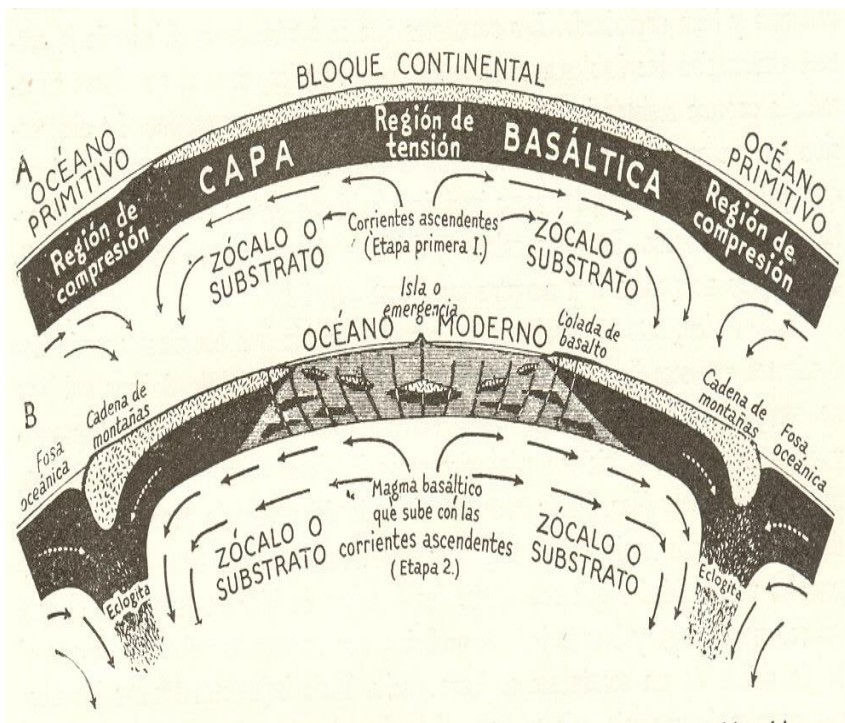
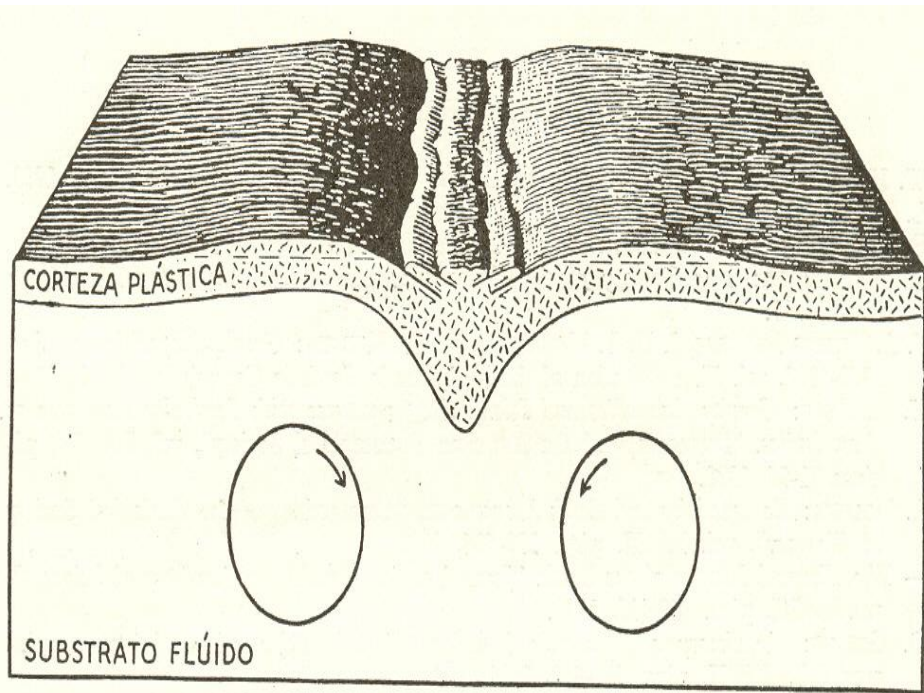
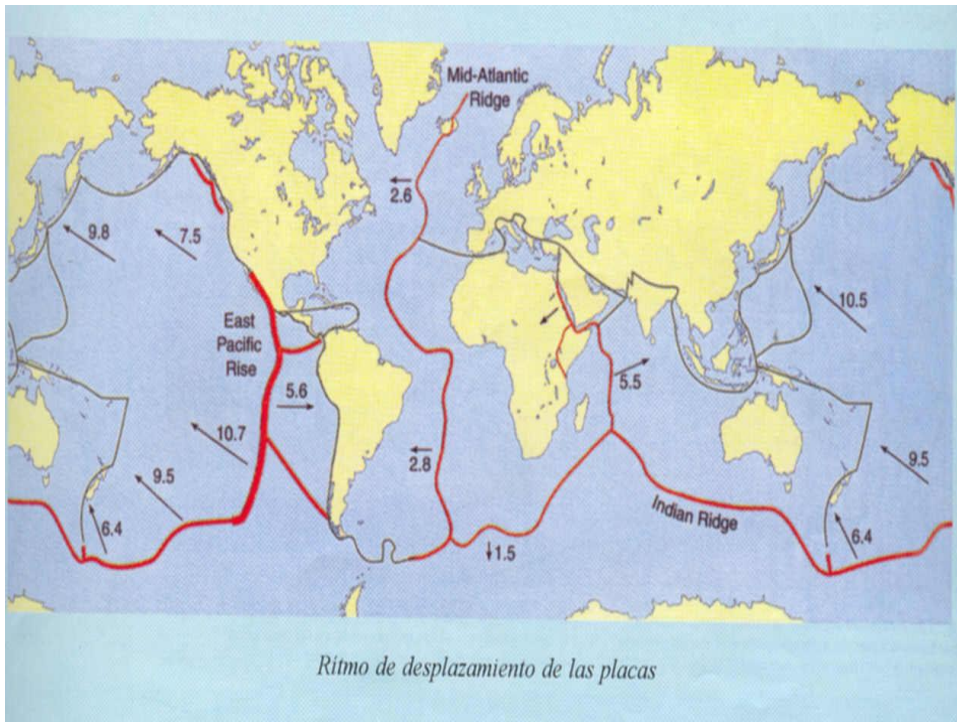


METAMORFISMO Y ROCAS METAMÓRFICAS

PROFESOR Ing. JORGE HUAYHUA ROJAS Revis. PEDRO H. TUMIALAN







METAMORFISMO Y ROCAS METAMÓRFICAS

Charles Lyell (1832) "Es un proceso Geológico por el cual las rocas consolidadas son alteradas o transformadas en su composición (química, mineralógica), textura y estructura debido a condiciones termodinámicas de P , T° y fluidos químicamente activos (mineralizantes) que ocurren en las profundidades de la corteza terrestre.

RASGOS DE METAMORFISMO

Textura, hay una variación al reagruparse los minerales componentes de las rocas.

Aparecen modelos estructurales La foliación es una textura típica del metamorfismo.

Recristalización, hay un reordenamiento de los minerales que pueden ser aumento de tamaño de los cristales

Reorganización de componentes químicos para formar nuevos minerales .

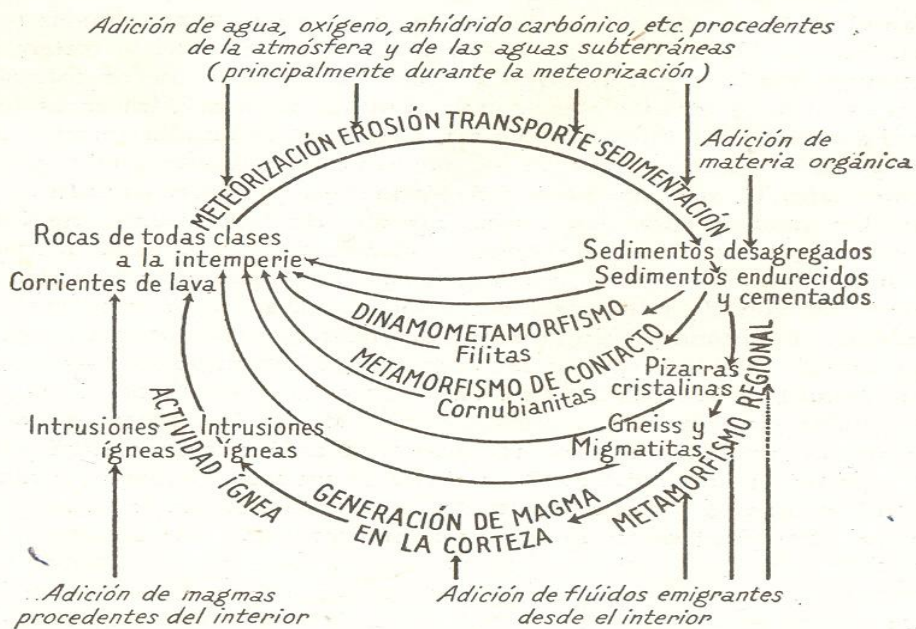
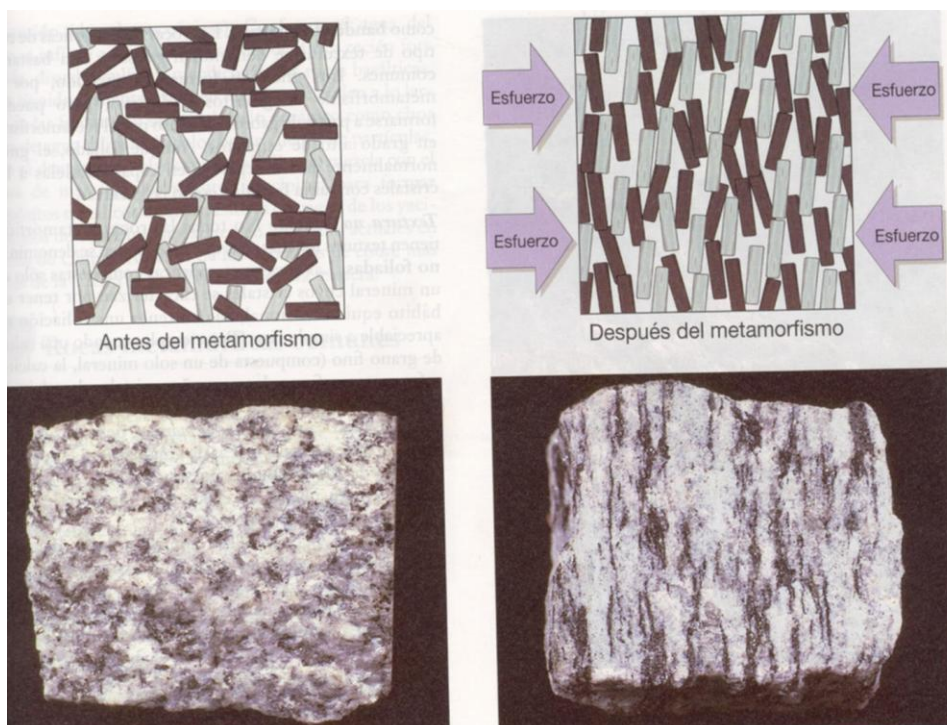


FIG. 24. — Ciclo metamórfico de la transformación de las rocas.



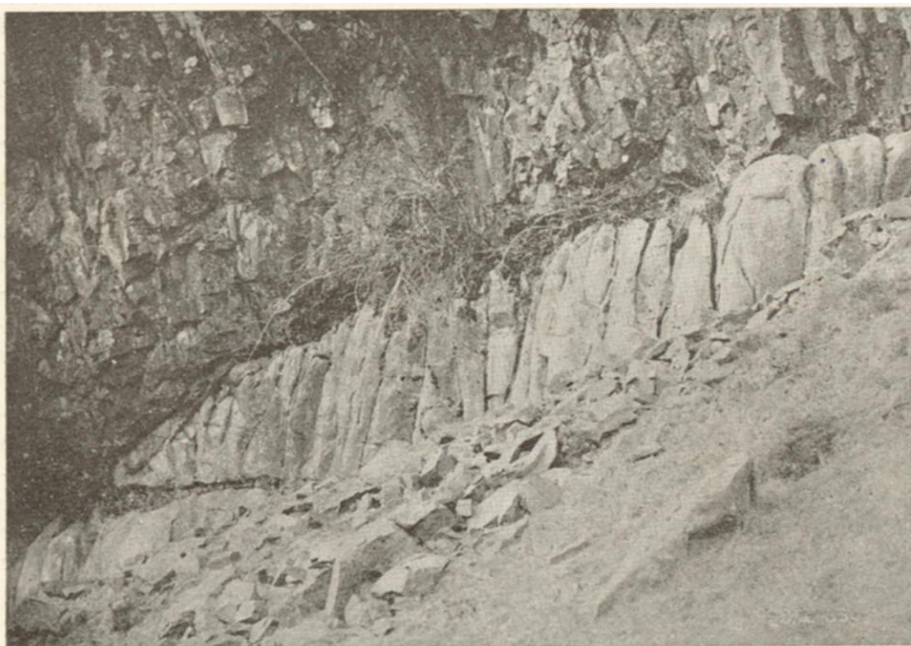


FIG. 21.— Metamorfismo de una caliza carbonífera por el manto interestratificado del Great Whin Sill, en Falcon Clints, Teesdale, Durham. (Fot. E. J. Garwood.)



FIG. 18.— Estratificación y diaclasas en las areniscas carboníferas, cabo Muckcross, distrito de Donegal. (Fot. R. Welch.)

CAUSAS O AGENTES DEL METAMORFISMO

PRESIÓN :

- Estática, es debido al peso de la sobrecarga de rocas , la que se incrementa con la profundidad (presión litostática).
- Dinámica, es originada por los movimientos diastróficos (movimiento de las placas tectónicas, zonas de falla).

TEMPERATURA:

- **Magmatismo**, calor proveniente del magma o lava.
- **Grado Geotérmico**, debido al calor terrestre (+1° C cada 32-33 m).
- Radioactividad, calor proveniente de la desintegración de los minerales radioactivos como el U, Th, Ra, K.

FLUIDOS QUÍMICAMENTE ACTIVOS (MINERALIZANTES):

- Proviene del líquido residual al emplazarse el magma consistente en vapores de alta temperatura, entre estos hay vapor de agua, Cl, F, S, ácidos Bórico, fluorhídrico, clorhídrico y otros agentes químicos activos.

TIPOS DE METAMORFISMO

Esta relacionado con el agente que lo produce :

a) **Metamorfismo Igneo ó de Contacto**, se produce por emplazamiento intrusión de masas ígneas sobre rocas preexistentes originando aureolas y zonamiento locales. Los minerales típicos guías son los granates, tremolita y diópsido. Frecuentemente las soluciones ígneas pueden llevar Si, Fe, Cu, Au, Ag y otros iones en cantidades suficientes para originar yacimientos de minerales económicos.

b) **Metamorfismo Metasomático**, consiste en la introducción y/o remoción de ciertas sustancias con los respectivos cambios químicos y mineralógicos de las rocas afectadas. La composición química global es la misma
Arcilla → Muscovita → Ortosa

c) **Metamorfismo Hidrotermal**, son los cambios producidos por las aguas magmáticas calientes sobre rocas pre-existentes originando remoción y adición de sustancias y algunas veces por ambos .Ej. Los feldespatos cambian a sericita o minerales de arcilla, el olivino a serpentina y talco, la biotita a clorita, piroxenos y anfíboles a clorita y serpentina.

d) **Metamorfismo Pneumatolítico**, es el estado supercrítico que se caracteriza por presentar un equilibrio entre los cristales y los gases que predominan en el fluido y esta muy relacionado con el proceso pegmatítico . La temperatura varía entre 400 °C y 600°C. Pueden generar depósitos de bismuto, tungsteno, estaño y molibdeno.

e) **Metamorfismo Geotermal (Pirometamorfismo)**, se produce por el calor terrestre (grado geotérmico) sin la intervención de la acción del magma. Produce la recristalización de las rocas preexistentes.

f) **Metamorfismo Dinámico - Cinético**, (Dinamometamorfismo) ocurre en áreas de gran actividad tectónica (fallamiento) origina alteraciones en la textura , neo-estructuras y reorientación de los minerales.

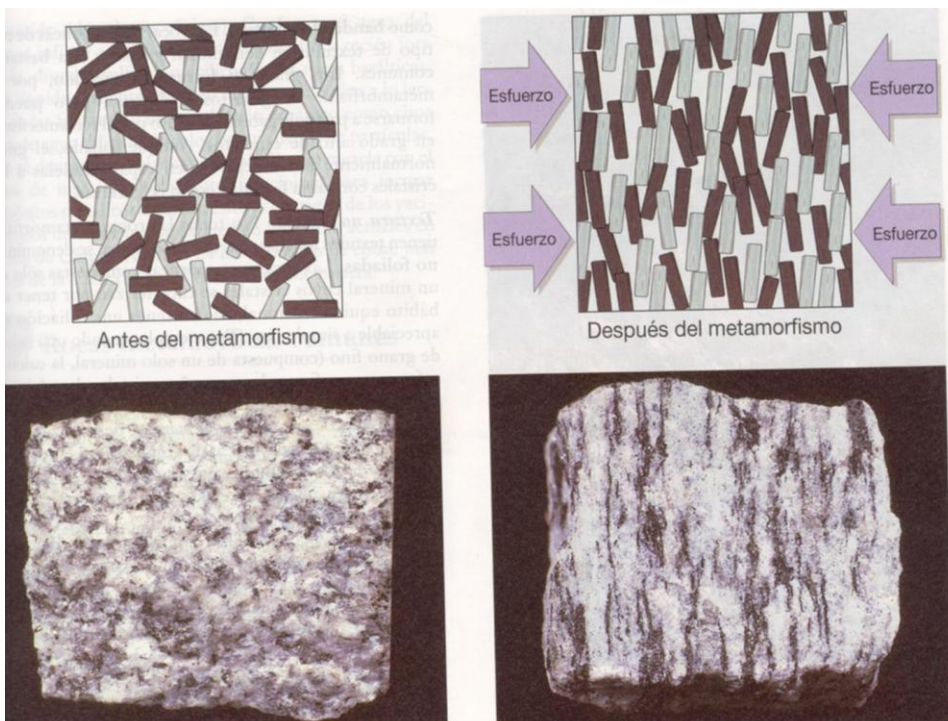
g) **Metamorfismo Regional** , es amplio y profundo se presenta en regiones donde existen cordilleras y montañas antiguas (Precámbricas , Paleozoicas) plegadas abarcando miles de km². Los Minerales guías : sillimanita, clorita, biotita, almandino, (granate), cianita, epidota, estaurolita, andalucita.

ZONAS DE METAMORFISMO

ZONA	TEMPERATURA	TIPO METAMORFISMO	ROCAS
Epizona	300°C	Cinético	pizarra- filita- esquisto
Mesozona	300-500°C	Contacto	mármol- cuarcita
Katazona	500-700°C	Regional	gneis-eclogita- anfibolita

ROCAS METAMÓRFICAS.

Son aquellas que provienen de rocas prexistentes (ígneas, sedimentarias, metamórficas) y en la que han actuado procesos termodinámicos de presión , temperatura y fluidos químicamente activos (mineralizantes).



CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS

En función de la textura foliada se clasifican en :

a) ROCAS METAMORFICAS FOLIADAS

Lutita → pizarra → filita → esquisto → gneis → granulita.

b) ROCAS METAMORFICAS NO FOLIADAS

Arenisca → cuarcita.

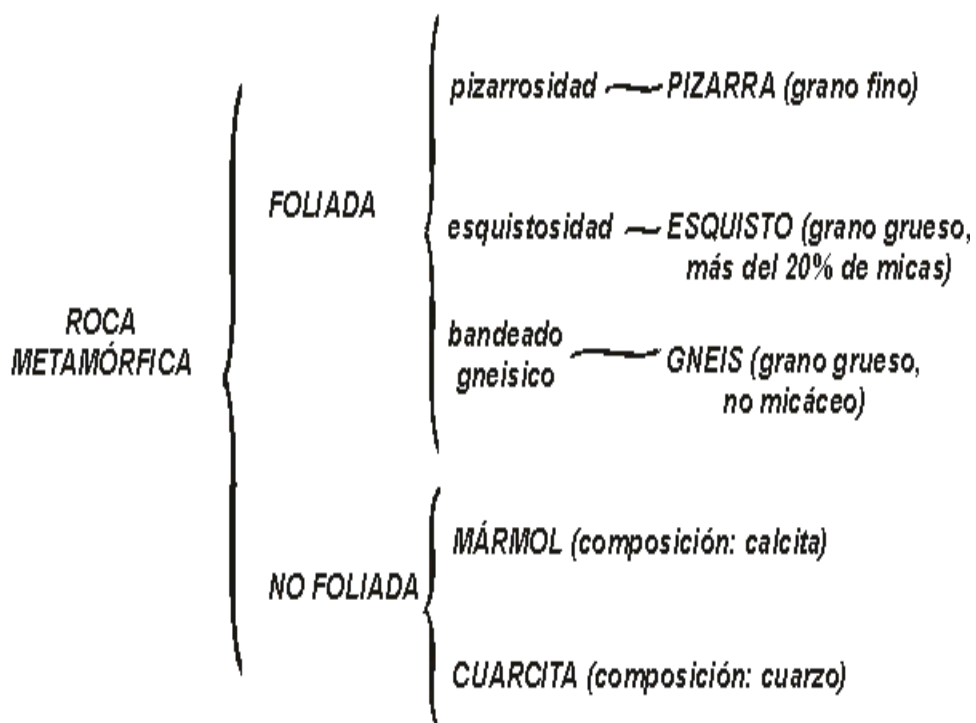
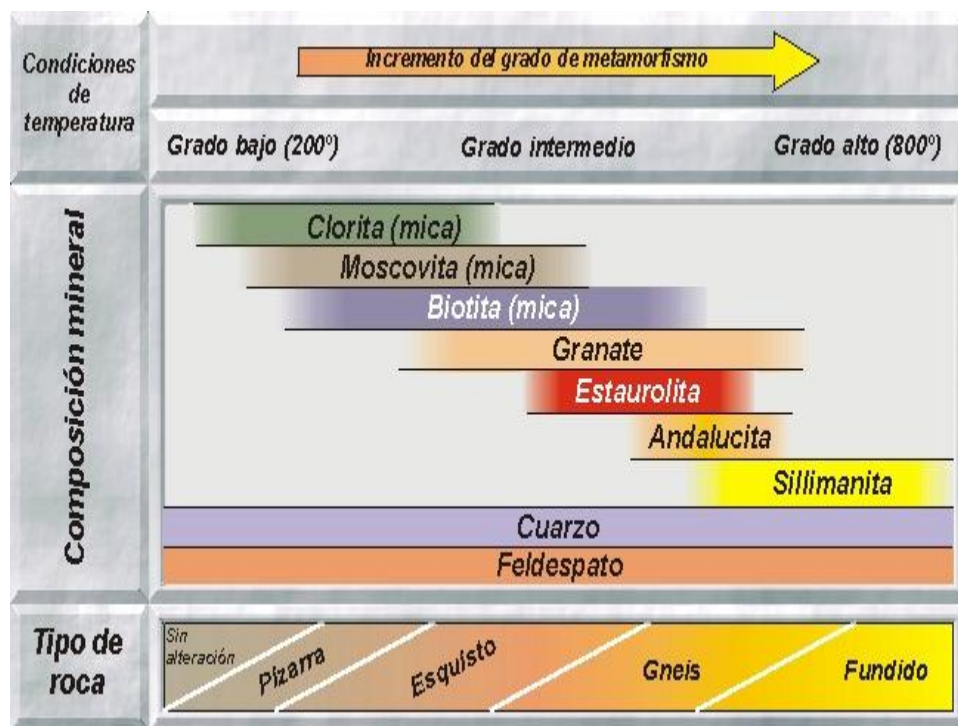
Caliza → mármol → skarn → eclogita

ROCAS METAMORFICAS

I. CONCEPTOS

Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de una roca (protolito) como resultado de la adaptación a unas nuevas condiciones ambientales que son diferentes de las existentes durante el periodo de formación de la roca premetamórfica. La modificación del protolito tiene lugar esencialmente en estado sólido (*s.l.*), y consiste en recrystalizaciones, reacciones entre minerales, cambios estructurales, transformaciones polimórficas, etc., asistidas por una fase fluida intergranular. Los factores que desencadenan el proceso metamórfico son los cambios de temperatura y presión, así como la presencia de fluidos químicamente activos.

La clasificación de las rocas metamórficas se basa, fundamentalmente, en la composición mineralógica, en la textura (el factor más importante es el tamaño de grano y la presencia o ausencia de foliación) y en el tipo de roca inicial antes del producirse el proceso metamórfico.



II. TEXTURA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS

1. Grado De Cristalinidad.

- En el caso de las rocas metamórficas se considera el tamaño medio de los cristales, esta propiedad es (*s.l.*) indicativa del grado metamórfico alcanzado; un mayor grado de cristalinidad indica que las rocas alcanzaron mayor grado metamórfico.

- ✓BAJO. Son rocas en las cuales los cristales no son identificables a simple vista



GRADO BAJO
Pizarra, roca característica del grado metamórfico bajo - muy bajo. En este caso contiene todavía restos de fósiles

SMEB

- ✓MEDIO. Son rocas en las cuales los cristales son identificables a simple vista o con una lupa



GRADO MEDIO
Esquisto con porfidoblastos de moscovita y granate. Es una roca característica del grado metamórfico medio.

- ✓ALTO. Son rocas en las cuales los cristales han alcanzado un tamaño notable.



GRADO ALTO
Gneis glandular con sillimanita. Se aprecian zonas donde comenzó a migmatizarse. Es una roca característica del grado metamórfico alto.

SMEB

2. FORMA Y DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE LOS CRISTALES

En este apartado se describen los principales tipos de texturas de las rocas metamórficas, que, habitualmente, deben establecerse con la ayuda de un microscopio, no obstante el alumno deberá de tratar de identificarlas, en la medida de lo posible, mediante la observación de las muestras de mano.

2.1. GRANOBLÁSTICA

El tamaño de todos los cristales es parecido y forman un mosaico de granos con tendencia al empaquetado hexagonal, suele ser característica de las rocas metamórficas monominerales (cuarcitas, mármoles, etc.) y de las corneanas, es decir, de rocas metamórficas que se formaron bajo condiciones estáticas.



Mármol
TEXTURA GRANOBLÁSTICA
Microfotografía de un mármol

2.2. LEPIDOBLÁSTICA.

Esta definida un apilamiento de minerales planares (micas), los cuales están orientados de forma que sus caras planares son paralelas entre sí. Suele ser característica de las rocas metamórficas micaceas (esquistos, micacitas, algunos gneises, etc.)



Esquisto micáceo.
TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA
Microfotografía de un esquisto



2.3 NEMATOBLÁSTICA.

Es similar a la lepidoblástica, sólo que en este caso el apilamiento no es de minerales con hábito planar sino acicular. Suele ser característica de las anfibolitas.



SMEB

Piroxenita
TEXTURA NEMATOBLÁSTICA

2.4. PORFIDOBLÁSTICA.

Cuando se observa una serie de cristales de gran tamaño (porfidoblastos) englobados en una matriz compuesta por granos de un tamaño sensiblemente menor, es decir, existen dos poblaciones distintas de cristales. Generalmente, los porfidoblastos son minerales índice que nos indican las condiciones que se alcanzaron durante el metamorfismo. Por consiguiente, es importante su identificación.



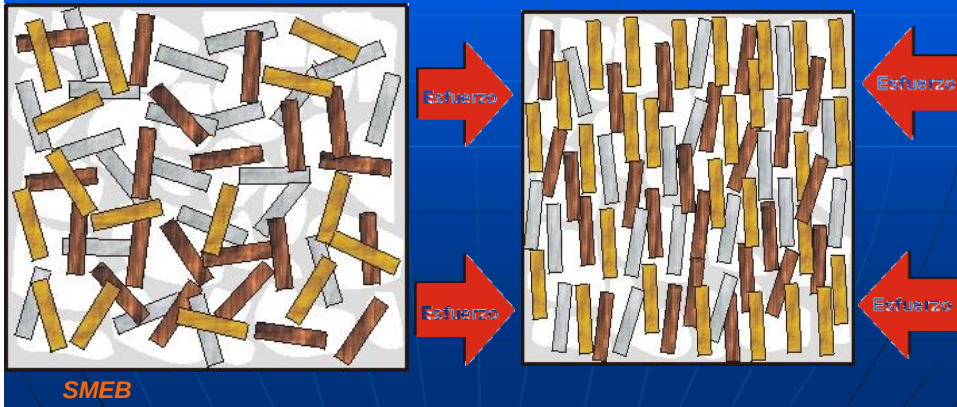
Esquisto con porfidoblastos de granate
TEXTURA PORFIDOBLÁSTICA
Microfotografía de porfidoblastos de granate



SMEB

3. MICROESTRUCTURAS

Cuando el proceso metamórfico se produce bajo condiciones de presiones dirigidas y existen minerales que puedan desarrollar un hábito planar o prismático, éstos suelen crecer orientados, disponiéndose perpendiculares a la dirección desde la que se ejercen las presiones máximas.



ROCAS METAMÓRFICAS NO FOLIADAS. Mármol

- **Sistema Cristalino** : Hexagonal; 32/m
- **Composición química**: Contiene el 56,03% de CaO y el 43,97% CO₂. El Ca puede estar sustituido por Mn, Fe y en menor medida Sr, Co, Zn, Ba y Pb. DOLOMITA: Contiene el 30,41% de CaO, 21,86% de MgO y el 47,73% de CO₂ la sustitución del Mg por Fe es frecuente e ilimitada.
- **Formación u origen** : proceso metamórfico. Es decir, bajo la influencia de la temperatura y presión, el carbonato cálcico, se reorganiza gradualmente en cristales de calcita, de tamaño uniforme, hasta formar una caliza granular blanca.

- **Dureza:** Calcita: 3; dolomita: 3.5 a 4
- **Densidad:** Calcita: 2.710g/cm³
dolomita: 2.86 a 3.10g/cm³.
- **Textura:** Granoblástica y de aspecto sacaroide.
- **Color:** Blanco grisáceo, incoloro transparente (espato de Islandia) o blancas, si bien algunas impurezas que le dan coloración, rojas, amarillentas, verdes, moradas etc.
- **Brillo:** Vítreo algo perlado
- **Raya:** blanca



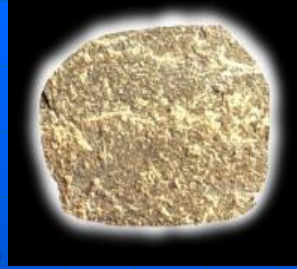
SMEB

Cuarcita

- **Sistema Cristalino / Estructura :** La cuarcita está constituida por cristales de cuarzo íntimamente soldados, a menudo indentados y entrelazados
- **Composición química** Casi exclusivamente cuarzo, escasa hematites y sericita. Silice: 98.5% Feldespato: <1% Resto: Goethita, pirolusite e illita
- **Formación u origen.** Las cuarcitas son rocas metamórficas, formadas exclusivamente por cuarzo. Derivan del metamorfismo sobre areniscas y en algunas ocasiones tiene un origen metasomático.

SMEB

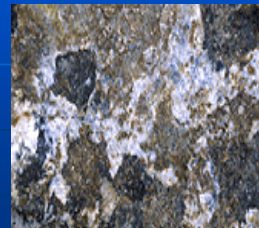
- **Dureza:** 19 (Prueba de dureza de Dorry, Bol. No. 949 del Depto. De Agricultura de E.U.)
- **Tenacidad:** 16
- **Color:** Claro, gris, amarillo, blanco, roja
- **Propiedades** Durabilidad y noble aspecto, escasa absorción de agua; puede ser exfoliada.
- **Usos:** Se usa ampliamente en la construcción de caminos con excelentes resultados; también para suelos, muros y revestimiento de superficies. Aplicaciones constructivas y decorativas



SMEB

HORNFELS

- Roca maciza, no esquistosa, de grano muy fino debido al enfriamiento rápido después de la recristalización de los minerales madre.
- **Fractura** concoidea.
- **La textura** es granoblástica, es decir un mosaico de granos equidimensionales pequeños.
- **Color** gris verdoso o negro.



SMEB

GNEIS



- La composición mineralógica del gneis es la misma que la del granito o de la sienita: cuarzo más o menos abundante, feldespato no cálcico y ferromagnesiano no olivínico, pudiendo contener muscovita y otros minerales accidentales.

Suele ser de grano grueso y siempre se aprecia cierta esquistosidad.

Son bastantes las rocas que pueden dar origen al gneis, por lo que es una roca que presenta muchas variedades. Entre ellas, las más significativas son: gneis micáceo con abundancia de muscovita en láminas orientadas, y gneis glandular en el que se aprecian cristales nodulares de cuarzo o/y feldespato.

SMEB

FILITA



- Roca de grado de metamorfismo bajo (Metamorfismo por carga de sedimentos), intermedio entre una pizarra y un esquisto. Los planos de foliación son ahora observables a simple vista debido al aumento del tamaño de los cristales micáceos que los componen). Los mencionados planos poseen una aspecto terso y brillante, presentando suaves ondulaciones en su superficie.

SMEB

ESQUISTO



SMEB

- Roca metamórfica de Grado Medio (dinamometamorfismo). Se observan los planos de foliación, muy evidentes. Además, a diferencia de las filitas, los minerales micáceos son visibles a simple vista (incluso en los ejemplares microcristalinos como éste). Los minerales brillantes son Micas Moscovitas, y los de tonos más oscuros Biotitas. También existen granoblastos de Cuarzo (Q) alargados (grisáceos). En la superficie de los planos de foliación se observa la característica textura lepidoblástica de estas rocas.

PIZARRA



SMEB

- Roca de grado de metamorfismo bajo (Metamorfismo por carga de sedimentos), intermedio entre una pizarra y un esquisto. Los planos de foliación son ahora observables a simple vista (debido al aumento del tamaño de los cristales micáceos que los componen). Los mencionados planos poseen un aspecto terso y brillante, presentando suaves ondulaciones en su superficie. El color intensamente negro de la muestra se debe a que posee un alto contenido en grafito, mineral procedente del metamorfismo de la materia orgánica vegetal incluida en los sedimentos originales (Grafito = Mat. Orgánica metamorfozada -bajo grado-).