

Curso Geología General I Prácticos Nº 5 y 6

PETROLOGÍA METAMÓRFICA Mineralogía - Estructuras - Texturas- Clasificación

Hasta el presente tema se observaron rocas originadas por diferentes procesos, 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 T, a medida que aumentan las condiciones del metamorfismo. 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.

2) Texturas

Los minerales (blastos) crecen en un medio esencialmente sólido, por transformaciones de minerales pre-existentes. Dicho proceso se denomina **blastesis** y la textura generada se denomina **cristaloblástica**.

- **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 de las texturas cristaloblásticas 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, 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)

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 **esquistos**. 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 esquistos. 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 metamorfozado 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 la que los diferentes granos minerales son demasiado pequeños para

ser vistos a ojo desnudo, cómo 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 (greenstone)** 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.

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: cataclasitas y milonitas

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 **cataclasita** 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.

Guía Práctica para la descripción de Rocas Metamórficas

Nombre:

.....

I)

a) Tamaño de los cristales

Grano fino (menor a 0.1 mm) ^{***}	
Grano medio (0.1 mm a 1mm) ^{**}	
Grano grueso (mayor a 1 mm) [*]	

(*) cristales visibles a ojo desnudo, (**) cristales visibles a lupa-ojo desnudo, (***) cristales generalmente visibles en microscopio.

1) TEXTURA

I) ROCAS METAMÓRFICAS FOLIADAS

I.A) Texturas Metamórficas

1) Pizarrosidad	
2) Esquistosidad	
3) Bandeamiento	

1) Foliación, definida por la cristalización orientada de minerales planares muy pequeños, no visibles a ojo desnudo (fundamentalmente micas). Característica de condiciones de bajo grado de metamorfismo (bajo P y T).

2) Conjunto de superficies paralelas de mayor o menor espaciado, que proporciona un determinado grado de fisibilidad, (tamaño de grano medio a grueso).

3) Foliación consistente en la diferenciación de bandas de minerales claros y oscuros que confiere a las rocas metamórficas un aspecto bandeado característico.

I.B) Morfología de los cristales y relaciones de tamaño

1) Granoblástica	
2) Lepidoblástica	
3) Nematoblástica	
4) Porfidoblástica	

1) distribución de los minerales sin orientación preferencial, 2) orientación preferencial de filosilicatos (minerales con hábito laminar), 3) orientación preferencial de anfíboles y piroxenos (minerales con hábito prismático), 4) cristales grandes con una matriz más fina.

II) ROCAS METAMÓRFICAS NO FOLIADAS

Generalmente son monominerálicas (compuestas por un solo mineral) cuyos cristales se caracterizan por tener un hábito equidimensional.

2) COMPOSICIÓN MINERAL

Matriz

Biotita	
Muscovita	
Carzo	
Feldespatos	
Anfíboles	
Otros:	

Porfidoblastos

Granate	
Feldespato	
Biotita	
Muscovita	
Anfíbol	
Estaurolita	
Cloritoide	
Sillimanita	
Otros:	

Minerales Índice

3) NATURALEZA DEL MATERIAL ORIGINAL

Serie Composicional

Ultramáfica	
Máfica	
Pelítica	
Carbonática/Calcosilicatada	
Qz - Feldespática	

Tipo de protolito

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

Descripción:

.....

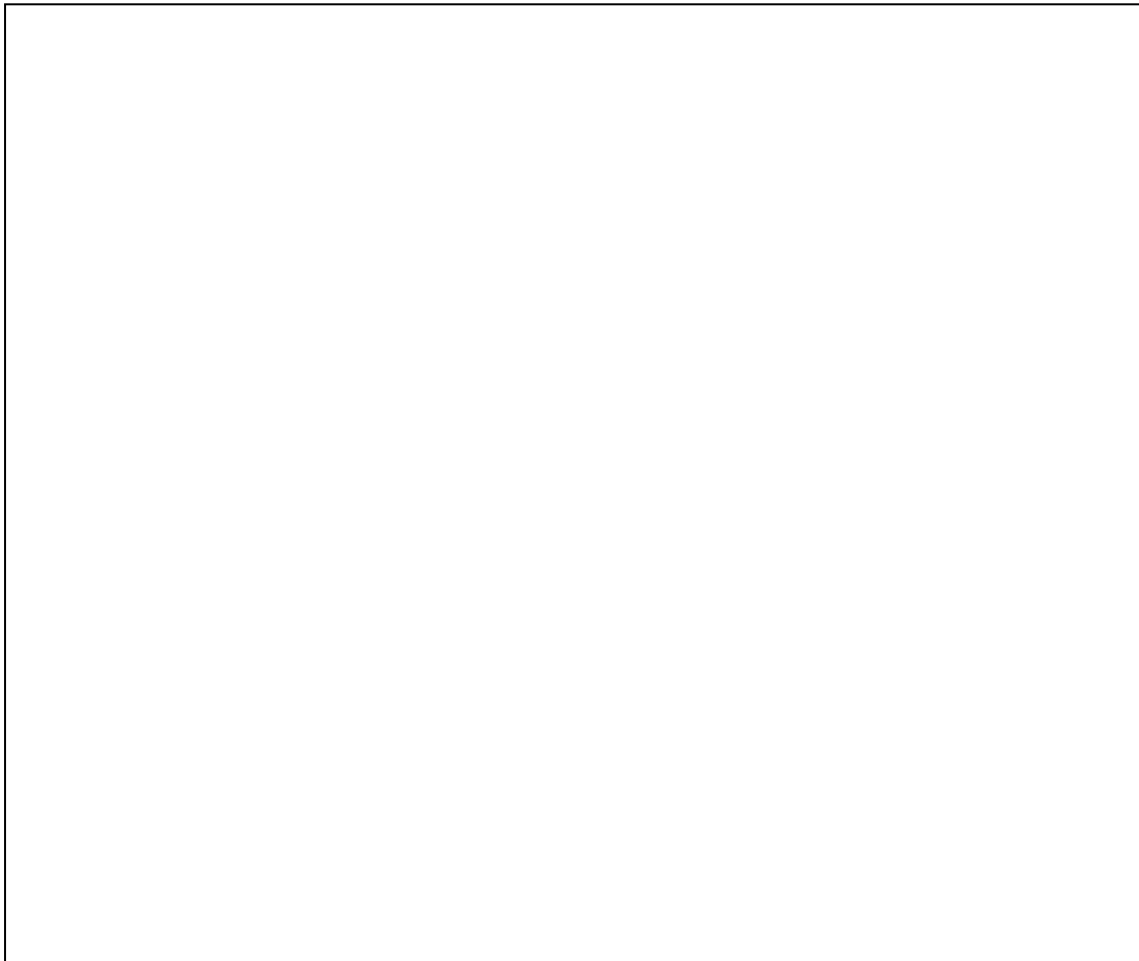
.....

.....

.....

.....

Dibujo/Foto:

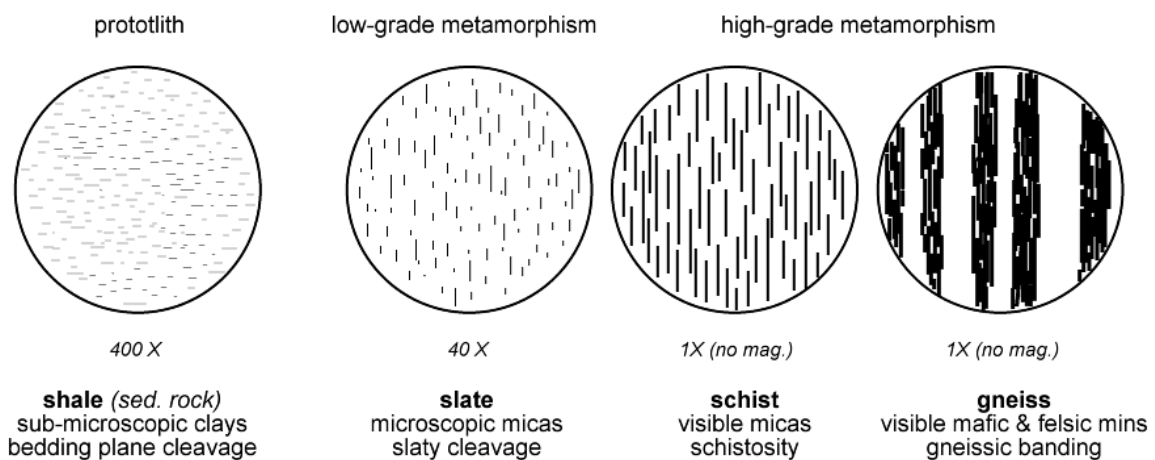


Muestra:

II) Anexo

* Rocas Metamórficas Foliadas

Temperatura	150-300°C	300-450°C	> 450°C
Grado metamórfico	Bajo	Medio	Alto
Nombre	Pizarra / Filita	Esquisto	Gneiss
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

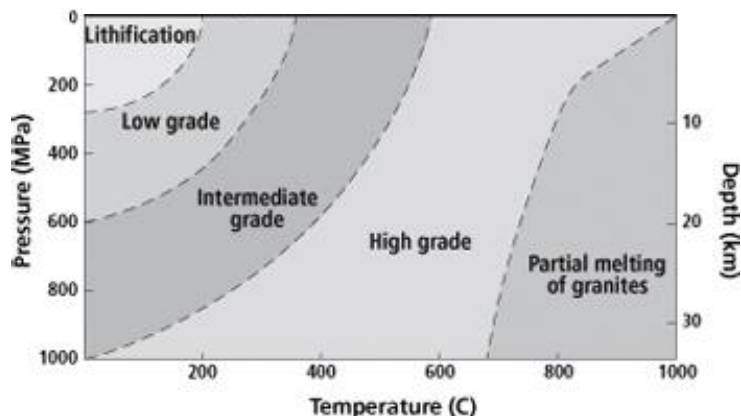
Nombre	Descripción
Pizarra	<ul style="list-style-type: none"> * Marcado clivaje (penetrativo) desarrollado debido a la orientación de los filosilicatos de granulometría fina. * Cristales individuales muy finos como para ser vistos a ojo desnudo.
Filita	<ul style="list-style-type: none"> * Similar a pizarra pero compuesto por filosilicatos ligeramente más gruesos (tamaño). * Granos (o cristales) no visibles en muestra de mano: superficies de clivaje de "apariencia sedosa". * Usualmente los planos de clivaje son menos perfectos respecto a pizarras.
Esquisto	<ul style="list-style-type: none"> * Alineación paralela de cristales moderadamente gruesos (esquistosidad). * Granos generalmente visibles a ojo desnudo.
Gneiss	<ul style="list-style-type: none"> * Roca de grano grueso (varios mm), foliadas (presencia de bandeamiento composicional). * Tendencia de distintos minerales a segregarse en bandas paralelas a la esquistosidad (bandeamiento gneissico): bandas ("layers") de cuarzo y feldespato segregadas de otras más micáceas o máficas.

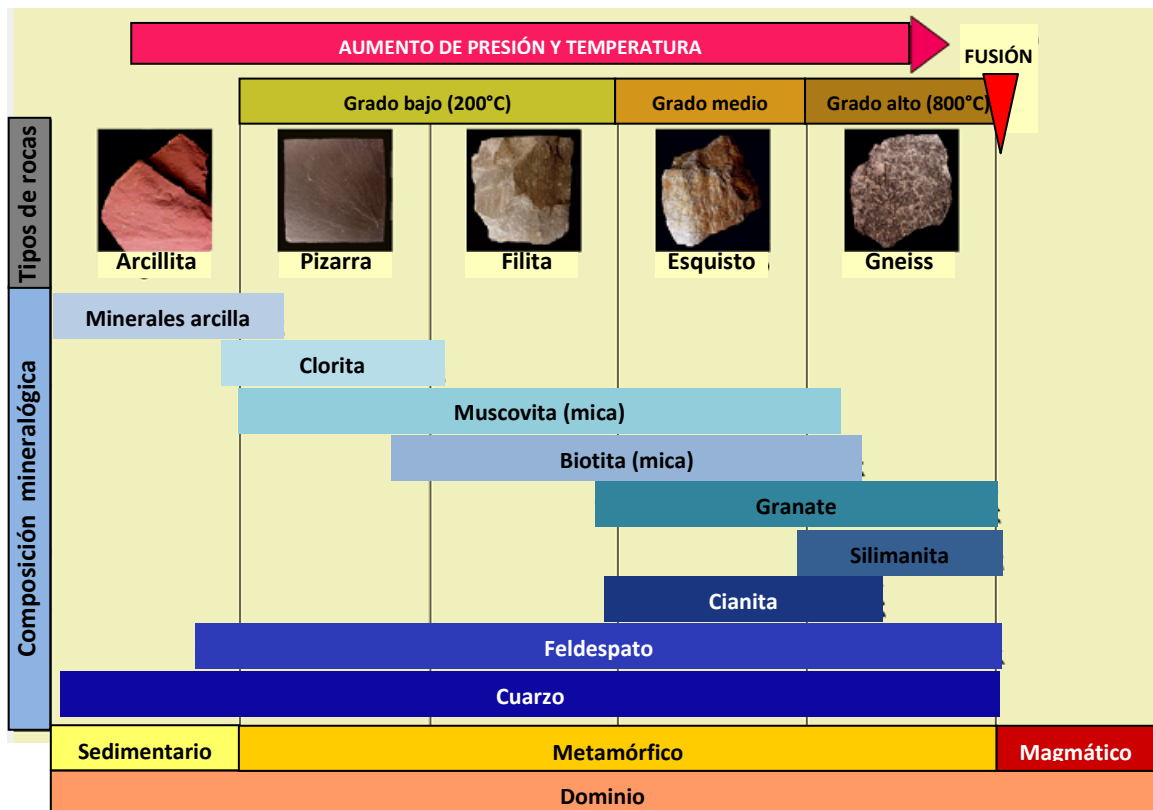
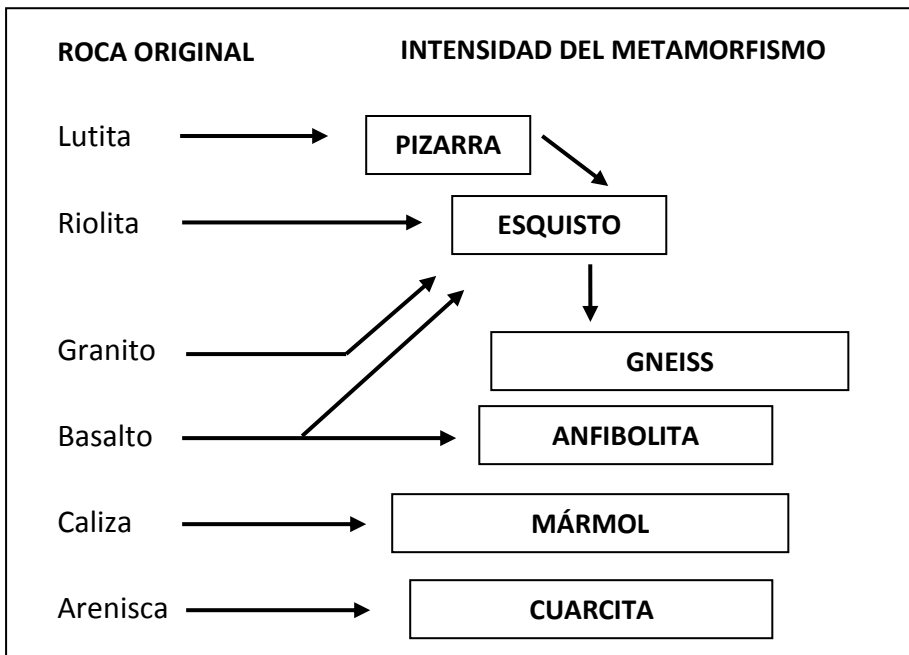
Modificado de Yardley (1994)

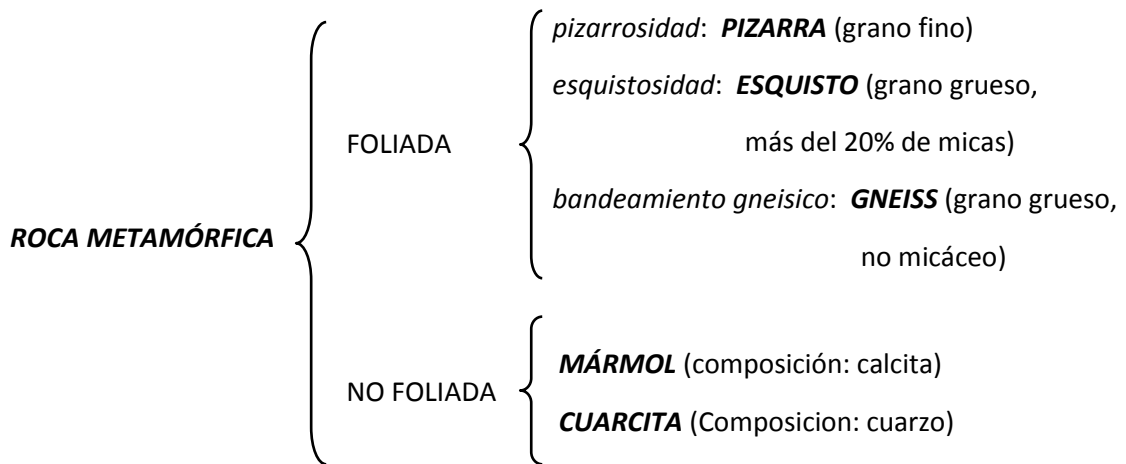
* **Nomenclatura basada en su mineralogía**

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

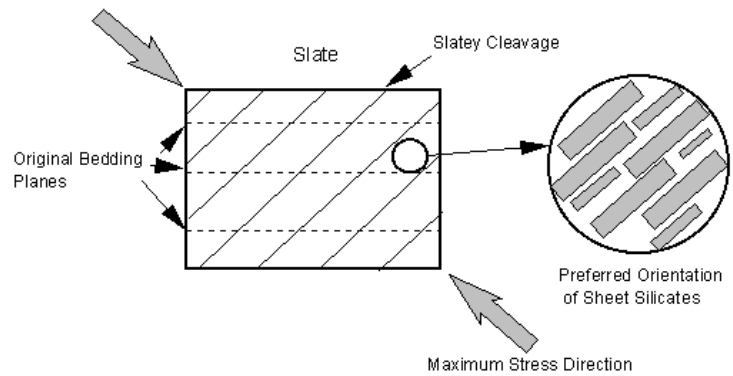
Nombre	Descripción
Anfibolita	Roca de grano medio a grueso, oscuro (tonalidades de verde) cuyos minerales constituyentes principales son hornblenda y plagioclasa. Resultan del metamorfismo de rocas ígneas básicas y grauwacas (ocasionalmente). Foliación altamente variable.
Caliza metamórfica / Mármol	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.
Soapstone	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.



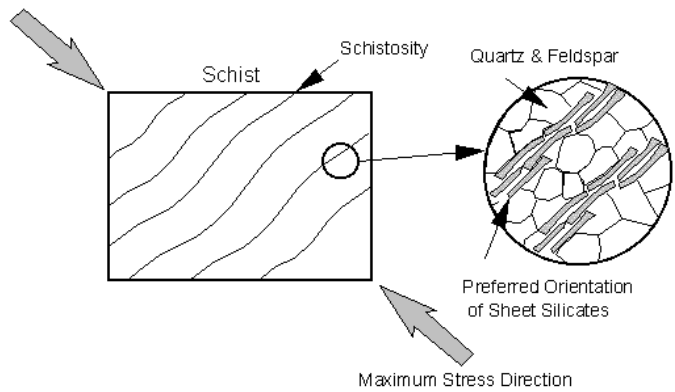




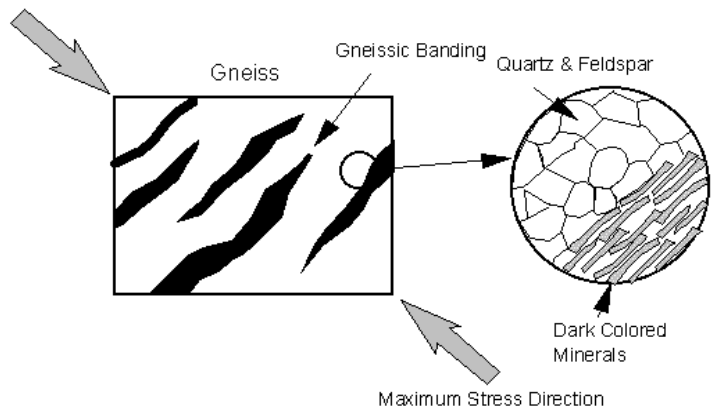
**CLIVAJE
PIZARROSO /FILÍTICO**



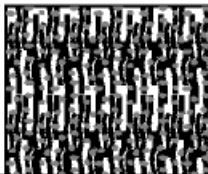
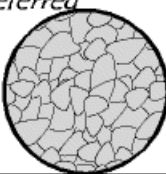
ESQUISTOSIDAD



**BANDEAMIENTO
GNEISSICO**

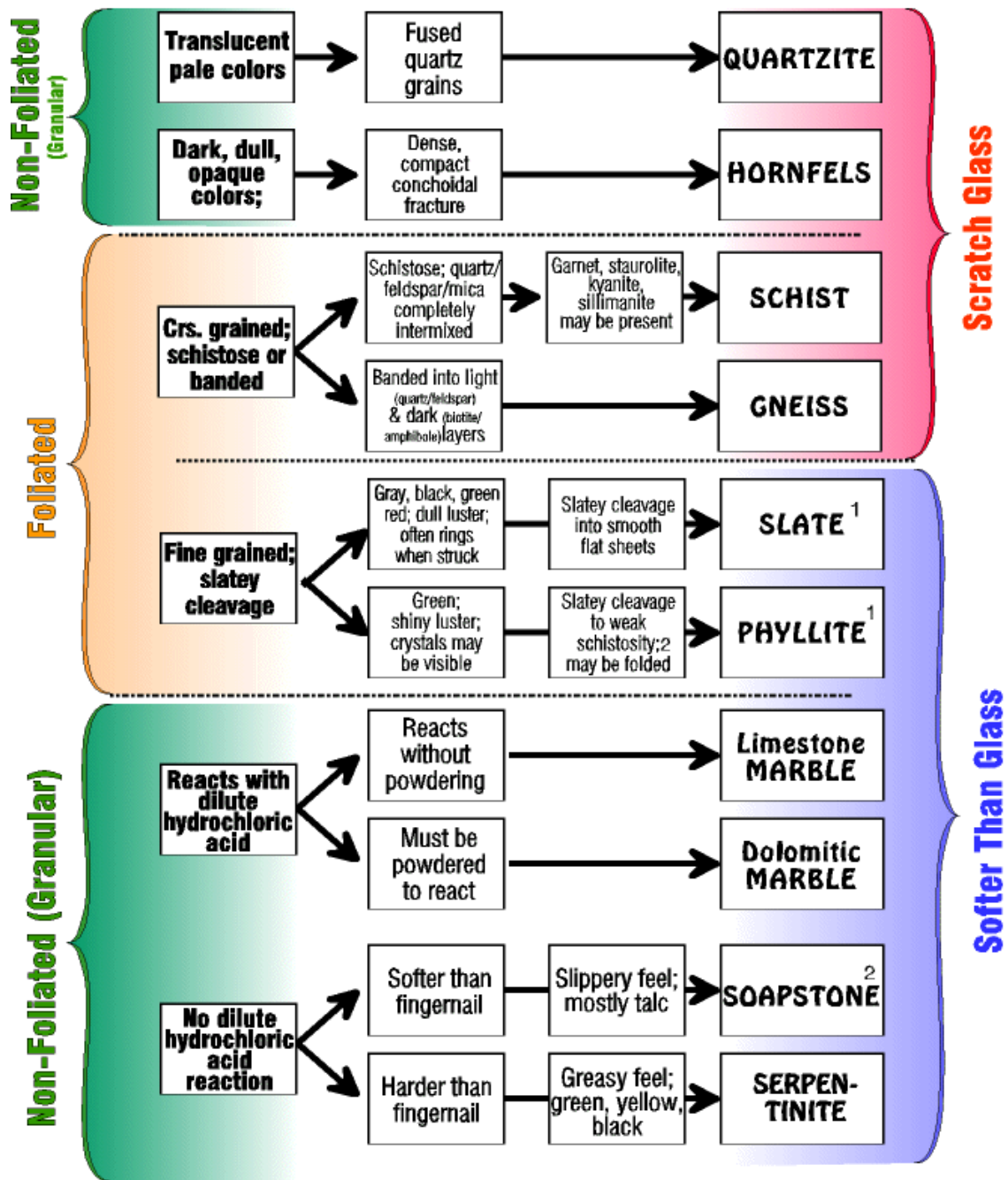


TEXTURAL CLASSIFICATION OF METAMORPHIC ROCKS

	<i>FOLIATED</i>	<i>NON-FOLIATED GRANULAR</i>	
CHEMISTRY	<i>Complex composition with many different kinds of minerals.</i>	<i>Simple composition with only a few minerals, such as calcite (CaCO₃) and quartz (SiO₂).</i>	
MINERALOGY	<i>Many new minerals produced with changes in T and P. Including chlorite, biotite, garnet, staurolite, kyanite, and sillimanite..</i>	<i>No new minerals produced. Calcite stays calcite and silica stays silica.</i>	
TEXTURE	<i>Foliation = Slaty cleavage, schistosity, or banding.</i> 	<i>Granular, equidimensional grains with no preferred orientation.</i> 	<i>TYPES OF METAMORPHISM</i>
REPRESENTATIVE ROCKS	<i>Slates, Phyllites, Schists, and Gneisses.</i> <i>See "Development of Barrovian Metamorphic Rocks From A Shale Parent."</i>	<i>Shale to HORNFELS</i> <i>Qtz SS to QUARTZITE</i> <i>Limestone to MARBLE</i> <i>Basalt to SOAPSTONE</i> <i>or SERPENTINITE</i>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">} CONTACT ONLY</div> <div style="margin-bottom: 10px;">} CONTACT AND REGIONAL</div> <div>} HYDROTHERMAL</div> </div>

BARROVIAN

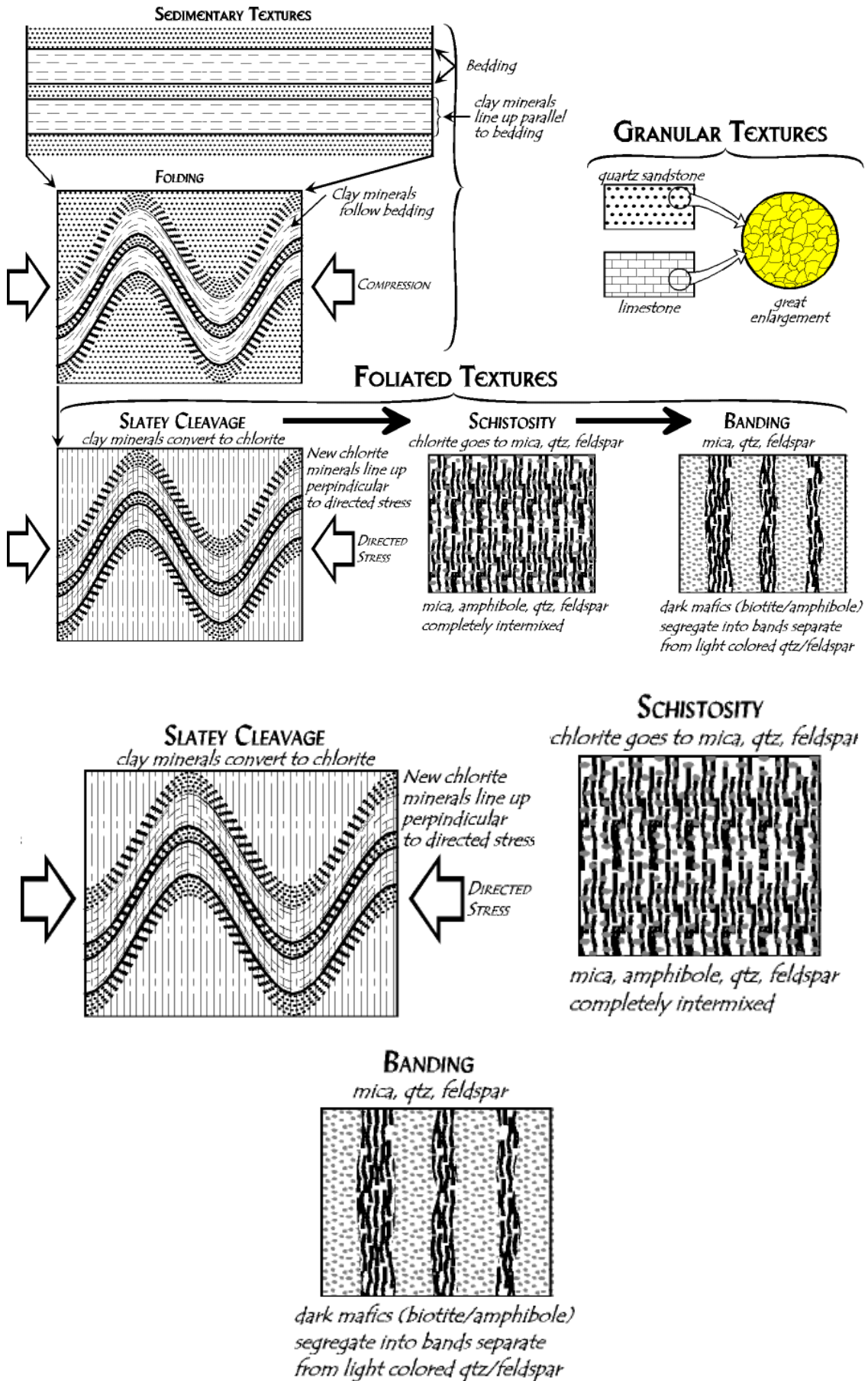
Key to Common Metamorphic Rocks



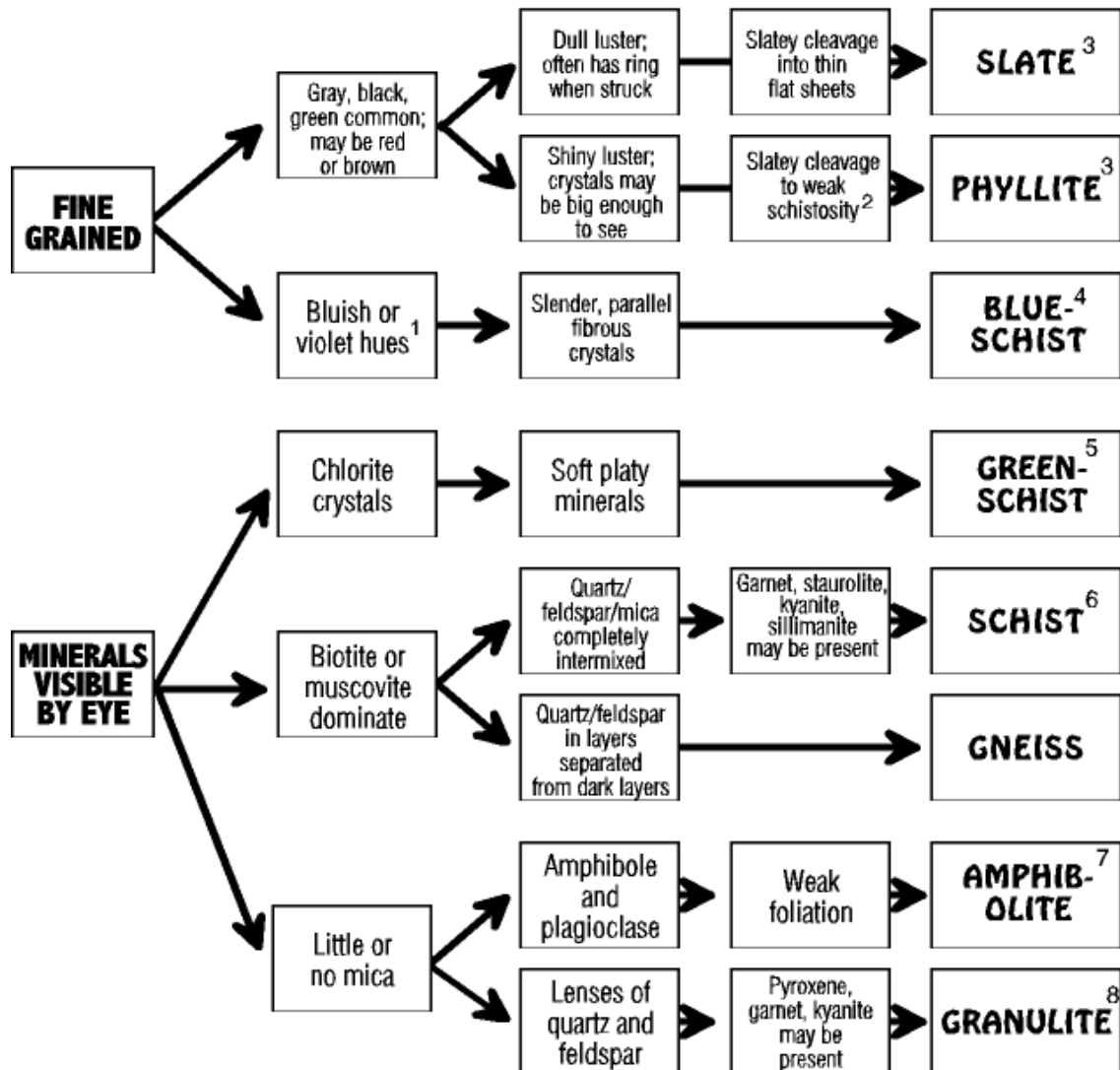
1 (Shale), slate, and phyllite complete intergrade with each other. Distinctions may be difficult.

2 Soapstone may be weakly foliated.

TEXTURE DEVELOPMENT IN METAMORPHIC ROCKS

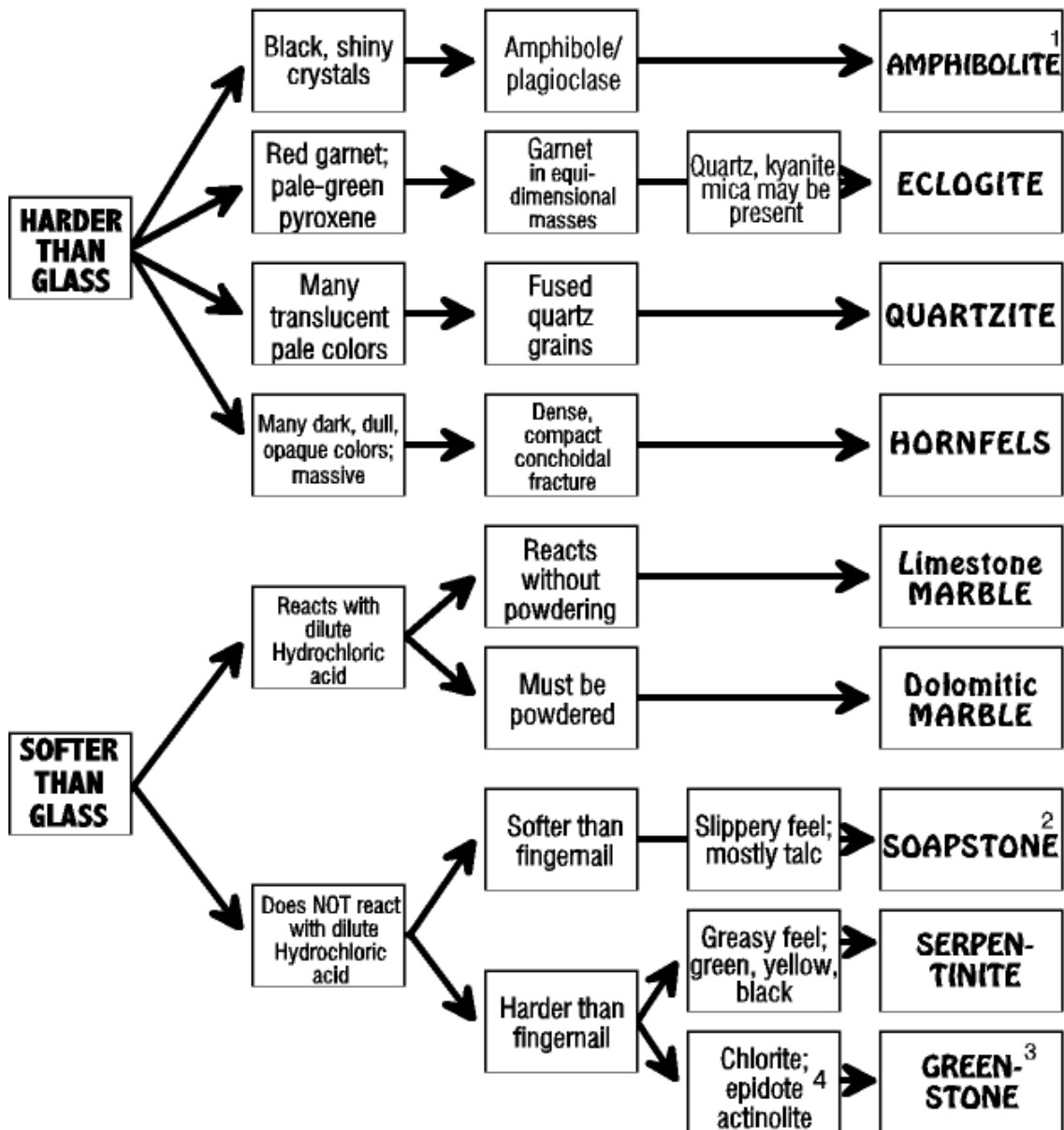


FOLIATED METAMORPHIC IDENTIFICATION KEY



- 1 Under fluorescent light-bluish hues may not be easy to detect. On the outcrop in full daylight, the rock is usually a distinctly blue color.
- 2 Schistosity = coarse-grained foliation. Phyllites frequently have an undulatory surface and are not flat like slates and shales.
- 3 (Shale), slate, and phyllite completely intergrade with each other. Distinctions may be difficult. Ask for help.
- 4 Blueschist is also called *glaucophane schist*.
- 5 Greenschist may superficially look like slate/phyllite, but has moderately developed schistosity.
- 6 Rock may be called garnet schist, or garnet-kyanite schist, etc., depending on the accessory minerals present.
- 7 Amphibolite may be granular in appearance.
- 8 Granulites may be crudely gneissic or granular in appearance.

GRANULAR METAMORPHIC IDENTIFICATION KEY



1 Amphibolite is usually foliated, but some specimens may appear granular.

2 May be weakly foliated.

3 Greenstone is usually well foliated, but massive varieties exist.

4 Epidote is pale green. Often it is finely disseminated in the rock so individual crystals cannot be seen. Look for pale-green patches within the darker green chlorite.