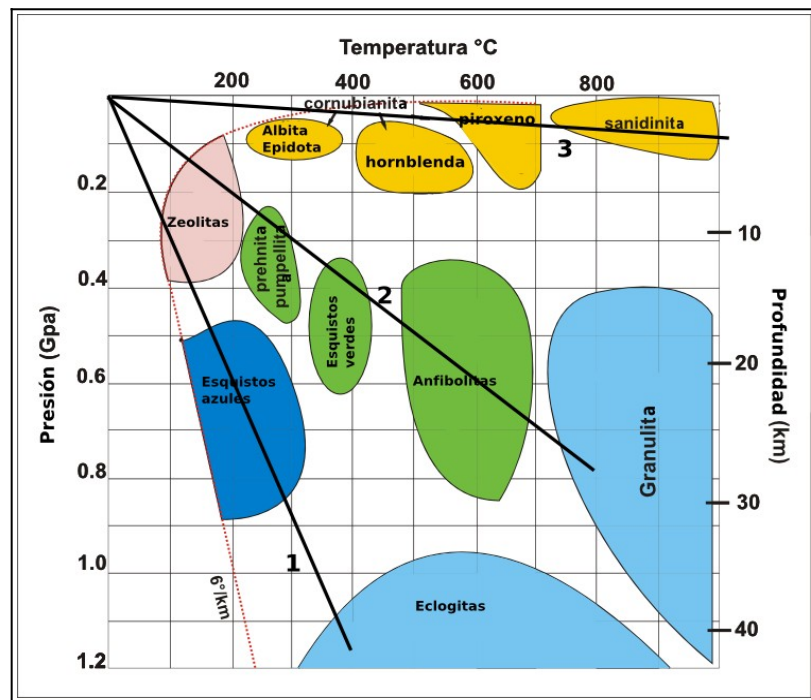
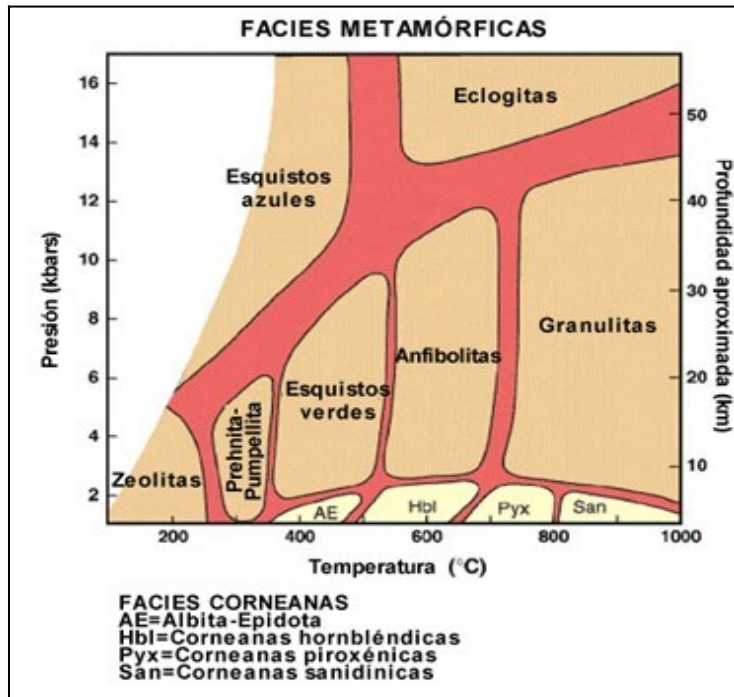
- **Presencia de fluidos:** En rocas sometidas a altas presiones, los fluidos presentes circulan por los espacios intergranulares. Los iones disueltos en estos fluidos pueden reaccionar con las estructuras cristalinas de los minerales mortificándolas químicamente.

3. Facies metamórficas

Una **facies metamórfica** es un conjunto de rocas metamórficas caracterizadas por una asociación de minerales formados bajo las mismas condiciones de presión y temperatura. Las facies se nombran utilizando el mineral o la roca más característica.

El conocimiento de los intervalos de presión y temperatura en los que se producen las transformaciones metamórficas permitió establecer las facies metamórficas.

Gráficas 2 y 3. Facies metamórficas definidas por los intervalos de presión y temperatura. En las gráficas también se muestran las profundidades las que se alcanzan dichas condiciones.



4. Regiones con ambiente metamórfico:

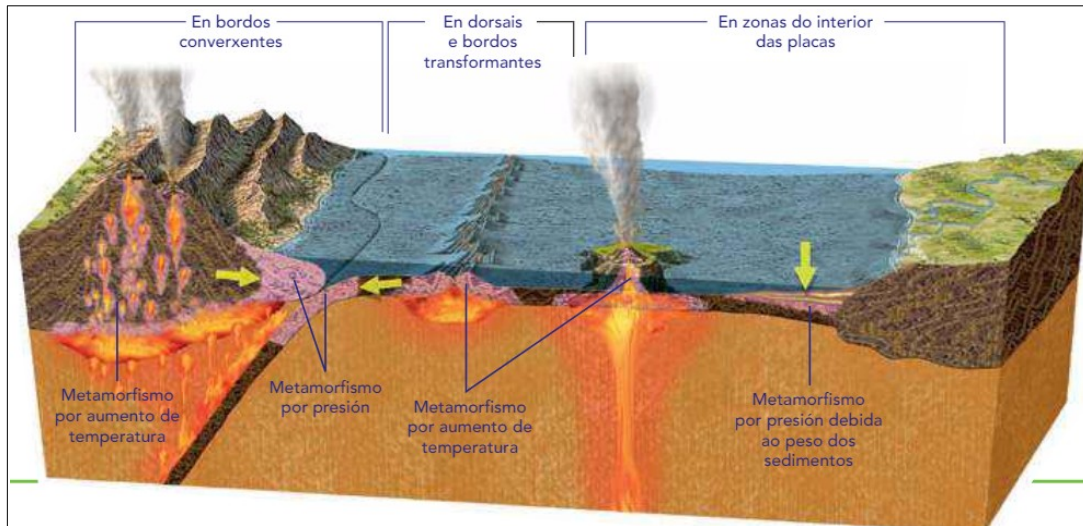


Fig. 1. Ambientes metamórficos.

- a) **Límites de bordos convergentes:** El choque entre las placas producen altas presiones. Por otra parte, el ascenso de los magmas que se forman en la placa que subduce aumentan la temperatura.
- b) En las **dorsales** a temperatura aumenta por el **ascenso de magmas**.
- c) En los **bordos transformantes**, lo roce de las placas causan aumento de presión y de temperatura.
- d) Zonas del **interior de las placas** se encuentran dos zonas principalmente. Unas asociadas a los **puntos calientes** (aumento de temperatura) y las otras en las zonas donde se acumulan muchos sedimentos (grandes cuencas sedimentarias), lo que causa un aumento de la presión de los materiales inferiores.

5. Efectos del metamorfismo:

En general, podemos clasificar los efectos del metamorfismo en dos grandes tipos:

- a) **variaciones en la textura o estructura de las rocas o**
- b) variaciones en la **composición mineralógica**, que implican pequeños cambios en la composición química global de la roca. Es decir, la medida que cambian las condiciones de presión y temperatura, van desapareciendo los minerales inestables y formándose nuevos minerales estables en los nuevos rangos de presión y temperatura.

5.a) Cambios en la textura:

- Cambios en la **disposición de los minerales** debido a **presiones diferenciales** que actúan en una dirección provocando la rotación de los granos que se disponen perpendiculares a dicha dirección.
- **Aumento de la cohesión entre los granos** y la **pérdida de agua de los poros**. Debido generalmente al efecto del peso de los materiales superiores (presión litostática).

5.b) Cambios en la mineralogía:

- **Recristalización** por la sustitución de los cristales de pequeño tamaño por un mosaico de cristales más grandes. La **blastesis o aumento del tamaño de los cristales** de la roca original sucede en procesos metamórficos de baja intensidad. En sedimentos de grano fino, como las arcillas, el calor hace que los más finos se unan en granos de mayor tamaño.

- **Polimorfismo o cambios isoquímicos.** Bajo condiciones metamórficas intensas con cambio importante de las condiciones termodinámicas, los minerales modifican sus estructuras cristalinas originando nuevas disposiciones y por lo tanto, minerales diferentes.

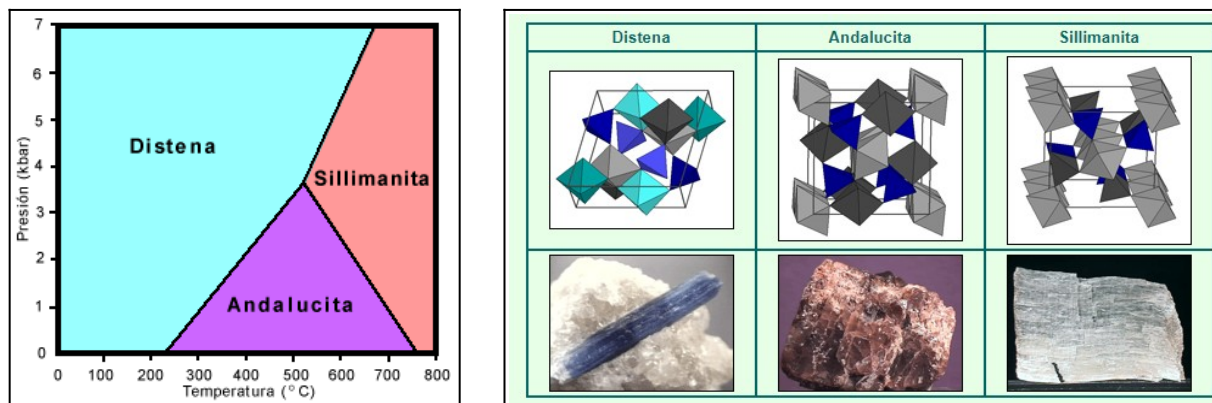


Fig. 2. Los **polimorfos** son la Andalusita, la Sillimanita y la Distena (o cianita) con la composición Al_2SiO_5 . Dependiendo de las condiciones de temperatura y presión se formará un mineral u otro.

- **Formación de nuevos minerales** debido a cambios químicos producidos por los fluidos circulantes que aportan nuevos iones. Los iones de los fluidos que están en contacto con las estructuras cristalinas, en ciertas condiciones como altas presiones, pueden disolverse fácilmente y migrar hacia los espacios porosos situados entre granos de los minerales. En estos poros, la presión es menor, y los iones pueden precipitar.

5.c) Cambios en la estructura:

La **estructura** hace referencia a **ordenación de los cristales dentro de la roca**. Las estructuras más características del metamorfismo son la laminar o foliar (los cristales aparecen formando láminas) y granoblástica.

En la **estructura laminar o foliar** se da en rocas sometidas a gran presión. En estas condiciones, los cristales se orientan y se produce una blastesis (aumento de su tamaño) en la que los cristales que se forman desarrollan un hábito planar (en forma de láminas). La estructura laminada que se forma recibe el nombre de **foliación**.

En función de la intensidad del metamorfismo, la foliación que aparece en una roca puede tener varios grados, diferenciándose las que siguen:

a) Pirrazosidad: definida por la cristalización orientada de minerales planares muy pequeños, no visibles a simple vista (micas). Propia de condiciones de bajo grado metamórfico (baja P y T). Típica de las pizarras y filitas (en estas últimas es más marcada).

b) Esquistosidad: si aumenta el grado de metamorfismo (medio-alto), los minerales planares aumentan su tamaño y son visibles a simple vista. A esta estructura foliar, además de las micas, también contribuyen los cristales de cuarzo y feldespato que se aplanaron por la deformación. Ejemplos de rocas con esta estructura son los esquistos.

c) Gneísica (bandeado gneísico): Durante el metamorfismo de grado alto, las migraciones iónicas pueden ser lo suficientemente grandes como para causar, además de la orientación de los minerales de hábito planar, una segregación en capas o bandas de minerales claros (cuarzo y feldespatos) y oscuros (biotita). Propia de los **gneis**.

A veces, entre las bandas alternas de colores se disponen cristales de mayor tamaño que el resto, denominados glándulas. Un ejemplo muy conocido es el gneis ojo de sapo, frecuente en Galicia.

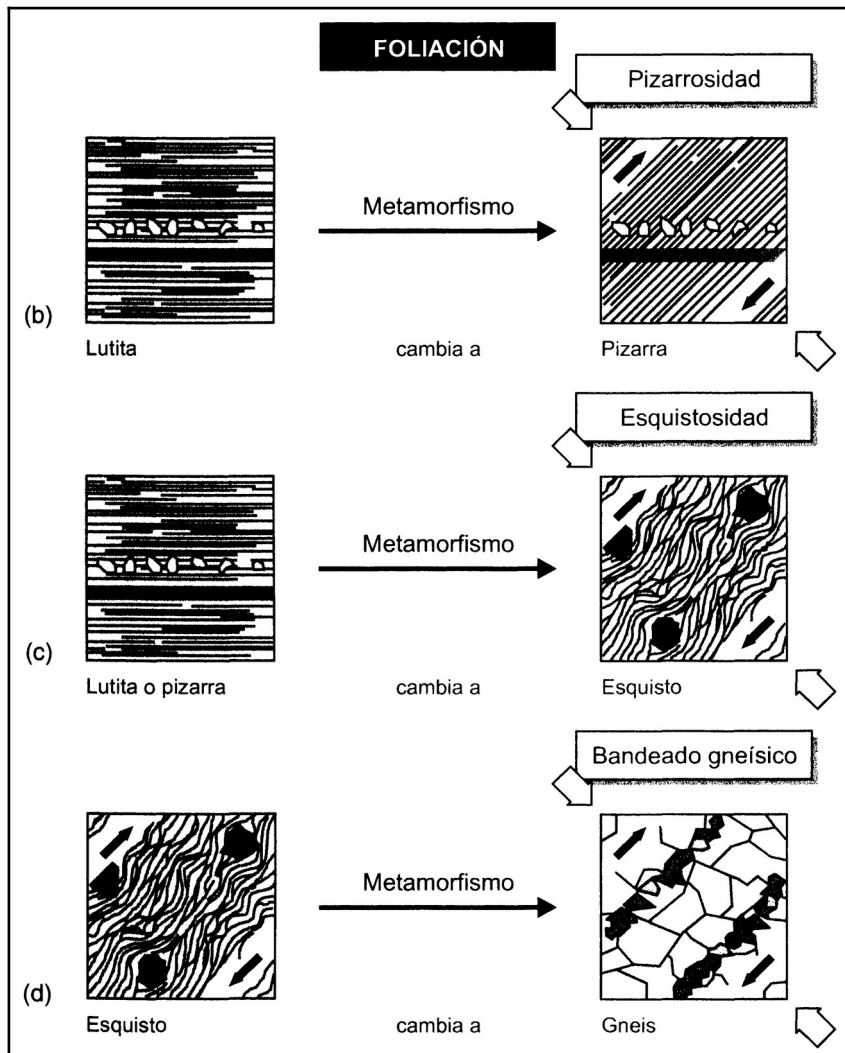


Fig.3 : Cambios en la foliación de las rocas metamórficas. L primeira roca de la imagen, la lutita es una roca sedimentaria de grano moi fino.

d) Migmatítica (bandeado migmatítico): En situaciones de metamorfismo de alto grado, muy próximos al magmatismo, se forman bandas muy marcadas de minerales claros y oscuros con la aparición de micropliegues entre los planos de esquistosidad. Propia de las migmatitas.

5. Tipos de metamorfismo:

Basándonos en el **factor predominante** podemos hablar de:

1. Metamorfismo de contacto.

El factor principal es el **aumento de temperatura** y se da en las rocas próximas las zonas de ascenso de magmas. Se forman las **aureolas de metamorfismo**, en las que las rocas mas alteradas son las que fueron sometidas a temperaturas más altas.

2. Metamorfismo regional.

En este caso, tanto la temperatura como la presión son factores importantes y actúan durante períodos largos. Está asociado la límites de placas como las **zonas de subducción** o en **orógenos de colisión**. Su intensidad es muy variable y pueden predominar las altas presiones (metamorfismo regional de alta presión) o los dos factores en las zonas de subducción (metamorfismo regional dinamotérmico)

3. Metamorfismo dinámico:

El factor dominante es la **presión** y está asociado las **fallas**. La roca puede llegar la triturarse formando la llamada **milonita**.

4. Metamorfismo de enterramiento:

El factor más importante es la **presión** ejercida por los sedimentos acumulados en las grandes cuencas de sedimentación. Si los materiales se entierran (subsistencia) también se produce un aumento de la temperatura. En estos ambientes se forman rocas laminadas como la pizarra y los esquistos.

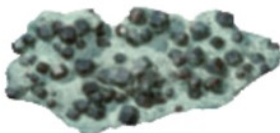
5. Metasomatismo:

Está asociado la presencia de **fluidos calientes** que reaccionan con los minerales existentes. Un ejemplo es el cambio del calcio por el magnesio en las rocas calcareas para formar dolomias

Tipos de metamorfismo	Regional de alta presión	Dinámico	Térmico o de contacto	Metasomatismo	Regional dinamotérmico
					
Zona	Prismas de acreción	Fallas de gran tamaño	Proximidades de una cámara magmática	Proximidades de una cámara magmática	Extensas áreas en bordes destructivos
Proceso	Fuerte compresión de materiales	Trituración de las rocas	Fuerte calentamiento de las rocas	Mineralizaciones por fluidos emitidos por el magma	Incremento de presión y temperatura
Estructura resultante	Foliación apretada (esquistosidad)	Estructura granoblástica caótica	Estructura granoblástica fina	Mineralizaciones caóticas invadiendo la roca	Foliación
Roca	Esquistos	Milonita o brecha de falla	Corneana o cornubianita	Skarn	Pizarras, esquistos, gneises

6. Rocas metamórficas más importantes:

De una manera sencilla, podemos clasificar las rocas metamórficas en dos grandes grupos: **rocas con foliación y con estructura granoblástica.**

Rocas con foliación			
Metamorfismo suave de una roca arcillosa Pizarra. Color generalmente opaco, azul oscuro o negro. Foliación en láminas finas y paralelas que son fácilmente separables. 	Metamorfismo más intenso de una roca arenosa y arcillosa Esquisto micáceo. Brillo intenso y color variable. Foliación ondulada e irregular. Se aprecian pequeños granos de cuarzo. 	Metamorfismo aún más intenso de una roca arenosa y arcillosa Esquisto con granates. Se aprecian granates (esquisto granatífero) u otros minerales, como estaurolita o andalucita. 	Metamorfismo aún más intenso de una roca arenosa y arcillosa Gneis. Colores claros y oscuros formando bandas. Foliación gruesa e irregular. Se ven cristales grandes de feldespato. 

Rocas con estructura granoblástica			
Metamorfismo de arenisca rica en cuarzo Cuarcita. Color variable, a menudo rojizo. Muy dura (raya el acero) y muy tenaz. No reacciona con el HCl. 	Metamorfismo de caliza Mármol. Color variable, aspecto similar a la cuarcita, pero no raya el acero y sí produce reacción con el HCl. 	Metamorfismo de contacto de roca rica en cuarzo Corneana. Color gris o verdoso. Aspecto liso o moteado. Con cristales de andalucita u otros minerales. 	Metamorfismo dinámico producido en un plano de falla Brecha de falla. Aspecto irregular. Formada por clastos o fragmentos angulosos de diferentes tamaños. 