

Curso Geología – Práctico de Petrología Metamórfica

Mineralogía - Estructuras - Texturas- Clasificación

Las **rocas metamórficas** provienen de la transformación de cualquiera de los otros tipos de roca (sedimentarias, ígneas, metamórficas previas) que dejan de estar en equilibrio con las condiciones de presión y temperatura existentes durante el proceso de formación de las mismas.

Cualquier roca - de cualquier origen y composición- puede ser sometida a nuevas condiciones de P y T y condiciones químicas, distintas de las que participaron en su génesis. Como consecuencia, se producen reacciones químicas y transformaciones minerales, cambios textuales, cambios en la estructura cristalina, etc., que culminan con la **formación de un nuevo agregado mineral en equilibrio con estas nuevas condiciones ambientales.**

La transformación mineralógica y/o textura arriba señalada implica la génesis de una roca distinta a la roca original (denominada **protolito**) en la que ha tenido lugar un cambio de distribución de los minerales (**textura**), pudiendo haber además cambios químicos ya que los procesos metamórficos pueden suceder en condiciones isoquímicas (sistemas cerrados) o con acción de procesos metasomáticos (sistemas abiertos, metamorfismo hidrotermal). Estas transformaciones son las que definen a los **procesos metamórficos**, las mismas se realizan en **estado sólido** y dan origen al conjunto de **rocas metamórficas**.

1. Conceptos previos

Zona Metamórfica: Fue definida por Barrow para rocas derivadas de protolitos pelíticos. Se caracteriza por la aparición sistemática de **minerales índices** de las **condiciones metamórficas**, en particular de la temperatura (T), a medida que estas aumentan. Se cumple en condiciones de P y T moderadas (metamorfismo Barrowiano). Sólo puede ser aplicada a zonas de la corteza terrestre que posean rocas de composición homogénea como las estudiadas por el autor mencionado.

Facies Metamórficas: Contribución realizada por Eskola (1920). Por medio de este término se designa a un grupo de rocas caracterizadas por un conjunto de minerales formados bajo condiciones físico-químicas metamórficas particulares. Dado un facies metamórfico, la composición mineral cuali- y cuantitativa de la roca que lo conforma varía gradualmente en concordancia con la composición química del protolito. Cada facies define también condiciones de P y T particulares y las asociaciones minerales que las definen son variables en función de la composición química de las rocas sometidas a los procesos metamórficos.

Grado de metamorfismo: Winkler (1976), a partir de datos experimentales, propone el

uso del término de grado de metamorfismo a partir de un esquema en el cual divide el campo de las condiciones metamórficas (P y T) en cuatro grandes unidades (**grados metamórficos**), estableciendo sus límites por reacciones metamórficas en las cuales aparecen o desaparecen minerales metamórficos.

Secuencia metamórfica: Es un conjunto de rocas metamórficas formadas a partir de un mismo protolito, sin importar las condiciones metamórficas alcanzadas. Una secuencia respeta la composición química global a partir de la cual se realizan las transformaciones entre minerales para cada grado.

2. Texturas

Los granos minerales (blastos) crecen en un medio esencialmente sólido, ya sea por transformación de minerales pre-existentes, ya sea por cristalización de nuevos minerales (neoblastos). Dicho proceso se denomina **blastesis** y la textura generada se denomina **crystaloblástica**. La textura se describe esencialmente a la escala microscópica en un microscopio petrográfico. Se presentan algunas de las texturas metamórficas más usuales a modo descriptivo, las que dependen de la relación de contacto entre minerales de misma especie.

Granoblástica: Los cristales tienen tamaño relativo similar, conformando un mosaico equidimensional. Las rocas más comunes con esta textura suelen ser los mármoles, cuarcitas y algunos gneises.

Lepidoblástica: Está definida por minerales de hábito laminar (generalmente filosilicatos), homogéneamente orientados y más o menos paralelos entre sí. Las rocas más comunes son las filitas, los esquistos micáceos y la mayoría de los gneises.

Nematoblástica: está definida por minerales aciculares y/o prismáticos (inosilicatos), orientados también en forma homogénea, con sus ejes mayores paralelos entre sí. Las rocas más comunes son algunas anfibolitas, gneises anfibólicos y algunos esquistos.

Cabe señalar que, en la naturaleza, los procesos complejos generalmente definen **combinaciones de texturas**, y no una única textura, por lo tanto lo más común es encontrar texturas granolepidoblásticas, granonematoblásticas y granoporfioblásticas (esta última tendría una matriz granuda y porfiroblastos mayores inmersos en la matriz, estos porfiroblastos crecen también en estado sólido). Además, es posible que una misma roca presente dominios particulares conteniendo cada uno una textura diferente. En rocas metasedimentarias es común la presencia de bandeados de composición que se traducen como dominios de composición y textura diferentes.

Además de las **texturas crystaloblásticas** mencionadas, existen otras texturas definidas por una o más fases cristalinas, las cuales son más raras de encontrar, por ejemplo:

Textura poiquiloblástica: Se da cuando un cristal presenta un número importante de inclusiones de otros minerales formados a expensas de él, apareciendo como un cristal esquelético.

3. Estructuras

En función de los rasgos estructurales macroscópicos (muestra de mano), las rocas metamórficas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

a) Rocas foliadas o esquistosas (filitas, pizarras, esquistos, gneises, algunas anfibolitas);

b) Rocas no foliadas o masivas (corneanas, cuarcitas, calizas, mármoles) (recordar la relación entre fisilidad-esquistosidad-grado de metamorfismo).

En este práctico nos concentraremos en describir las rocas en muestra de mano y clasificarlas según las características de esa escala de observación.

a) Rocas metamórficas foliadas.

La característica textural más prominente exhibida por el metamorfismo regional es la fábrica planar, que se representa por la foliación. Se produce principalmente por el arreglo paralelo o subparalelo de minerales laminados y/o alargados.

Cuando rocas sedimentarias pelíticas son sometidas a metamorfismo regional, la muscovita y la clorita son de los primeros minerales en formarse. Éstos crecen con una orientación preferencial y dan lugar a las **pizarras**. Los minerales micáceos en las pizarras son muy finos para identificarlos a ojo desnudo.

A medida que el metamorfismo avanza y los granos se agrandan, los minerales adquieren brillo y los planos de foliación son menos regulares. Estas rocas son **filitas** y los minerales son aún muy pequeños para verlos a simple vista. Cuando los minerales pasan a ser visibles la roca es un **esquisto**. Los esquistos también se pueden formar a partir de rocas ígneas máficas, éstas suelen contener abundante clorita, epidoto y/o anfíbol.

En rocas sedimentarias limosas y/o arenosas y en rocas ígneas intermedias a félsicas se forman menos minerales de hábito laminar o acicular durante el metamorfismo. Aquellos minerales que están presentes tienden a concentrarse en bandas paralelas a la foliación definidas por micas o anfíboles. El cuarzo y el feldespato tienden a concentrarse en las bandas alternantes. Estas rocas se las conoce como **gneiss**. Si predominan los minerales laminares, aciculares y/o columnares, la roca es un esquisto. Si predominan los minerales granulares la roca es un gneiss.

b) Rocas metamórficas NO foliadas.

En algunas rocas metamórficas, los granos minerales no muestran una orientación preferencial distinguible. Tales rocas consisten en un mosaico de minerales un tanto equidimensionales y se caracterizan por tener textura no foliada. La mayoría de las rocas metamórficas no foliadas resultan del metamorfismo de contacto o regional de rocas en las cuales no hay presencia de minerales de hábito laminar, acicular o columnar. Con frecuencia, la única indicación de que una roca granular se ha metamorfizado es el gran tamaño de grano resultante de la recristalización.

En general, las rocas metamórficas no foliadas son de dos tipos: las compuestas principalmente de un solo mineral, por ejemplo, el mármol y la cuarcita; y aquellas en las que los diferentes granos minerales son demasiado pequeños para ser vistos a ojo desnudo, como la roca verde (greenstone) y las corneanas (hornfels).

El **mármol** está compuesto principalmente por calcita o dolomita, su tamaño de grano va de fino a grueso. Resulta del metamorfismo de contacto o regional de calizas o de dolomías. El mármol puro es blanco o azulado, pero hay variedades de todos los colores por la presencia de impurezas minerales en la roca sedimentaria original.

La **cuarcita** es una roca dura y compacta formada por granos de cuarzo en condiciones metamórficas de grado medio a alto durante el metamorfismo de contacto o regional. La cuarcita pura es blanca, pero el hierro y otras impurezas le imparten comúnmente un tinte rojizo o de otro color.

El nombre **Roca Verde** se aplica a cualquier roca ígnea máfica alterada, de color verde oscuro, que se forme en condiciones metamórficas de bajo a alto grado. El color verde resulta de la presencia de clorita, epidoto y hornblenda.

Una roca **Corneana (Hornfels)**, es una roca metamórfica no foliada de grano fino, resultante del metamorfismo de contacto. Se compone de diversos granos minerales equidimensionales. La composición de las corneanas depende directamente de la composición de la roca original y se conocen muchas variedades composicionales. Sin embargo, la mayoría de las corneanas derivan aparentemente del metamorfismo de contacto de rocas sedimentarias ricas en arcilla o de dolomías puras.

c) Otras rocas.

Las **Anfibolitas** son rocas metamórficas compuestas mayoritariamente de anfíbol, con poco o nada de cuarzo. Son típicamente rocas oscuras, densas que pueden o no presentar foliación.

4. Rocas generadas por metamorfismo dinámico

Son aquellas rocas generadas por fragmentación por efectos de presión en zonas de fallas, en las cuales los minerales originales son fragmentados, con intensidad variable en función de las tensiones actuantes.

Cataclasis: Es el proceso de deformación de las rocas acompañada por la fractura y rotación de los granos minerales.

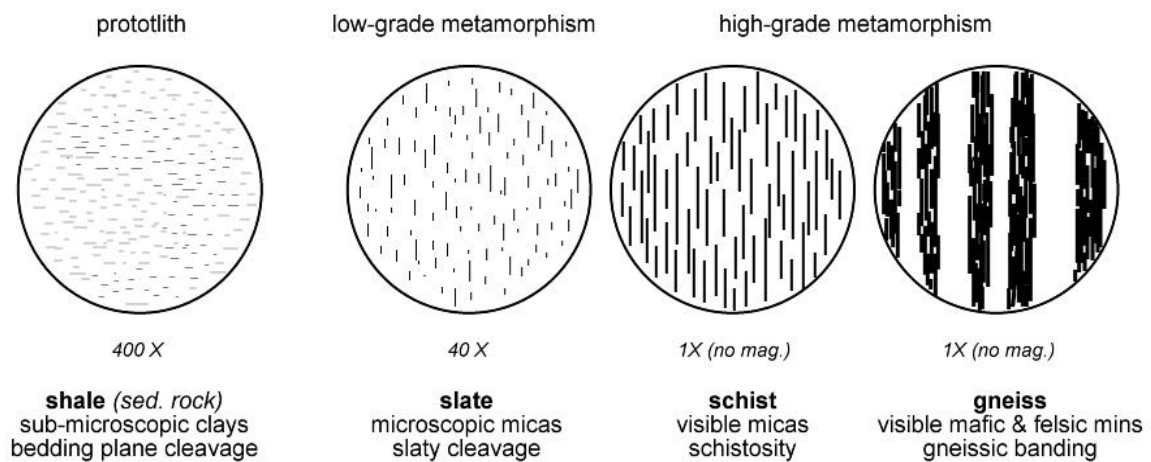
La **cataclasisita** es una roca metamórfica no foliada, formada por cataclasis y compuesta por fragmentos de tamaño variable inmersos en una matriz más fina de composición similar.

La **milonita** es una roca metamórfica foliada, de grano fino, resultante del metamorfismo dinámico en el cual el tamaño de grano de una roca es disminuido por cizallamiento dúctil.

II) Anexo

Rocas Metamórficas Foliadas

Temperatura	150-300°C	300-450°C	> 450°C
Grado metamórfico	Bajo	Medio	Alto
Nombre	Pizarra / Filita	Esquisto	Gneis
Descripción de la Roca	Minerales no visibles a ojo desnudo (levemente distinguibles en lupa). Producto de metamorfismo en grado bajo de pelitas.	Rocas de grano medio a grueso con minerales visibles. Visibles debido a la reflexión de las micas sobre los planos de foliación.	Rocas de grano grueso, bandeadas (alternancia de minerales félsicos y máficos).



Nomenclatura basada en su Textura

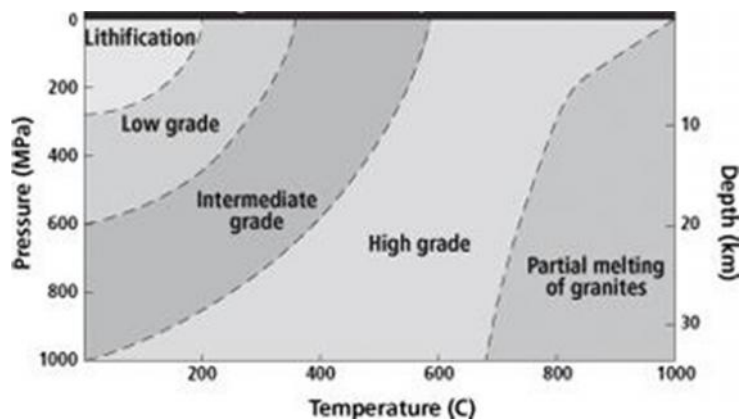
Nombre	Descripción
Pizarra	Marcado clivaje (penetrativo) desarrollado debido a la orientación de los filosilicatos de granulometría fina. Cristales individuales muy finos como para ser vistos a ojo desnudo.
Filita	Similar a pizarra pero compuesto por filosilicatos ligeramente más gruesos (Tamaño). Granos (o cristales) no visibles en muestra de mano: superficies de clivaje de "aparición sedosa". Usualmente los planos de clivaje son menos perfectos respecto a pizarras.
Esquisto	Alineación paralela de cristales moderadamente gruesos (esquistosidad). Granos generalmente visibles a ojo desnudo.
Gneiss	Roca de grano grueso (varios mm), foliadas (presencia de bandeamiento composicional). Tendencia de distintos minerales a segregarse en bandas paralelas a la esquistosidad (bandeamiento gnésico): bandas o capas de cuarzo y feldespato segregadas de otras más micáceas o máficas.

Modificado de Yardley (1994).

Nomenclatura basada en su mineralogía

Ciertas rocas metamórficas no foliadas con determinada composición química y/o asambleas minerales tienen un nombre específico.

Nombre	Descripción
Anfibolita	Roca de grano medio a grueso, oscuro (tonalidades de verde) cuyos minerales constituyentes principales son hornblenda y plagioclasa. Resultan del metamorfismo de rocas ígneas básicas y grauvacas (ocasionalmente). Foliación altamente variable.
Caliza metamórfica / Mármol	Corresponde a rocas compuestas principalmente por calcita (< 50%) y en menor proporción dolomita. Resultan del metamorfismo de rocas carbonáticas, calizas y ocasionalmente de dolomías. Foliación puede estar presente si la caliza metamórfica o mármol contienen micas.
Cuarcita	Cuarzo arenitas y cherts se componen principalmente de SiO ₂ . Dado que el cuarzo es estable sobre un amplio rango de T y P, del metamorfismo de estas rocas resultara la recristalización del cuarzo formando una roca tenaz denominada Cuarcita.
Serpentinita	Roca constituída principalmente por serpentina. Se forma a partir de metamorfismo hidrotermal de rocas ígneas ultrabásicas.
Talco-esquistos	Rocas abundantes en talco (mineral rico en Mg), el cual proporcional una apariencia (tacto) grasoso. Se forma por alteración hidrotermal de rocas ultrabásicas (peridotitas, dunitas, piroxenitas).
Eclogita	Grano medio a grueso. Roca compuesta por granate + onfacita (clinopiroxeno) resultado del metamorfismo de grado alto de rocas básicas. Generalmente no presenta foliación.



Cómo identificar y nombrar a una roca metamórfica

Esquema de nomenclatura utilizado para las rocas metamórficas

Un esquema de nomenclatura es un organigrama que termina en un conjunto de nombres definidos y contiene las reglas que gobiernan su uso. Al elegir un esquema de nomenclatura la *Sub-Comisión de Rocas Metamórficas (SCMR)* del *IUGS (Unión Internacional de Ciencias Geológicas)* fue guiada por los siguientes principios:

- a) El esquema debe proveer de un kit consistente de nombres para cubrir el espectro más amplio de tipos de roca y sus características sin que queden lagunas terminológicas.
- b) El esquema debe garantizar que todos los usuarios puedan aplicar los mismos criterios para dar el mismo nombre a cualquier roca del mismo tipo o con idénticas características descriptivas. Estos nombres deben ser entendidos en una sola acepción y sin ninguna ambigüedad.

En cualquier sistema de nomenclatura un número de características o parámetros son usados para dividir las rocas en grupos y los criterios para tales divisiones o sub-divisiones son fundamentales para esa terminología.

La SCMR decidió que los arriba mencionados principios solo pueden ser alcanzados si los criterios para esas divisiones fueron definidos usando solo un tipo de características. Por ejemplo, el criterio para una división puede ser una característica especial de mineralogía o estructura, pero no tiene que ser mineralógica o estructural. En una serie de divisiones/subdivisiones en un esquema de clasificación, la estructura y mineralogía pueden ser aplicadas a diferentes etapas de clasificación, pero no pueden ser aplicadas simultáneamente.

Bases potenciales para la clasificación de rocas metamórficas

Las principales características de las rocas metamórficas son las que pueden servir como bases potenciales para una clasificación:

- a) Minerales presentes.
- b) Estructura de la roca.
- c) Naturaleza de la roca origen (protolito) antes del metamorfismo.
- d) Condiciones genéticas del metamorfismo (normalmente Presión y Temperatura, composición y presión de fluidos, deformación).
- e) Composición química de la roca.

Las rocas metamórficas muestran una gran diversidad, debido a la combinación de estas cinco características.

Su diversidad química y mineralógica resulta en gran medida del hecho que estas rocas pueden ser formadas a partir de cualquier roca ígnea o sedimentaria preexistente.

TERMINOLOGÍA BASADA EN CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y MINERALÓGICAS

1. USO DE TÉRMINOS ESTRUCTURALES (P. ej., *esquisto, gneiss, granofels*)
2. NOMBRES COMPUESTOS (P. ej., *Meta-basita, Orto-gneiss*)
3. NOMBRES DE ROCA ESPECÍFICOS Y KITS DE NOMBRES (P. ej., *protomilonita, milonita, ultramilonita*)
4. NOMBRE DEL PROTOLITO (P. ej., *metagranodiorita, metapelita, metabasalto*)
5. CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA UTILIZANDO RADICALES (P. ej., *paraesquisto, ortogneis*)
6. TIPOS DE ROCAS COMUNES (P.ej., *anfíbolita, mármol, eclogita*)
7. USO DE PREFIJOS MINERALES (P. ej., *granate-biotita-gneis, talco-esquisto*)

Esquistosidad:

“Orientación preferencial de forma de granos minerales inecuentes producida por procesos metamórficos con deformación”.

La esquistosidad se dice *“bien desarrollada”* si los minerales inecuentes o agregados de granos están presentes en un alto porcentaje y muestran una fuerte tendencia a la orientación preferencial, tanto a través de toda la roca o en zonas angostas pero espaciadamente repetitivas, tales que la roca va a dividirse en segmentos planos a una escala inferior al centímetro de ancho.

La esquistosidad se considera *“pobremente desarrollada”* si los minerales inecuentes o agregados de granos están presentes solo en pequeñas cantidades o muestran una débil tendencia a la orientación preferencial o, si bien desarrollada, ocurre en zonas angostas demasiado espaciadas tales que la roca va a dividirse en segmentos muy gruesos a una escala de más de un centímetro de ancho.

De acuerdo con las regulaciones de la SCMR si la esquistosidad en una roca metamórfica está bien desarrollada, la roca tendrá una ESTRUCTURA ESQUISTOSA y se denominará ESQUISTO.

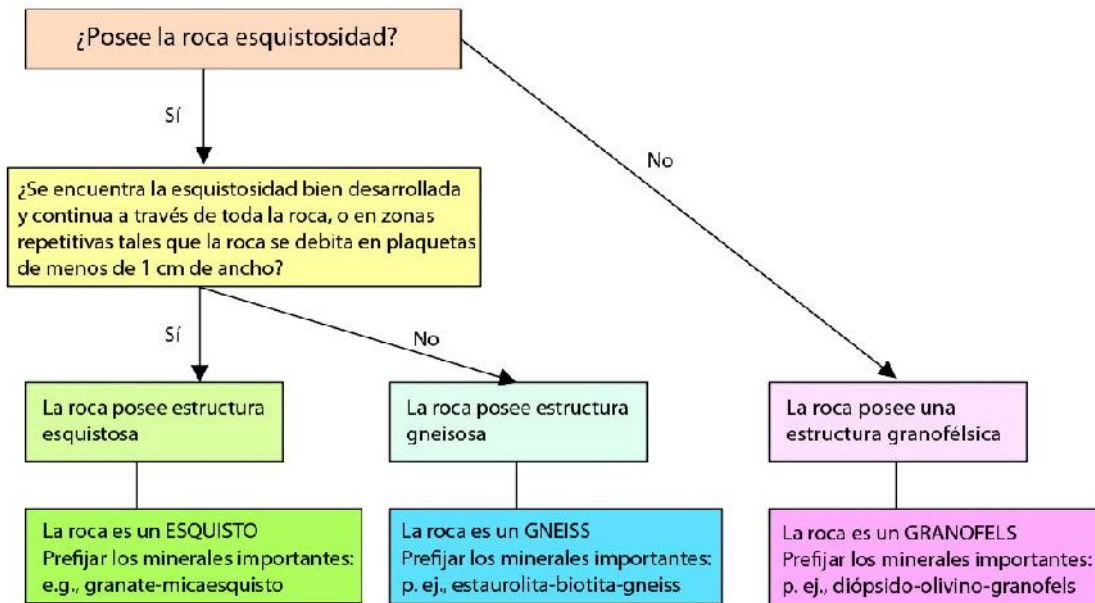
Si la esquistosidad está pobremente desarrollada, la roca tendrá una ESTRUCTURA GNEISOSA y se denominará GNEISS, y si la esquistosidad es nula o está ausente, la roca tendrá una ESTRUCTURA GRANOFÉLSICA y será llamada GRANOFELS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bates, R. L. and Jackson, J. A., 1987. Glossary of Geology. American Geological Institute, Alexandria, Virginia. 788pp.
- Barker, A. J., 1990. Introduction to Metamorphic Textures and Microstructures. Blackie , Glasgow and London, 162pp.
- Bowes, D. R., 1989. The Encyclopedia of Igneous and Metamorphic Petrology. Van Nostrand Reinhold, New York, 666 pp.
- Le Maitre, R. W., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Blackwell, Oxford. 193pp.
- Robertson, S. 1999. BGS Rock Classification Scheme, Volume 2, Classification of Metamorphic Rocks. British Geological Survey Research Report, RR 99-02.
- Tomkeieff, S. I., 1983. Dictionary of Petrology. Wiley, Chichester. 680pp.
- Tyrrell, G. W., 1921. Some points in Petrographic Nomenclature. Geol. Mag., 58, 494-502.

Schmid, R, Fettes, D., Harte, B., Davis, E., Desmons, J., 2007. Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks (Web Version 01/02/07), 1: How to Name a Metamorphic Rock. Web: www.bgs.ac.uk/scmr/home.html

Tabla 2: Sistemática de denominación estructural para una roca metamórfica



Rocas Metamórficas

