

CFIE-Salamanca
Curso de Geología 2021

PETROLOGÍA:

Claves para la Identificación de las Rocas

Salamanca
20 Abril 2021



La Petrología

Es la parte de la Geología que estudia **las rocas** (del griego *petra* = roca, *logos* = explicación, estudio):

- su descripción y clasificación (**Petrografía**).
- su composición química (**Geoquímica**) y mineralógica.
- su origen y los procesos que las forman (**Petrogénesis**).

Las Rocas

Una roca es una masa o agregado de uno o varios minerales formada como consecuencia de la actuación de uno o varios procesos geológicos.

A través de la **observación** y el **estudio** de las rocas podemos conocer y comprender los **procesos geológicos** que las han formado y/o modificado:

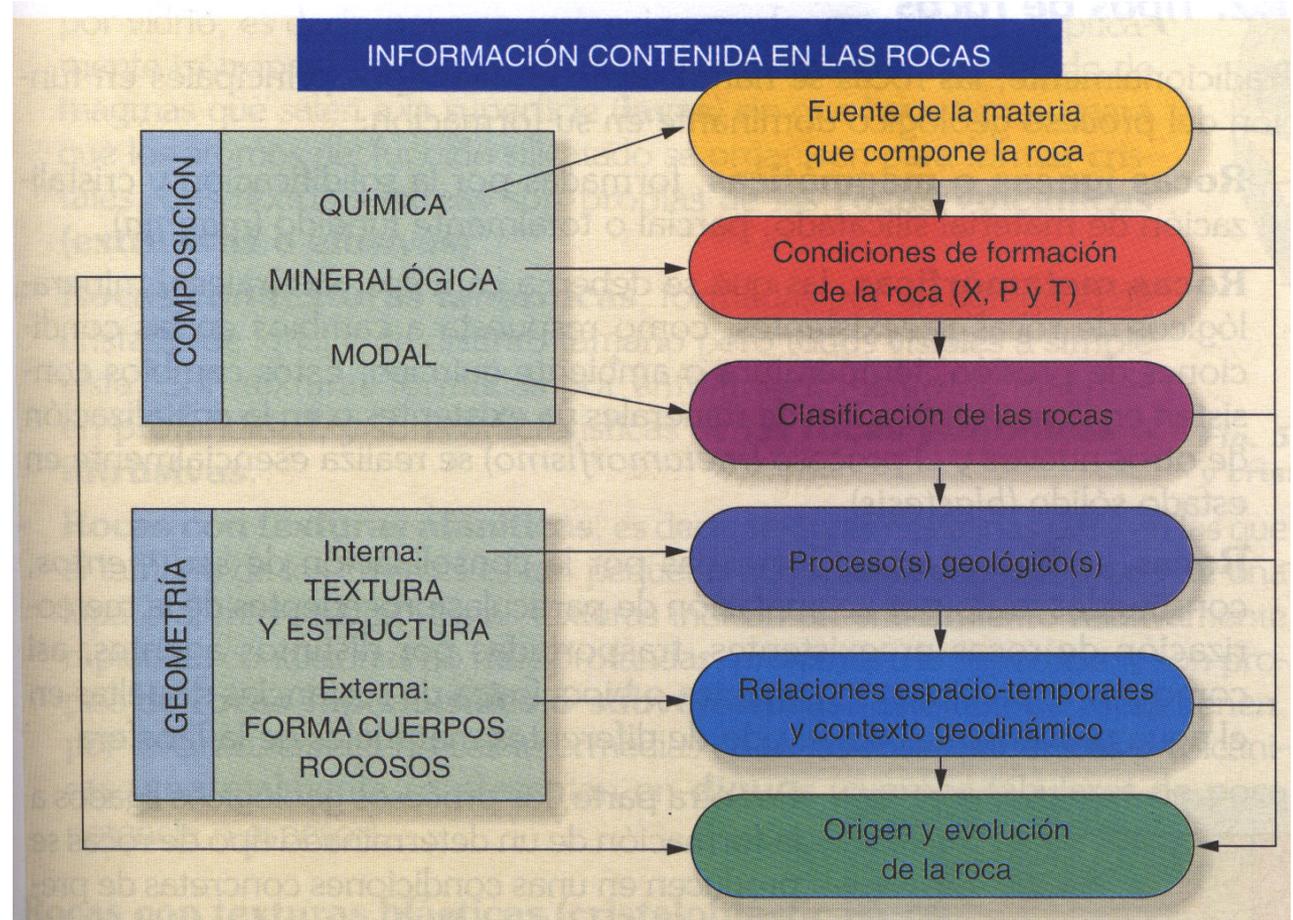
- de lo particular a lo general
 - de lo concreto a lo abstracto
 - de los **materiales** a los **procesos**.

Las rocas no tienen origen, tienen historia

Historia de las rocas:

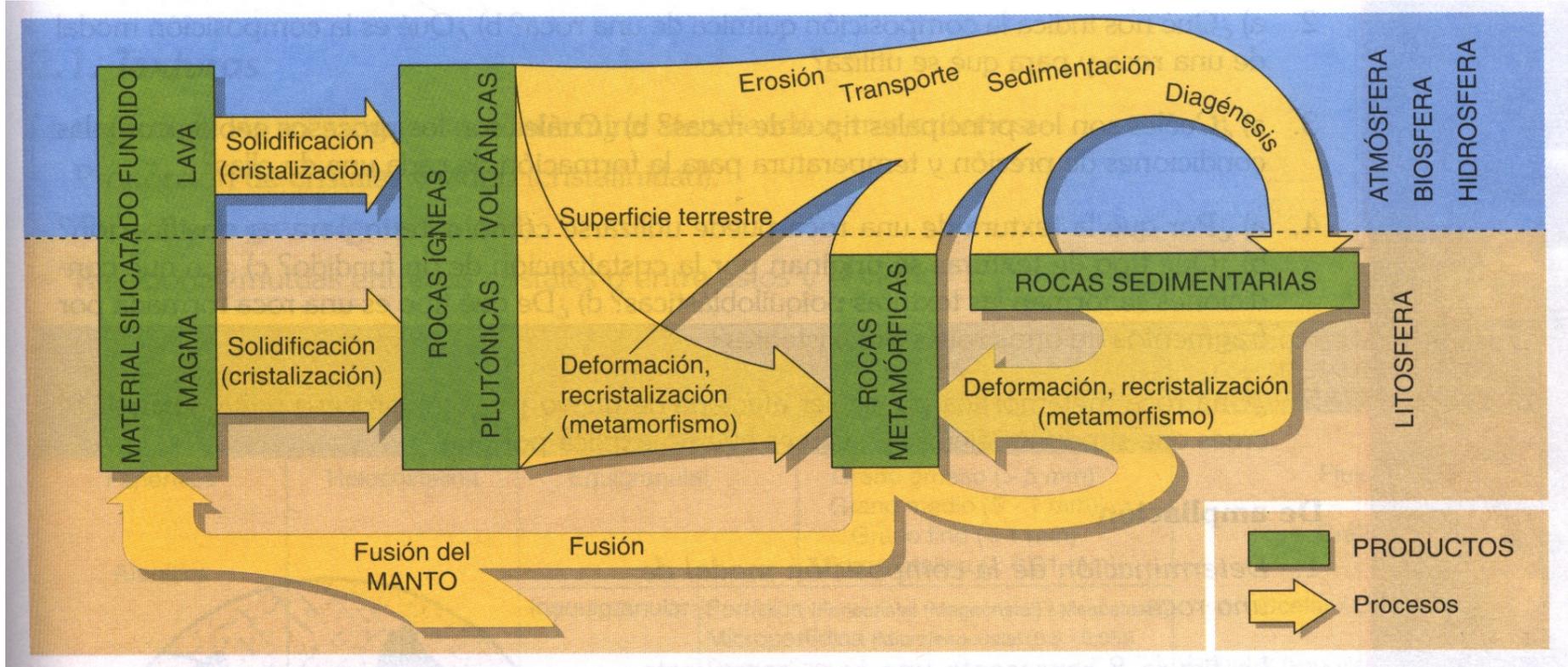
todos los datos y la información necesarios para conocer el **origen** y la **evolución** de las rocas, es decir su **historia**, están en las propias rocas:

- en su **composición**
- y
- en su **geometría**.



El Ciclo de las Rocas

Una roca sometida a condiciones diferentes (presiones y/o temperaturas) a las que la originaron se transforma en otro tipo de roca estable en las nuevas condiciones, mediante los procesos geológicos correspondientes.



Tipos de rocas: la textura como base de la clasificación

- La **textura** es la relación geométrica entre los minerales, granos u otros constituyentes de la roca, atendiendo esencialmente a su tamaño, forma y distribución.

La textura de una roca se observa a escala de **muestra de mano** o **al microscopio**.

La textura indica **el proceso geológico dominante** en la formación, o en la última transformación, que ha sufrido la roca.

- La **estructura** se refiere a las relaciones mutuas de grupos o agregados de granos o cristales (tales como bandeo, foliaciones, lineaciones, etc.)

La estructura de las rocas se observa en los **afloramientos en el campo**.

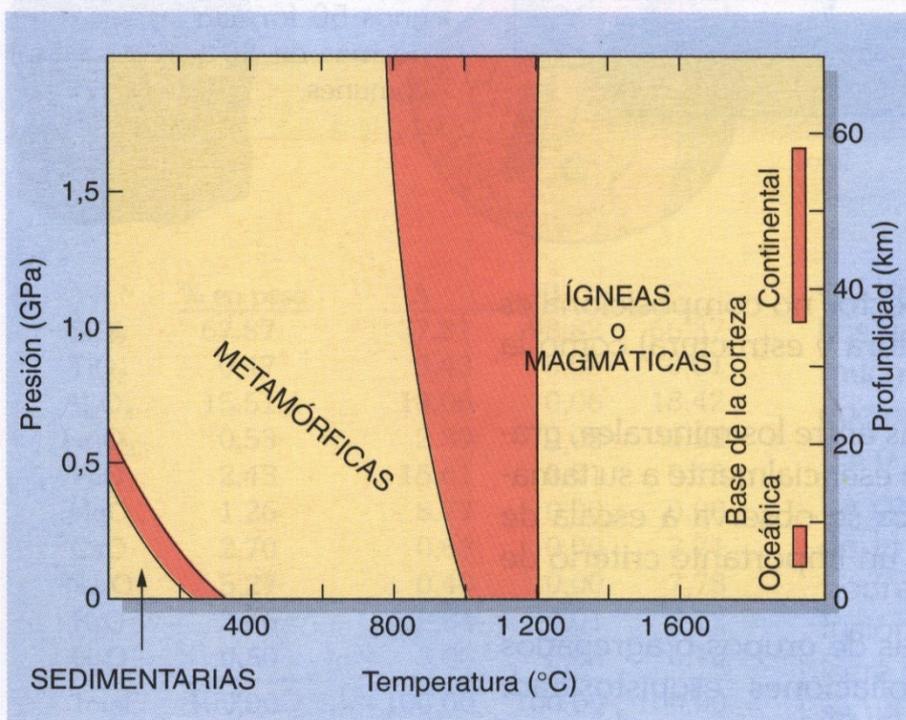
Tres tipos de rocas en función de su **textura** que indica el **proceso geológico** dominante:

- Rocas con texturas **clásticas (=detríticas)** → Rocas **sedimentarias**.
- Rocas con texturas **crystalinas** → Rocas **ígneas o magmáticas**
- Rocas con texturas **blásticas** → Rocas **metamórficas**

Tipos de rocas: la textura como base de la clasificación

Tres tipos de rocas en función de:

- **proceso geológico** dominante
- condiciones de P y T,



Las **rocas Sedimentarias** se forman cerca de la superficie, a **bajas T y P**, por la acumulación, y posterior consolidación y litificación (*diagénesis*) de partículas (**clastos, detritus**) transportadas por distintos agentes, o por la precipitación química o bioquímica de sustancias disueltas en el agua.

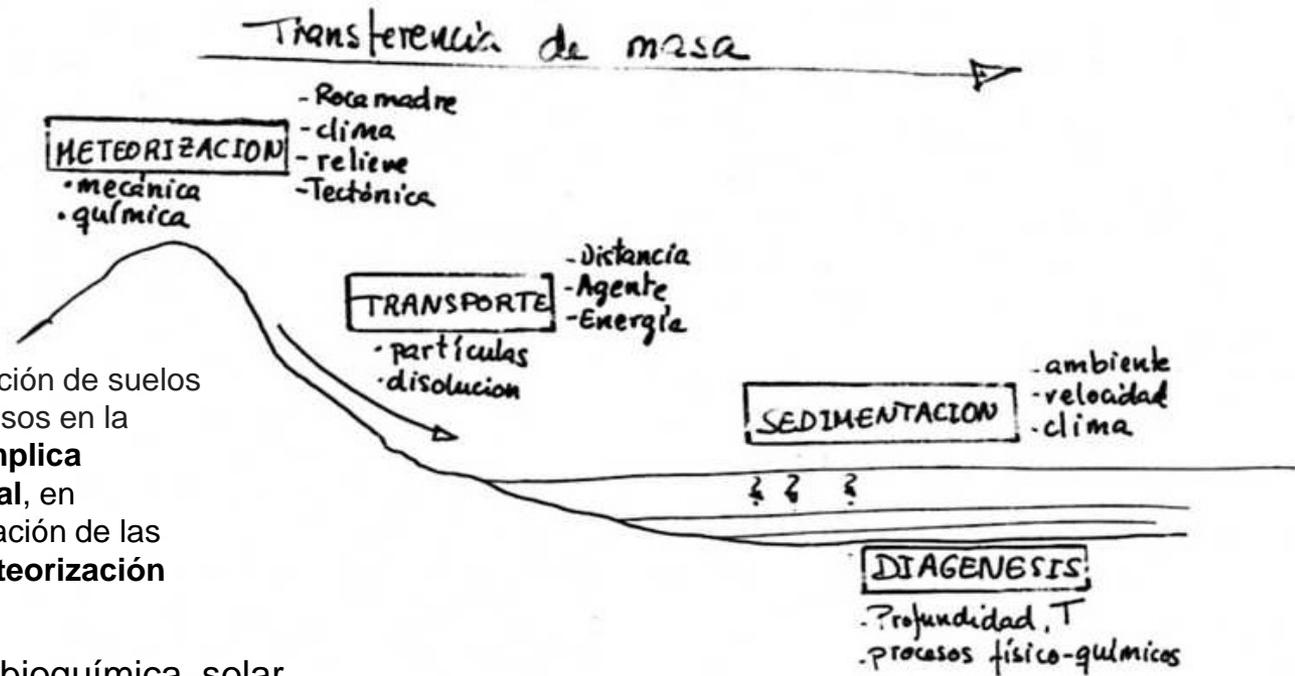
Las **rocas Ígneas o Magmáticas** se forman por el enfriamiento y solidificación (**crystalización**) de fundidos (*magmas*), originados a **T alta o muy alta** en un rango variable de P.

Las **rocas metamórficas** se forman por la recristalización de minerales en estado sólido (**blastesis**) en un **amplio rango** tanto **de P** (de baja a muy alta) como **de T** (de media a alta).

Rocas SEDIMENTARIAS

Procesos implicados en la formación de las Rocas Sedimentarias:

- Meteorización
(Erosión)
- Transporte
- Sedimentación
- Diagénesis.



La **erosión** es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. La **erosión implica movimiento, transporte del material**, en contraste con la alteración y disgregación de las rocas, fenómeno conocido como **meteorización**

ENERGÍA: gravedad, química, bioquímica, solar, procesos dinámicos internos.

La intensidad y tiempo de actuación de estos procesos, junto con la naturaleza de la roca madre, van a condicionar el tipo de roca resultante.

El producto final puede llegar a ser muy diferente de la roca madre original.

Rocas SEDIMENTARIAS

Definición:

- Las **Rocas Sedimentarias** son los productos de la **acumulación de materiales** procedentes de rocas previamente **meteorizadas y erosionadas**, que han sido **transportadas** al lugar de sedimentación ya sea como **partículas sólidas o en disolución**, para ser **depositadas** generalmente en estratos por la **acción de agentes físicos, químicos y biológicos** que pueden actuar independientemente o en conjunto.
- Estas acumulaciones pueden sufrir alguna reorganización mecánica y química, una vez depositadas, durante la **diagénesis**.

Caracterización de las rocas sedimentarias

- **Aspectos texturales**
- **Aspectos composicionales**
- **Clasificación** (e interpretación)

Textura

- Estudia el **tamaño, forma y disposición** de los componentes minerales de una roca.
- Se reconoce en **muestra de mano** y en **lámina delgada**.

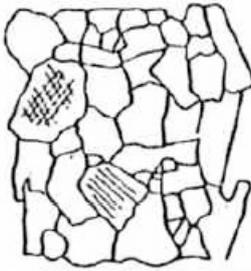
Rocas SEDIMENTARIAS

Aspectos texturales: Tipos de Texturas

Texturas clásticas: debidas a que los granos del sedimento han sido emplazados como partículas sólidas por el movimiento de fluidos bajo la influencia de la gravedad.

Texturas cristalinas: producidas por la precipitación de minerales disueltos y por la recristalización o alteración de los materiales preexistentes.

Texturas biogénicas: formadas por los organismos.

 <p>Textura clástica en una roca detrítica</p>	 <p>Textura clástica en una roca carbonatada</p>						
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAFFLESTONE</td> <td style="width: 33%;">BINDSTONE</td> <td style="width: 33%;">FRAMESTONE</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Textura orgánica en una caliza</p>		BAFFLESTONE	BINDSTONE	FRAMESTONE			
BAFFLESTONE	BINDSTONE	FRAMESTONE					
							
 <p>Textura cristalina</p>							



Rocas SEDIMENTARIAS

Aspectos composicionales: Componentes de las rocas sedimentarias

- **Terrígenos** (detríticos, siliciclásticos, epiclásticos): componentes derivados a partir de un área madre externa a la cuenca de sedimentación y que han sido transportados hasta ella como partículas sólidas.
- **Químicos y bioquímicos**: componentes formados dentro de la cuenca de sedimentación
 - Ortoquímicos**: En griego "orto" significa propio o verdadero. Son los precipitados químicos "normales" en el sentido acostumbrado de la palabra. Se han formado químicamente dentro de la cuenca de sedimentación y muestran muy poca o ninguna evidencia de haber sufrido un transporte significativo o una agregación para formar entidades más complejas (micrita, evaporitas, cementos de Q o calcita, etc).
 - Aloquímicos**: En griego "allo" significa diferente de lo normal. Son partículas complejas formadas dentro de la cuenca de sedimentación y que, además de tener un grado más alto de organización que un simple precipitado químico, pueden haber sido movidas y transportadas como partículas sólidas en el interior de la cuenca (fósiles, pellets, intraclastos, oolitos)

Rocas SEDIMENTARIAS

Tipos de rocas sedimentarias:

- terrígenos (detríticos, siliciclásticos o epiclásticos) ->

Rocas detríticas o siliciclásticas

- conglomerados
- areniscas
- lutitas

- químicos o bioquímicos ->

Rocas químicas y bioquímicas:

- carbonatadas (calizas y dolomías)
- evaporitas (yesos y sales)
- silíceas
- ferruginosas
- fosfatadas
- materia orgánica carbonosa (**carbones y petróleo**)

Rocas SEDIMENTARIAS

CLASIFICACION DE CONJUNTO DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS, SEGUN IDEAS DE PETTIJOHN (1957), KRUMBEIN Y SLOSS (1963), HATCH Y RASTALL (1965) Y VATAN (1967)

Las clases marcadas con asterisco suponen en total más del 99 % de las rocas sedimentarias

Clasificación general de las Rocas Sedimentarias

Grupo	φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada	Criterios de subdivisión
ROCAS DETRITICAS	256	RUDITAS	Bloques	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)	1. Génesis. 2. Composición de cantos.
			Cantos			
	2	* ARENITAS	Arena muy gruesa		Arenisca	1. Composición: % de cuarzo. % de feldespatos. % de fragmentos de rocas. % de matriz detrítica. 2. Génesis.
	1/2		Arena gruesa			
	1		Arena media			
	1/4		Arena fina			
	1/8		Arena muy fina			
	1/16					
	1/256	* LUTITAS	Limo	Limolita		1. Color. 2. Composición. 3. Textura.
			Arcilla	Arcillita		

Grupo	Clase	Criterios de subdivisión
ROCAS NO DETRITICAS	* ROCAS CARBONATADAS	1. Composición. 2. Textura.
	EVAPORITAS	1. Composición.
	ROCAS SILÍCEAS DE ORIGEN ORGÁNICO Y QUÍMICO	1. Génesis. 2. Composición.
	ROCAS ALUMINO-FERRUGINOSAS DE ORIGEN QUÍMICO	1. Composición. 2. Génesis.
	ROCAS ORGANÓGENAS	1. Composición. 2. Textura y estado físico.
	ROCAS FOSFATADAS	1. Textura y estructura. 2. Génesis.



•Tamaño de grano como base de la clasificación.

Grupo	φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada	Criterios de subdivisión
ROCAS DETRITICAS	256	• RUDITAS	Bloques	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)	1. Génesis. 2. Composición de cantos.
			Cantos			
	2	• ARENITAS	Arena muy gruesa		Arenisca	1. Composición: % de cuarzo. % de feldespatos. % de fragmentos de rocas. % de matriz detrítica. 2. Génesis.
	1/2		Arena gruesa			
	1		Arena media			
	1/4		Arena fina			
	1/8		Arena muy fina			
	1/16					
	1/256	• LUTITAS	Limo		Limolita	1. Color. 2. Composición. 3. Textura.
			Arcilla		Arcillita	



NOMENCLATURA DE PARTICULAS Y ROCAS SEDIMENTARIAS				
TAMAÑO DE GRANO PARTÍCULAS				
>2mm	2mm-1/16mm	<1/16mm	1/16mm-1/256mm	<1/256mm
GRAVA GRAVEL	ARENA SAND	LIMO +ARCILLA (FANGO) MUD (SILT + CLAY)	LIMO SILT	ARCILLA CLAY
RUDITA (LATIN)	ARENITA	LUTITA		
PSEFITA (GRIEGO)	PSAMMITA	PELITA		
NOMBRE DE ROCA				
BRECCIA/ CONGLOMERATE RUDSTONE RUDACEOUS ROCKS	SANDSTONE/ GREYWACKE	MUDSTONE SHALE	SILTSTONE	CLAYSTONE ARGILLITE
BRECHA/ CONGLOMERADO	ARENISCA / GRAUVACA	LUTITA / PELITA	LIMOLITA	ARCILLITA

Conglomerados

Aspectos TEXTURALES/ESTRUCTURALES

Relación **esqueleto** (< 2mm) y **material intersticial** (matriz /cemento < 2 mm)

Grano-soportados (clast-supported) -> Ortoconglomerados

Matriz-soportados (matrix-supported) -> Paraconglomerados

Aspectos COMPOSICIONALES

Esqueleto: minerales esenciales y accesorios (<5%)

Oligomícticos (ortocuarcíticos): composición restringida, ya sea porque proceden de un área madre única, o porque el transporte ha eliminado los componentes inestables

Polimícticas (petromícticos): composición muy variable. Implica grandes aportes de diversas áreas madre

Matriz: composición

Cemento: composición

CLASIFICACIÓN de los Conglomerados

TABLE 6-2. Classification of conglomerates and breccias

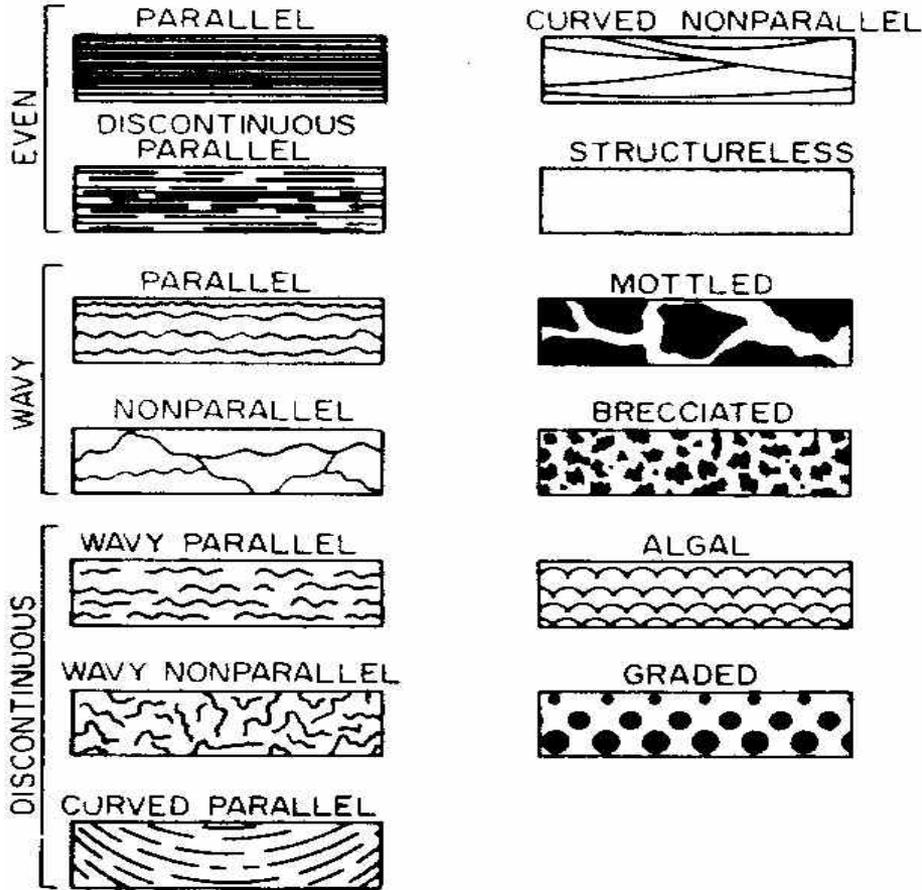
Epiclastic	Extraformational	Orthoconglomerates (matrix < 15%)	Metastable < 10%	Orthoquartzitic (oligomict) conglomerate
			Metastable > 10%	Petroclastic conglomerate (limestone conglomerate, granite conglomerate, and so on)
		Paraconglomerates (matrix > 15%)— diamictites	Laminated matrix	Laminated conglomeratic mudstone or argillite
			Nonlaminated matrix	Tillite (glacial)
				Tilloid or Geröllton (nonglacial)
Intraformational	Intraformational conglomerates and breccias			
Pyroclastic	Volcanic breccias and agglomerates			
Cataclastic	Landslide and slump breccias			
	Fault and fold (Reibungs) breccias; "tectonic moraines"			
	Collapse and solution breccias			
Meteoric	Impact breccias			

(PETTIJOHN, 1975)

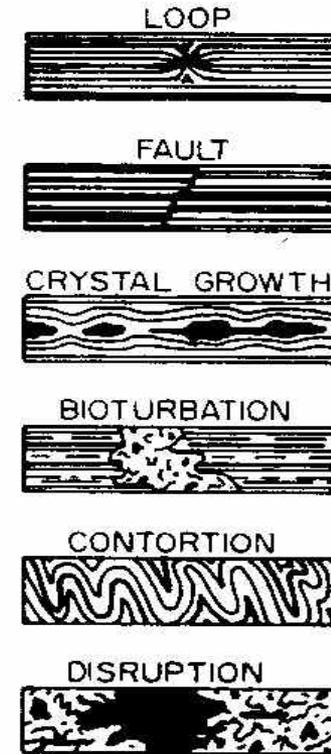


Lutitas / Estructuras

Tipos de ESTRATIFICACIÓN



ESTRUCTURAS SECUNDARIAS



COLOR de las Lutitas

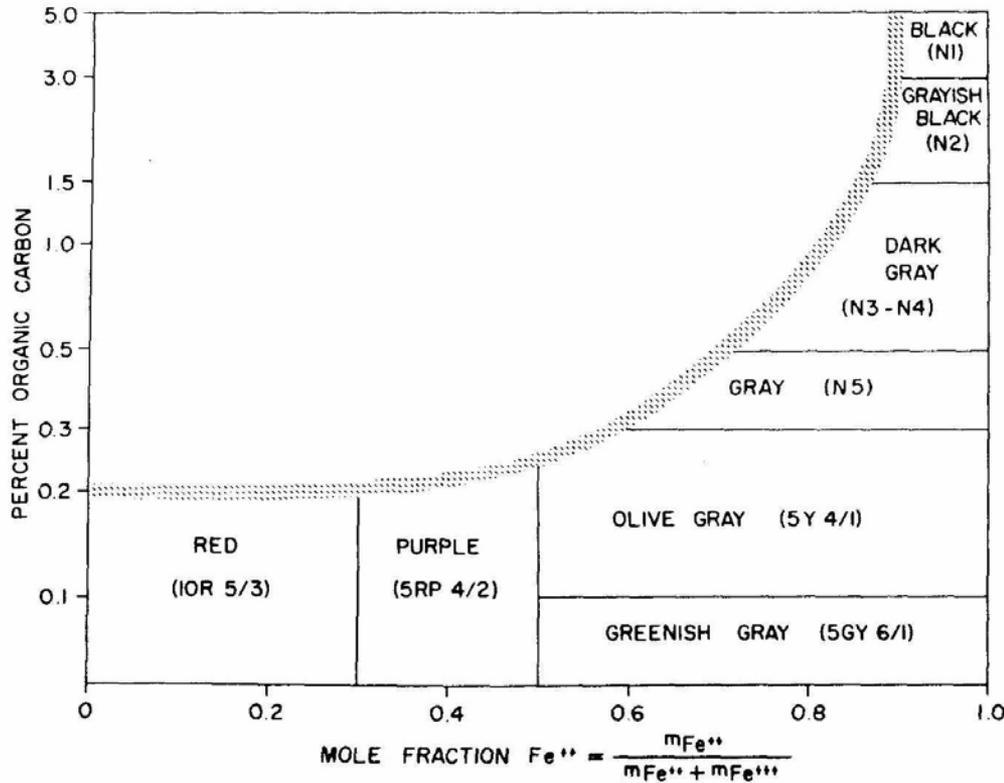


Figure 1.25 Suggested relationship of shale color to carbon content and oxidation state of iron. The mole fraction is used to indicate the proportion of the total iron that is in the +2 state and m represents the number of moles of iron per gram of rock. Finer subdivisions of color are possible, but are difficult to reproduce. Colors determined on wet samples in natural light.



CLASIFICACIÓN de Lutitas

En función del

- Tamaño de grano
- Composición
- Color
- Estructuras

Si >10 % arena ==> lutita arenosa

Lundegard & Samuels, 1980

		SILT FRACTION	
		2/3	1/3
INDURATED	non-laminated	MUDSTONE <i>lutita</i>	CLAYSTONE <i>arcilita</i>
	laminated	SILTSTONE <i>limolita</i>	MUDSHALE <i>lutita</i>

FIG. 1.—Field classification of mudrock. Classification is based on grain size and stratification.

COMPONENTES de las Rocas Químicas CARBONATADAS

- **Granos**
 - **Aloquímicos**
 - Partículas esqueléticas:
 - **Bioclastos**
 - Granos no esqueléticos:
 - **pellets, intraclastos, oolitos , granos revestidos (oncolitos) y granos agregados**
 - **Terrígenos**
 - **Extraclastos**
- **Material intersticial**
 - **Ortoquímicos**
 - **Micrita:** (fango < 30 μ m)
 - **matriz** y a veces cemento. Origen poligenético
 - **Esparita:** >30 μ m;
 - precipita como **cemento**
 - **Esparita neomórfica (pseudoesparita):** recristalización de micrita

COMPONENTES de las Rocas Químicas CARBONATADAS

Componentes aloquímicos,

Bioclastos: restos completos o fragmentarios de las partes duras carbonatadas de los organismos.

Ooides: son granos esféricos o elipsoidales < 2 mm de diámetro, con láminas concéntricas que se desarrollan alrededor de un núcleo.

Peloides: son granos compuestos de carbonato microcristalino, de < 0.5 mm de diámetro. Los que se interpretan como excreciones de organismos se llaman pellets.

Pisolitos y Oncolitos: son granos de carbonato de > 2 mm de diámetro con una parte externa de láminas concéntricas. Pisolitos son cuando tienen un origen inorgánico y oncolitos cuando su formación se debe a organismos (algas, etc.).

Intraclastos: son granos de sedimentos calcáreos ya consolidados que son retrabajados de nuevo dentro de la propia cuenca y constituyen nuevos granos. Cuando estos granos proceden de fuera de la cuenca se llaman extraclastos o litoclastos.

Componentes ortoquímicos,

Micrita: calcita microcristalina con granos de carbonato de < 5 μm (0.005 mm), que forma la *matriz*.

Esparita: cristales de carbonato de > 10-20 μm , formados después de la sedimentación y por lo tanto constituyen un *cemento* que rellena los poros.

TIPOS Texturales de rocas carbonatadas:

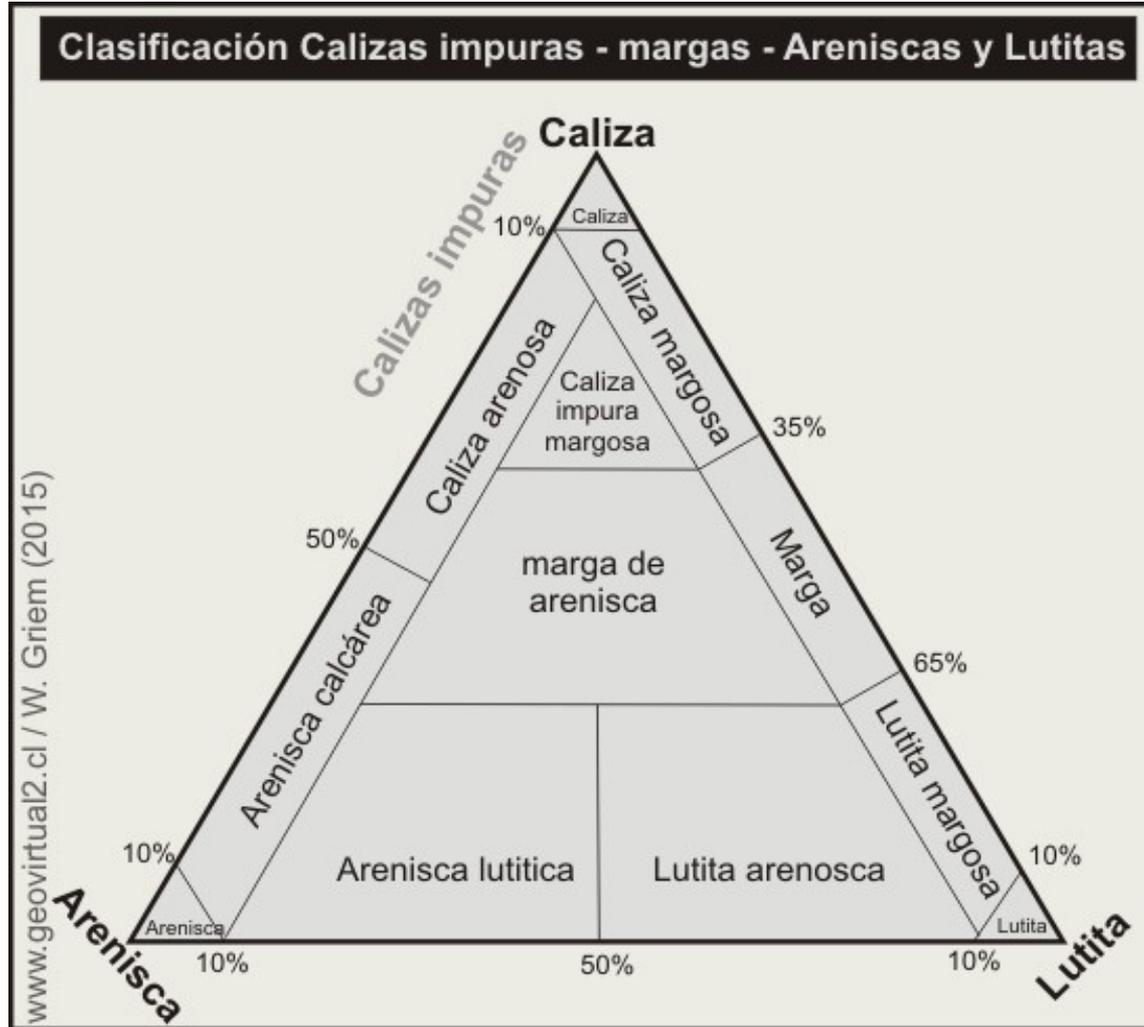
- Calizas cuyos componentes no estaban unidos durante la sedimentación (textura **clástica**)
 - ✓ **Calcilutitas** ($< 30 \mu$)
 - ✓ **Calcarenitas** (30 μ a 2 mm)
 - ✓ **Calcirruditas** (> 2 mm)(más el **aloquímico dominante**: p.e. Calcarenita oolítica, calcirudita bioclástica, etc)
- Calizas formadas "in situ"
 - ✓ Calizas cuyos componentes estaban unidos durante la sedimentación
 - **Calizas bioconstruídas (textura orgánica) → BOUNSTONES**
 - a) **Arrecifes → Framestone**
 - b) **Estromatolitos → Binstone**
 - ✓ Calizas químico–bioquímicas (diversas texturas: cristalina, laminada, nodulosa..)
 - a) **Caliches**
 - b) **Tobas y travertinos**
 - c) **Espeleotemas (calizas de cuevas)**
- Calizas en las que la textura deposicional no es reconocible (textura cristalina)
 - ✓ **Calizas y dolomías cristalinas**

CLASIFICACIÓN de rocas carbonatadas:

CLASIFICACIÓN CALIZAS				
TIPOS (Folk, 1959, 1962),	Según TAMAÑO fragmentos (Grabau, 1904, 1913)	Según ALOQUÍMICOS	Según ORTOQUÍMICOS (Esparita / Micrita) (Folk, 1959, 1962) (microscopio)	Según % Micrita (Dunham, 1962) (microscopio)
Calizas Bioconstruidas (in situ)		Estromatolitos (algas) Corales Arqueociatos	Biolitita	Boundstone
Calizas Clásticas	Calcirudita (> 2mm)	Bioclastos (<i>Bioclástica</i>)	Bioesparudita Bioesparmicrita	Mudstone (micrita con < 10 % granos)
		Oncolitos (<i>Oncolítica</i>)	Oncoesparudita Oncomicrudita	
	Calcarenita (< 2 mm - > 30 µm)	Bioclastos (<i>Bioclástica</i>)	Bioesparita Biomicrita	Wackestone (micrita con > 10 % granos)
		Oolitos (<i>Oolítica</i>)	Ooesparita Oomicrita	
		Pellets (<i>Peloide</i>)	Pelesparita Pelmicrita	Packstone (granosoportada CON micrita)
		Intraclastos (<i>Intraclástica</i>)	Intraesparita Intramicrita	
Calcilitita (< 30 µm)	<i>Micrítica</i>	Dismicrita	Grainstone Granosoportada SIN micrita)	
Caliza Cristalinas		Caliza Cristalinas Espeleotemas Travertinos y Tobas		Cristalinas



CLASIFICACIÓN de las rocas HÍBRIDAS con carbonatos



Rocas silíceas (Chert)

- ✓ **Chert es un término general para referirnos a rocas formadas casi totalmente por sílice en forma de pequeños cristales de cuarzo, calcedonia y ópalo, en proporciones variables.**
- ✓ Estas formas de sílice proceden en su mayor parte de la acumulación de las partes duras de organismos, como los radiolarios, algas diatomeas y algunas esponjas silíceas, o de la precipitación directa a partir del agua del mar.
- ✓ **El chert es una roca densa, muy dura, criptocristalina, con fractura concoidea, colores muy variados y que se presenta con estructuras bandeadas y laminadas o bien con formas nodulares.**

Recibe distintos nombres específicos en función de sus variaciones en la composición, color, etc. Los más comunes son:

- **Jaspe**, que es el chert con colores rojizos por la presencia de óxidos de hierro.
- **Porcelanita**, que es chert opalino con impurezas, con aspecto de porcelana.
- **Lidita**, de color negro, formada por calcedonia y radiolarios y con gran contenido de materia orgánica.
- **Moronita o tierra de diatomeas**, formada por los caparazones silíceos de las algas diatomeas.

Tipos de Rocas SILÍCEAS: clasificación

ROCAS SILÍCEAS	(porcelanita) (novaculita, lidita)	Acumulación orgánica de esqueletos silíceos marinos y no marinos.	Radiolarios / Radiolaritas / Chert de Radiolarios			
		Cherts estratificados	Diatomitas / Chert de Diatomeas			
		Cherts estratificados	Chert espicular / Espiculitas / Esponjolitas			
	Cuarzosas (Jaspe, sílex, novaculita, lidita)	Acumulación inorgánica y mixta (fuente de sílice orgánica y precipitación inorgánica)	Precipitación directa	-Ambientes restringidos (Lagoon Coorong), lagos efímeros, pH>9 por actividad fotosintética del fitoplancton -Fase cementante : Silcretas (procesos edáficos)		
			Reemplazamiento diagenético (en calizas, dolomías o evaporitas)	- Nódulos - Láminas - Irregular	- total o parcial - destructivo - preservando las texturas primarias	
			Transformación de material pre-existente / biomineralización	Lagos alcalinos africanos (Magadiita)		
Opalinas	Precipitación ópalo	“Siliceus sinter” (microestromatolitos)	Geyserita			
	Reemplazamiento	En calizas o evaporitas Total o parcial Destructivo o preservando las texturas primarias La fuente de sílice puede estar en el sedimento (biogénica) o puede ser externa	- Nódulos - Láminas - Irregular			



Evaporitas

- ✓ Son rocas formadas por precipitación químicas de sales disueltas a partir de aguas saturadas por evaporación. Los principales minerales de las evaporitas, y como consecuencia los principales tipos de rocas evaporíticas, son yesos y sales.

El **yeso** es el sulfato de calcio hidratado ($\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que aparece en condiciones superficiales en forma de yeso **selenítico** (cristalino, maclado en punta de flecha), **nodular**, **laminado** o **intersticial** entre otros sedimentos (rosa del desierto).

El yeso pasa en profundidad a anhidrita (SO_4Ca), mosaico de granos uniformes.

El alabastro, o **yeso alabastrino**, es un yeso secundario (sulfato de calcio hidratado de origen secundario) de grano muy fino y tacto suave que se utiliza para vaciado y modelado.

Las **sales** son rocas constituidas por sales de elementos halógenos, que presentan un aspecto más o menos translúcido, según su pureza.

El principal mineral de las sales es la *halita* (ClNa) aunque puede haber otras sales de potasio y magnesio (*silvita* o *silvina* [ClK] o *polihalita* [$\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$]) que son importantes en algunos depósitos marinos de tipo halita-silvina o halita-anhidrita-polihalita. (*Silvinita* es roca mezcla de halita y silvita).

Definición y origen rocas ÍGNEAS

Rocas ígneas o magmáticas, formadas por la solidificación y cristalización de material silicatado parcial o totalmente fundido (*magma*).

Magma vs fundido

Magma: sustancia natural, fundida, caliente y móvil, formada en el interior de la Tierra y compuesta por silicatos parcial o totalmente fundidos y gases disueltos (volátiles) y que puede tener cristales en suspensión, gases exueltos (burbujas de gas) o fragmentos de roca.

Fundido (melt): solución líquida homogénea, químicamente compleja, compuesta por fusión de material cristalino de uno o varios tipos (sistema silicatado multicomponente) con o sin gases disueltos (volátiles).

magma = fundido + cristales + gases + fragmentos de roca

Las **rocas ígneas o magmáticas** tienen **texturas vítreas a cristalinas**, que son el reflejo del procesos que las ha originado (por la cristalización del magma).

La textura base de la clasificación de las rocas ígneas

La **textura de las rocas ígneas**, depende, esencialmente, de

- la **velocidad de enfriamiento**, que está directamente relacionada con
- la **profundidad** a la que se produce la cristalización,

Proceso de cristalización de las rocas ígneas o magmáticas implica la actuación de tres procesos:

- **Nucleación (N)**
- **Crecimiento de los cristales (G)**, y
- **Difusión (D)** de las sustancias químicas (y del calor).

1º. La velocidad de G y N aumentan al disminuir la T, pero G alcanza su máximo a menor disminución de T que N.
2º. Luego disminuyen ambos, pues a menor T disminuye la velocidad de difusión (D) en un fundido cada vez más viscoso y

- se reduce la velocidad de agregación de átomos para formar nuevos núcleos (N),
- inhibe la adición de átomos a los cristales que están creciendo (G)

Estas relaciones explican los tipos texturales de rocas ígneas, plutónicas y volcánicas, y su texturas más características.

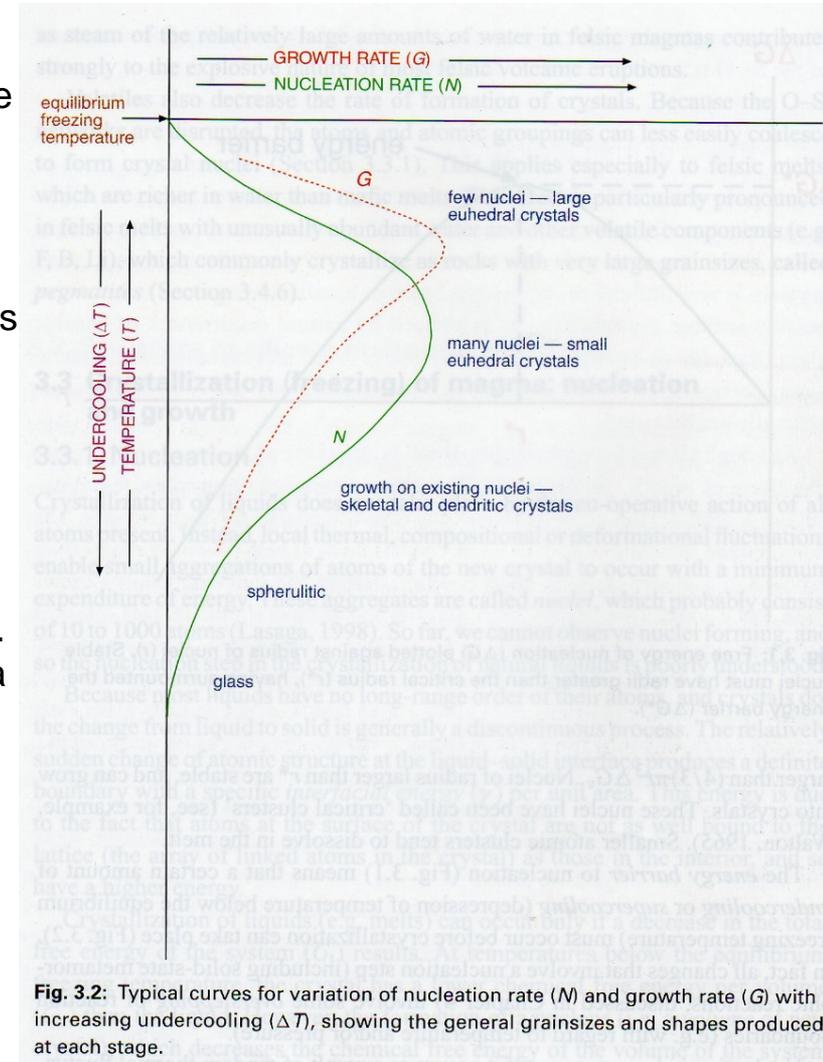


Fig. 3.2: Typical curves for variation of nucleation rate (N) and growth rate (G) with increasing undercooling (ΔT), showing the general grainsizes and shapes produced at each stage.

Tipos texturales de Rocas Ígneas (1^{er} criterio clasificación textural)

- ✓ Rocas con **texturas vítreas**, constituidas totalmente o en parte por vídrio, se forma por enfriamiento muy rápido de magmas que salen a la superficie (lavas) y son propias de las **rocas volcánicas** (extrusivas o efusivas).
- ✓ Rocas con **texturas afaníticas** (del griego *aphaneros*=invisible), son texturas cristalinas pero con cristales tan pequeños que sólo se ven con ayuda de una lupa o al microscopio y que indican un enfriamiento relativamente rápido próximo a la superficie. Son propias también de **rocas volcánicas** (y de rocas hipoabisales o subvolcánicas).
- ✓ Rocas con **texturas faneríticas** (del griego *phaneros*=visible), formadas por un agregado de cristales visibles a simple vista, originado por enfriamiento lento de magmas en profundidad, son características de las **rocas plutónicas** o intrusivas.
- ✓ Rocas con **texturas volcanoclásticas** formadas por gregados de clastos o fragmentos de rocas de cualquiera de los otros tipos texturales, que se han depositado y/o juntado y soldado. Son propias de las **rocas volcanoclásticas** (producidas por el **vulcanismo explosivo**).

Texturas

La **textura** es **relación geométrica** entre los cristales minerales, granos u otros constituyentes de la roca que se observa a escala de muestra de mano o al microscopio, atendiendo, en el caso de las rocas ígneas, a tres criterios:

- cristalinidad,
- granularidad; tamaño de los cristales (relativo y absoluto),
- relaciones mutuas entre los cristales o entre éstos y el vidrio.

TÉRMINOS ESPECÍFICOS DE OBSERVACIÓN VISUAL	1. CRISTALINIDAD	2. TAMAÑO DE GRANO		3. RELACIONES MUTUAS ENTRE LOS CRISTALES O DE LOS CRISTALES EN EL VIDRIO
		Tamaño relativo	Tamaño absoluto	
Fanerítica	Holocristalina	Equigranular	Grano grueso (> 5 mm)	Fluidal Gráfica Ocelar / Orbicular Vacuolar (Vesicular) / Amigdaloides
Afanítica			Grano medio (5 - 1 mm)	
		Grano fino (< 1 mm)		
		Microcristalina (< 0,01 mm)		
		Inequigranular	Porfídica [Fenocristal (Megacristal) / Mesostasis]	
			Microporfídica [Microfenocristal (0,5 - 0,05)]	
			Poiquilitica	
Vítrea	Hipocristalina		Vitrofídica	
	Holohialina			
Piroclástica				

Composición Mineralógica

Los minerales que constituyen las rocas ígneas son esencialmente silicatos y pueden dividirse en función de,

- su abundancia o
- su tipo.

Por abundancia:

- **esenciales**, >5% (en volumen) de la roca. Se utilizan para la clasificación de la roca.
- **accesorios**, <5% (en volumen).
- secundarios, se originan a partir de alguno de los otros por procesos de alteración y/o transformación de la roca posteriores a su formación.

secundario vs accesorio

Por su tipo:

- **Félsicos** (de *feldespatos* y *silíce*), de colores claros.
- **Máficos** (de *magnesio* y *férric* (hierro)), de colores oscuros.

Clasificación Mineralógica: Índice de Color (2º criterio clasificación Índice de Color)

El **índice de color (M')**, que es la proporción **modal** (% volumen) de minerales máficos (M):

$$M' = M - (\text{moscovita, apatito, carbonatos primarios, etc.})$$

Según éste las rocas ígneas pueden ser;

- ✓ - **Leucocráticas** (félsicas): **M' < 35 %**, es decir son rocas en las que predominan claramente los minerales félsicos sobre los máficos.
- ✓ - **Mesocráticas**: **M' entre 35 y 65 %**, los minerales félsicos y máficos están en proporciones aproximadamente iguales.
- ✓ - **Melanocráticas** (máficas): **M' entre 65 y 90 %**, en las que los minerales máficos son claramente más abundantes que los félsicos.
- ✓ - **Ultramáficas**: **M' > 90 %**, todos los minerales visibles son máficos.

Estos términos son sólo aplicables a rocas, no a minerales.

Clasificación Mineralógica: **Clasificación modal (QAPF)** (3^{er} criterio clasificación: composición modal QAPF)

Las rocas **plutónicas con $M' < 90$ y todas las volcánicas**, se clasifican modalmente en función de sus **minerales félsicos** en el **diagrama QAPF**.

Dos diagramas triangulares unidos por la base, propuestos por la Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Ígneas de la IUGS (International Union of Geological Sciences) (Le Maitre, 1989).

Hay un diagrama QAPF para rocas plutónicas y otro para volcánicas, y los dos funcionan igual.

Las rocas **ultramáficas** se clasifican en función de los minerales máficos en el **diagrama Ol-Opx-Cpx**

Clasificación Mineralógica: Clasificación modal (QAPF)

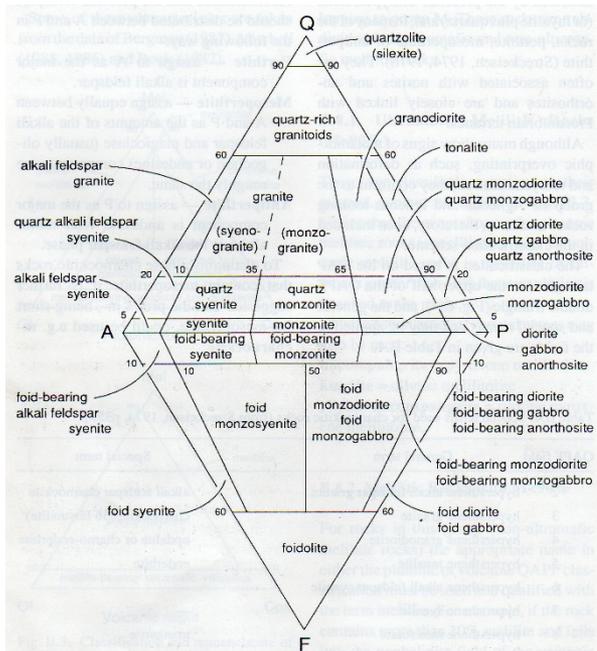


Fig. B.4. Classification and nomenclature of plutonic rocks according to their modal mineral contents using the QAPF diagram (based on Streckeisen, 1976, Fig. 1a). The corners of the double triangle are Q = quartz, A = alkali feldspar, P = plagioclase and F = feldspathoid. However, for more detailed definitions refer to section B.2. This diagram must not be used for rocks in which the mafic mineral content, M, is greater than 90%.

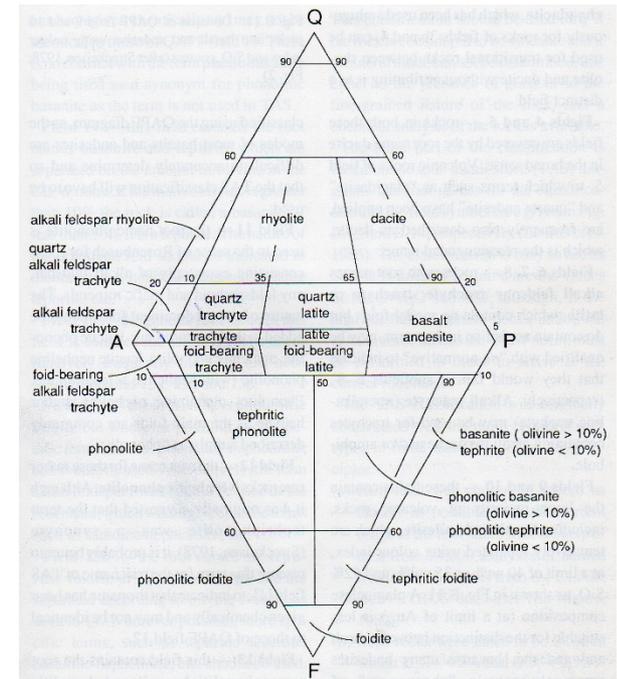
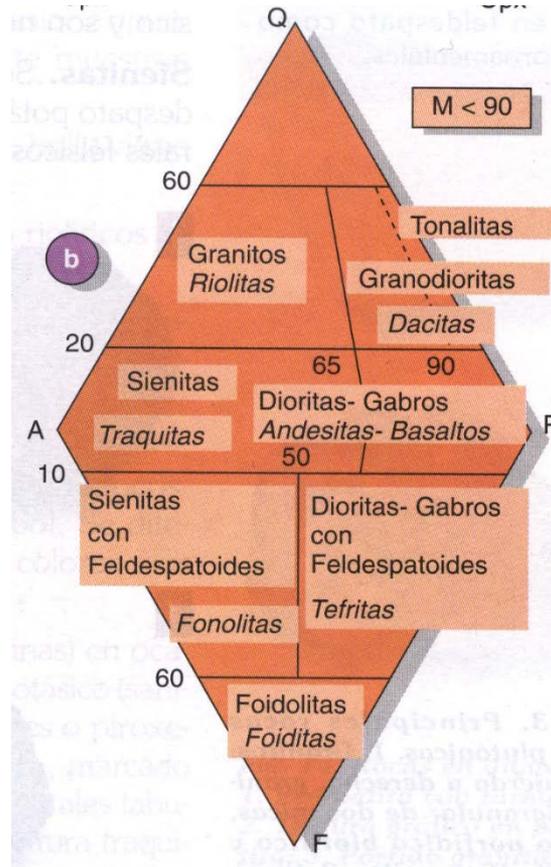


Fig. B.10. Classification and nomenclature of volcanic rocks according to their modal mineral contents using the QAPF diagram (based on Streckeisen, 1978, Fig. 1). The corners of the double triangle are Q = quartz, A = alkali feldspar, P = plagioclase and F = feldspathoid. However, for more detailed definitions refer to section B.2.

Clasificación Mineralógica: Fundamentos del Diagrama QAPF

Q = cuarzo, tridimita, cristobalita

A = feldespato alcalino (ortosa, microclina, pertita, anortosa, sanidina y albita hasta An05)

P = Plagioclasa (> An05) y escapolita

F = feldespatooides (nefelina, leucita, kalsilita, sodalita, noseana, haüyna, cancrinita, analcima, etc.)

En este diagrama las líneas horizontales indican el % de Q (o de F) y las líneas verticales indican la relación de P respecto a A [$100 \times P / (P + A)$].

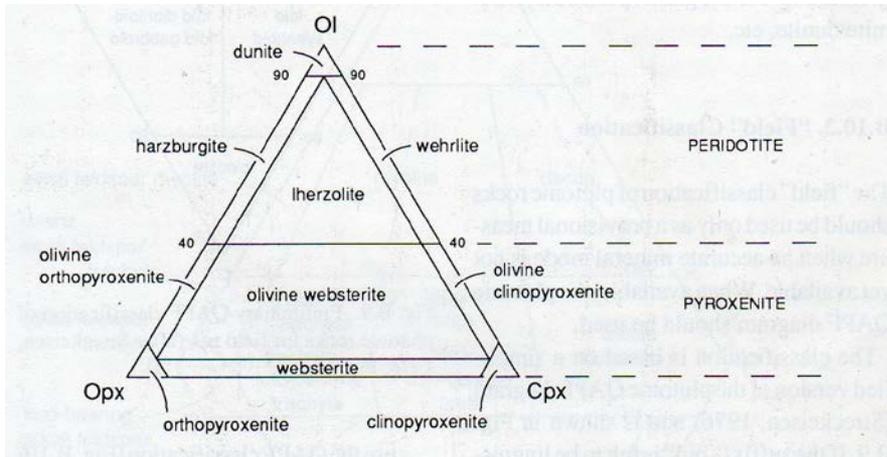
- ✓ **Q y F son incompatibles**; o nos encontramos en la parte superior o en la inferior del triángulo, pero no puede haber al mismo tiempo Q y F.
- ✓ A medida que nos desplazamos **hacia el vértice P**, no solo hay **más plagioclasa**, sino que esta es **más cálcica**, empieza a ser zonada.
- ✓ A medida que nos desplazamos **hacia el vértice P** aumenta el índice de color de la roca; hay **más minerales máficos**.

Rocas Ultramáficas

Las rocas **ultramáficas (M>90)**, son sólo plutónicas y se clasifican en función de los minerales máficos en el triángulo Ol (Olivino), Opx (Ortopiroxeno), Cpx (Clinopiroxeno).

Las **Peridotitas** son las constituidas esencialmente por olivino (> 40 %).
Las peridotitas que están formadas sólo por olivino (Ol > 90 %) son **Dunitas**.

Las **Piroxenitas** son las que están formadas esencialmente por piroxenos.



Rocas Plutónicas

Texturas

Las rocas plutónicas son siempre **faneríticas** presentan normalmente texturas **equigranulares**, de distinto tamaño de grano, y a veces son **porfídicas** (con mesostasis equigranulares).

Principales tipos

Granitos.

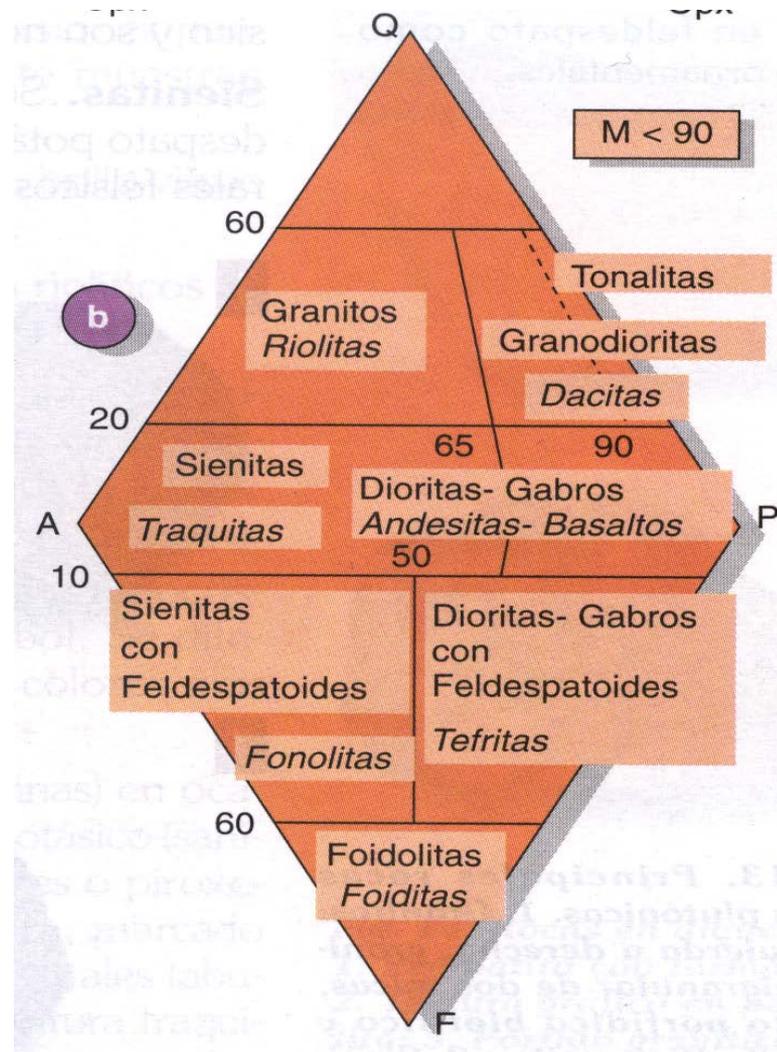
- Granitos moscovíticos, (leucogranitos).
- Granitos de dos micas (leucogranitos).
- Granitos biotíticos.
- Aplitas.
- Pegmatitas.

Granodioritas / Tonalitas.

Sienitas.

Dioritas / Gabros / Anortositas. (Diabasas)

Ultramáficas.



Rocas Volcánicas

Texturas

Las rocas **volcánicas** pueden ser vítreas o afaníticas o bien porfídicas con mesostasis afaníticas o vítrea (vitrofídicas), muchas veces fluidales y en ocasiones vacuolares.

Principales tipos

Riolitas.

Obsidianas.

Pumitas (o piedra pómez).

Dacitas.

Andesitas.

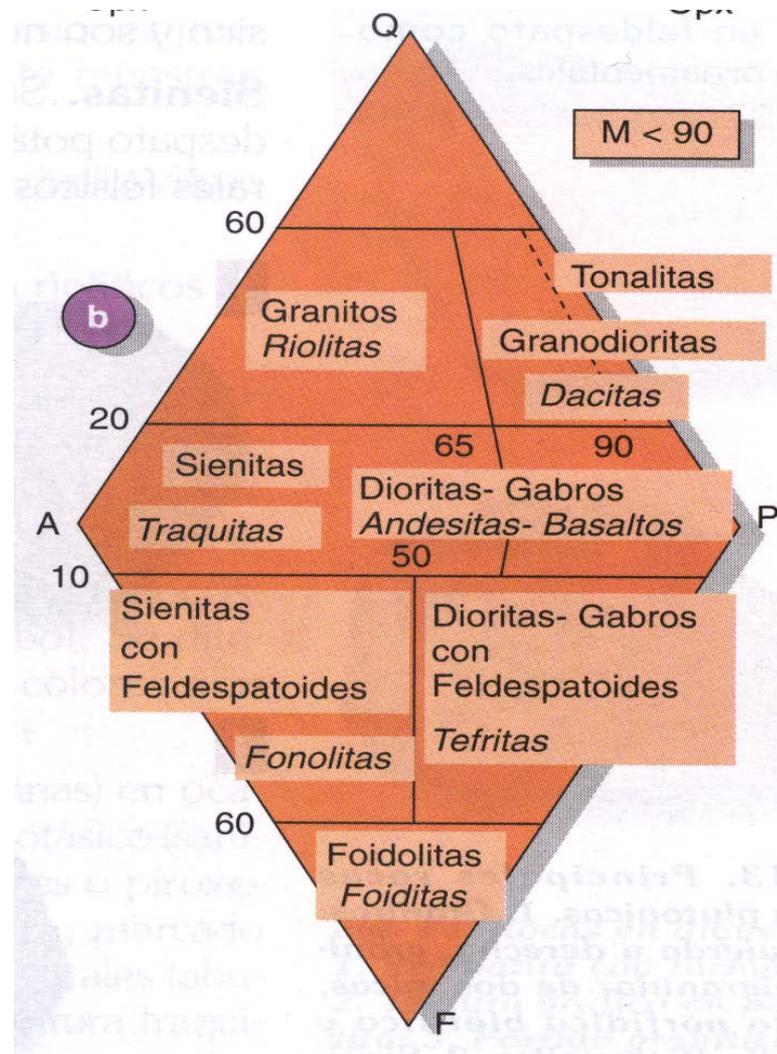
Traquitas / Fonolitas.

Basaltos / Tefritas

Escorias

Rocas Volcanoclásticas (Piroclásticas).

Aglomerados, Tobas (o tuff), Ignimbritas



Rocas ÍGNEAS

Composición química

Composición Química

Table 2-1 Chemical constituents of magmatic rocks (very rare carbonatites excluded).

Constituent	Range of concentration of constituent in magmatic rocks (in wt.%)	Rock-forming minerals (or volcanic glass) in which the constituent is present
1. Generally major constituents (>1.0 wt.%)		
SiO ₂	30–78 wt.%	In glasses and silicate minerals
Al ₂ O ₃	3–34	In glasses and silicate minerals, except olivine
Fe ₂ O ₃	0–5	In glasses, pyroxenes, amphiboles, micas, Fe–Ti oxides (sometimes higher, especially in mafic volcanic rocks, where FeO has been oxidized after extrusion of the magma)
FeO	0–15	In glasses, olivines, pyroxenes, amphiboles, biotite, Fe–Ti oxides, garnets
MgO	0–40	In glasses, olivines, pyroxenes, amphiboles, biotite–phlogopite
CaO	0–20	In glasses, pyroxenes, amphiboles, feldspars, garnets, zeolites
Na ₂ O	0–10	In glasses, feldspars, feldspathoids, amphiboles, pyroxenes, zeolites
K ₂ O	0–15	In glasses, feldspars, feldspathoids, micas
2. Generally minor constituents (0.1 to 1.0 wt.% of rock)		
H ₂ O ⁺		Structural or combined water in glasses, amphiboles, all sheet silicates, zeolites
H ₂ O ⁻		“Dampness,” or water adsorbed on grain surfaces and held in pore spaces that is driven off by heating to 110°C; also weakly bound water in zeolites and glass
TiO ₂		In glasses, pyroxenes, amphiboles, biotite, Fe–Ti oxides, sphene, rutile; sometimes a major constituent
P ₂ O ₅		In glasses, apatite
MnO		Same as for FeO
CO ₂		In glasses and carbonates
Cl		In glasses, amphiboles, micas, sodalite
F		In glasses, amphiboles, micas, fluorite
S		In glasses, sulfides
3. Trace elements (<0.1 wt.%, equivalent to <1,000 ppm; concentrations are usually listed in ppm)		

- **elementos mayores**, > 1% en peso (wt.%) de sus óxidos.

- Forman los minerales esenciales de la roca,
- Condicionan las características físicas del magma (viscosidad, densidad, et.)
- Controlan los procesos de fusión y cristalización y evolución de los magmas

- **elementos menores**, entre 0,1 y 1 % en peso.

- Sustituyen a elementos mayores en los minerales esenciales (Mn por Mg o Fe) y
- Forman minerales accesorios; apatito (P), circón (Zr), etc.

- **elementos traza**, < 0,1 % en peso. En ppm (partes por millón). (0,1%=1000 ppm)

- Nunca forman fases minerales separadas,
- Se utilizan en petrogénesis;
 - evolución de los magmas,
 - origen y génesis de los magmas,
 - discriminan tipos de magmas y procesos magmáticos.



Clasificación Química (4º criterio clasificación: química)

Contenido en Sílice

Contenido en SiO_2 expresado en % del análisis de roca total:

Rocas Ultrabásicas	$\text{SiO}_2 < \text{de } 45 \%$
Rocas Básicas	$\text{SiO}_2 \text{ de } 45 \% \text{ a } 52 \%$
Rocas Intermedias	$\text{SiO}_2 \text{ de } 52 \% \text{ a } 63 \%$
Rocas Ácidas	$\text{SiO}_2 > \text{de } 63 \%$

Análisis químicos representativos de rocas ígneas.

La variación en la composición química de las rocas ígneas, de básicas a ácidas, no sólo se refleja en el aumento en SiO_2 , sino que hay otros elementos que también varían.

Disminuyen el TiO_2 , el hierro total (FeO y Fe_2O_3), el MgO y el CaO . Aumentan el K_2O y en menor proporción el Na_2O . El Al_2O_3 , MnO y P_2O_5 puede tener valores variables, sin marcar ninguna tendencia clara.

ROCA	Básica	Intermedia	Ácida
SiO_2	49,58	57,94	72,82
TiO_2	1,98	0,83	0,28
Al_2O_3	14,79	17,02	13,27
Fe_2O_3	3,38	3,27	1,48
FeO	8,03	4,04	1,11
MnO	0,18	0,14	0,06
MgO	7,30	3,33	0,39
CaO	10,36	6,79	1,14
Na_2O	2,37	3,48	3,55
K_2O	0,43	1,62	4,30
P_2O_5	0,24	0,21	0,07
H_2O	1,41	1,17	1,41
TOTAL	100,05	99,84	99,88

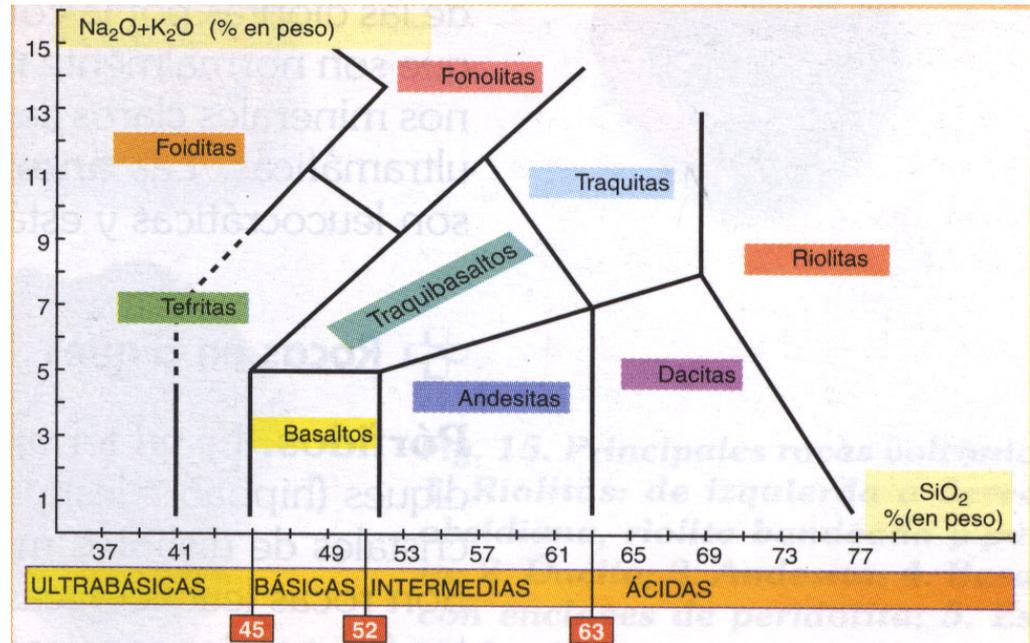
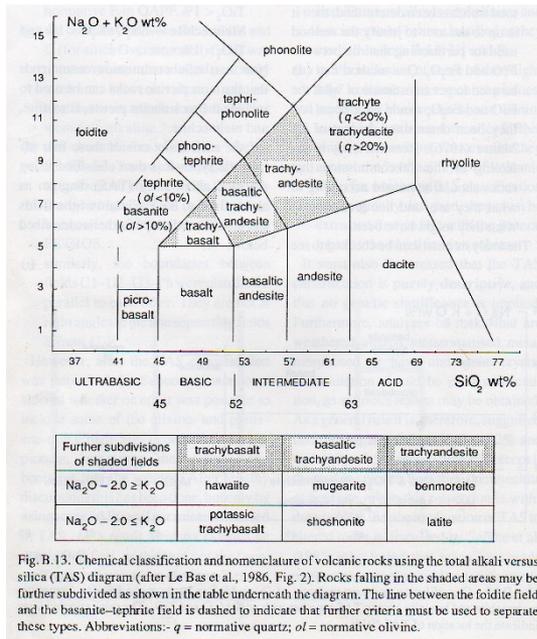


Clasificación Química

Diagrama TAS (Total Álcalis Sílice) (para rocas volcánicas)

SiO₂ frente a la suma de los álcalis (Na₂O + K₂O), todos en % en peso.
Se utiliza para clasificación química de las **rocas volcánicas**.

ol = olivino normativo, **q** = cuarzo normativo



Principales tipos de rocas Ígneas.

CLASIFICACIÓN QUÍMICA (% en peso de SiO ₂)		ULTRABÁSICAS		BÁSICAS		INTERMEDIAS		ÁCIDAS	
ÍNDICE DE COLOR (% en volumen minerales máficos)		ULTRAMÁFICAS		MELANOCRÁTICAS (MÁFICAS)		MESOCRÁTICAS		LEUCOCRÁTICAS (FÉLSICAS)	
CLASIFICACIÓN MODAL (% en volumen minerales esenciales)		10			Oi	Px	Anfi	Biot-Mosc.	Anfi
		20	Oi	Oi		Anfi	Biot.	Plag	Biot. Plag
		35	Oi		Px	Biot	Plag	Fdk	Fdk
		50		Px		Plag	Fdk	Q	
		65	Px	Px	Anfi				
		80			Plag				
		90	Plag	Plag					
ROCAS	PLUTÓNICAS	Peridotitas	Piroxenitas	Gabros	Dioritas	Granodioritas Tonalitas	Granitos	Sienitas	
	VOLCÁNICAS			Basaltos	Andesitas	Dacitas	Riolitas	Traquitas	

Oi= olivino; Px= piroxeno; Anfi= anfíbol; Biot= biotita; Mosc= moscovita; Plag= plagioclasa; Fdk= feldespato potásico; Q= cuarzo.

Índice de color vs acidez (% Si): están relacionados, pero son distintas clasificaciones basadas en criterios diferentes



Las rocas ígneas **volcanoclásticas o piroclásticas**, puesto que son rocas clásticas formadas por fragmentos de minerales y/o otras rocas ígneas (volcánicas), se clasifican siguiendo criterios de **tamaño de los fragmentos** (piroclastos), **forma** (para los de más de 64 mm) y **composición** (para las tobas o tuffs).

Table 5-1. Granulometric classification of pyroclasts and of unimodal, well-sorted pyroclastic deposits. (After Schmid, 1981)

Clast size	Pyroclast	Pyroclastic deposit	
		Mainly unconsolidated: tephra	Mainly consolidated: pyroclastic rock
64 mm	Block, bomb Bloques (angulosos) Bombas (redondeados)	Agglomerate, bed of blocks or bomb, block tephra	Agglomerate, pyroclastic breccia Aglomerado (bombas) Brechas piroclásticas (bloques)
	Lapillus	Layer, bed of lapilli or lapilli tephra	Lapillistone Tobas (tuff) de lapilli
2 mm	Coarse ash grain	Coarse ash	Coarse (ash) tuff Tobas (tuff) gruesos
1/16 mm	Fine ash grain (dust grain)	Fine ash (dust)	Fine (ash) tuff (dust tuff) Tobas (tuff) finos (de cenizas) (ash=ceniza, dust=polvo)

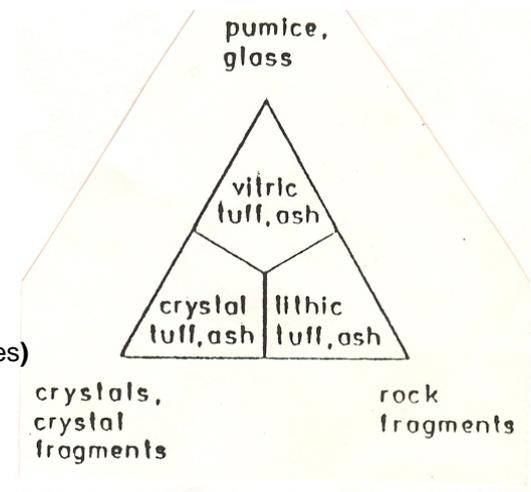


Fig. 1. Subdivision of tuffs and ashes according to their fragmental composition.

Definición y origen

- ✓ Las **rocas metamórficas** (*meta* =cambio, *morphos* =forma) se originan por cambios **texturales y mineralógicos** de rocas preexistentes de cualquier tipo (ígneas, sedimentarias u otras metamórficas), en respuesta a cambios en las condiciones de **presión, temperatura o ambiente químico**, que son diferentes de las que existían en el momento de su formación.
- ✓ Los **cambios** consisten en la **recristalización de minerales** ya existentes o en la cristalización de otros nuevos y el proceso (*metamorfismo*) se realiza esencialmente en **estado sólido (*blastesis*)**, originándose **texturas blásticas** o cristaloblásticas que son las propias de las rocas metamórficas.
- ✓ Las rocas metamórficas se forman en el interior de la corteza a temperaturas moderadas (no llega a haber fusión, excepto en la formación de migmatitas) y con un amplio rango de presiones que es función de la profundidad.



Criterios de clasificación y nomenclatura de las Rocas Metamórficas

El estudio, clasificación y nomenclatura de las rocas metamórficas es **más complejo** y está **menos sistematizado** que en las rocas sedimentarias e ígneas, en parte debido a que son varios factores los que influyen en su origen y desarrollo.

Los **criterios de clasificación y nomenclatura** de las rocas metamórficas son esencialmente cuatro:

1. La **textura/estructura** de la roca.
2. La **composición mineralógica**.
3. Las **condiciones del metamorfismo** (facies metamórfica).
4. La **naturaleza** (composición química) de la roca original (preexistente): **protolito**.

CLASIFICACION DE LAS ROCAS METAMORFICAS / nomenclatura

CRITERIOS de clasificación/nomenclatura:

1.- ESTRUCTURA

Anisótropa	grano muy fino (no visible a ojo desnudo)	pizarrosidad Slaty cleavage	Pizarra Slate
	grano fino (lustrosa)	esquistosidad schistosity	Filita
	grano medio	esquistosidad schistosity	Esquisto
	grano grueso	estructura gneíscica gneissose structure	Gneis Migmatita: parte granítica + parte esquistosa o gneíscica Cataclastita Milonita

Reducción de tamaño por deformación:

Recomendado: raíz estructural+mineral/es índice (salvo si hay otro mejor)
ejemplo: esquisto granatífero con distena y rutilo
rutile-kyanite bearing garnet schist

granate > 5%
distena > rutilo; ambos < 5%

Fábrica Isótropa	Grano medio-fino: astillable	Corneana- hornfels
	Grano medio-grueso	<ul style="list-style-type: none"> - cuarzo 80 - 100%: - Cuarzita - carbonatos: - Mármol - silicatos cálcico-magnésicos: - Skarn ó Roca Silicatos Cálcicos - feldespatos+ferromagnesianos anhidros: - Granulita - clinopiroxeno Na + granate Ca-Mg: - Eclogita

2.- Composición Química Global

- Pelita, lutita (arcilla, limo)- S	- metapelita
- Silicea- S	- cuarcita
- Q-feldespática- S-I	
- Carbonática-S	- mármol - roca silico-carbonatada - roca de silicatos cálcicos
- Básica -S I	- metabasita
- Magnésica -S I-	
- Ultrabásica- I	- metaperidotita
- Ferruginosa y Manganesífera -S	

S=Sedimentaria.- I= Ignea

-ita= alta proporción de una fase mineral (muchas excepciones)

3.- Grado ó Facies metamórfico/a

- Esquistos Verdes
- Esquistos azules
- Anfibolita
- Granulita
- Eclogita

4.- Protolito

meta-	-arcosa -basalto -gabro	+ n. protolito
orto- I	-gneis -anfibolita	+ n. metamórfico
para- S	-gneis -anfibolita	

Otros términos

"Greenstone": piedra verde; "greenschist", esquisto verde
Anfibolita: plagioclasa + hornblenda
Glaucofanita.- "blueschist", esquisto azul.- "whiteschist", etc
orto- para- (gneis, anfibolita)



1. Rocas Metamórficas según su estructura

Según su y estructura, y microestructura, las rocas metamórficas se pueden dividir en foliadas (anisótropas) y no foliadas (isótropas).

Rocas foliadas (anisótropas)

- ✓ Son las que tienen una disposición y crecimiento paralelo de los minerales, sobre todo los de hábito laminar como las micas, **microestructura lepidoblástica**, que marcan planos de discontinuidad de la roca (foliación)
- ✓ Las rocas metamórficas foliadas son características del **metamorfismo regional o dinamotérmico** como consecuencia del aumento tanto de la presión como de la temperatura que afecta a extensas áreas geográficas de forma homogénea.
- ✓ Reciben distintos nombres en función del tamaño de grano de los minerales y el grado de desarrollo de los planos de foliación, los cuales aumentan a medida que aumenta las condiciones de P y T del metamorfismo (el grado metamórfico)

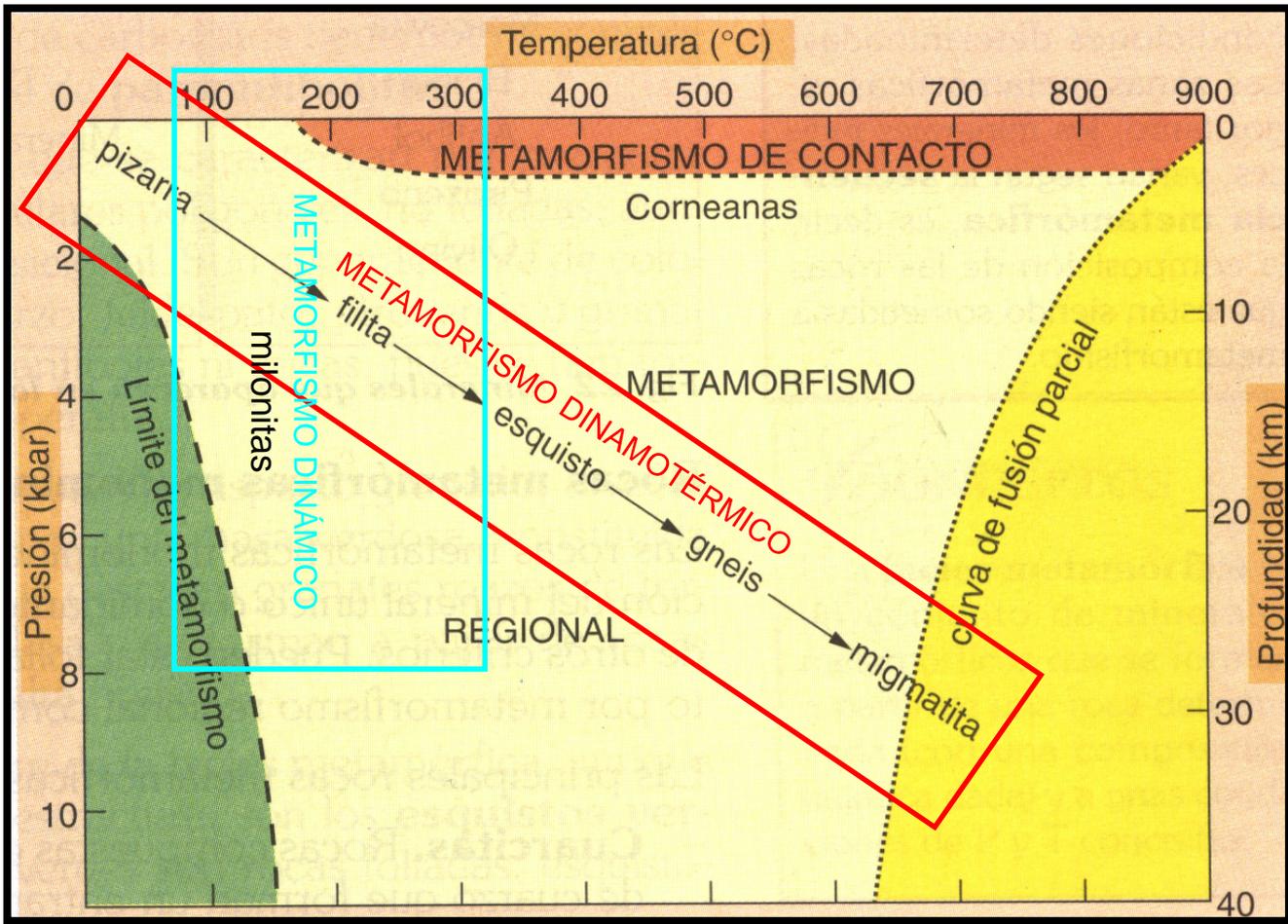
Estructuras: **Pizarrosidad → Esquistosidad → Estructura gneísica**
Rocas: **Pizarras → Filitas → Esquistos → Gneises → Migmatitas**

1. Rocas Metamórficas según su estructura (cont.)

Rocas foliadas con texturas cataclásticas

- ✓ Las **texturas cataclásticas**, son originadas por fracturación y trituración de los minerales, produciendo su fragmentación y granulación, con lo que la roca tiene un aspecto brechoide, de grano fino o muy fino, a veces bandeada.
- ✓ Estas texturas se producen como respuesta a la deformación, bajo presión dirigida y a temperaturas relativamente bajas, y son propias de rocas del **metamorfismo dinámico** o **dinamometamorfismo** que afecta a áreas localizadas ligadas a zonas de deformación (fallas o cabalgamientos).
- ✓ Las rocas características de este tipo de metamorfismo son las **milonitas**.

1. Rocas Metamórficas según su estructura: **foliadas**



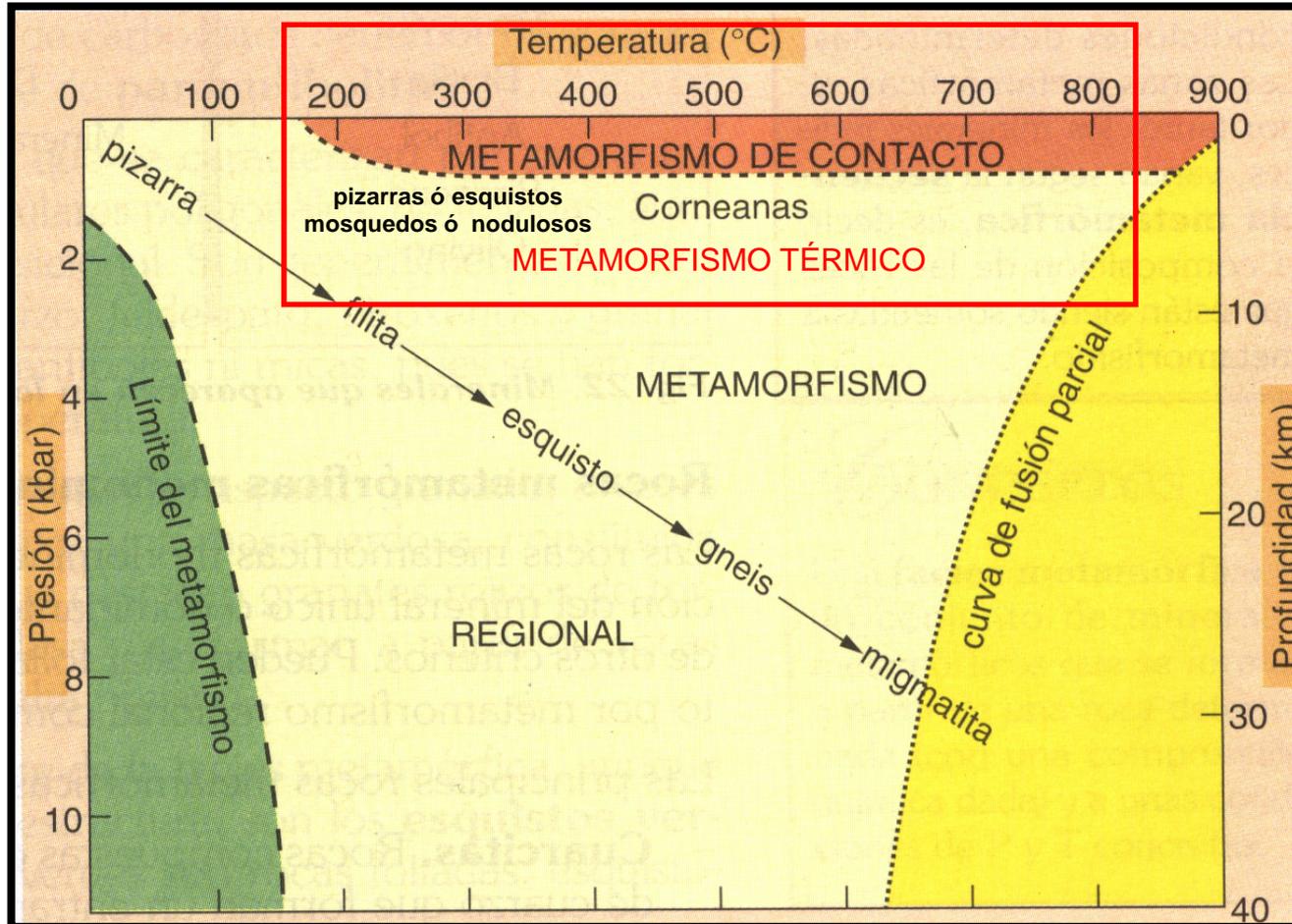
1. Rocas Metamórficas según su estructura (cont.)

Rocas no foliadas (isótropas)

- ✓ Las rocas no foliadas se caracterizan por presentar un aspecto masivo, como agregados granudos o nodulosos: **estructura granofels**.
- ✓ Este aspecto es el reflejo de **microestructuras granoblásticas** en las que un agregado de cristales equidimensionales, no orientados, dan a la roca un aspecto granudo. O bien **microestructuras poiquiloblásticas** por la recristalización estática de grandes cristales no orientados que engloban a otros de menor tamaño dando a la roca un aspecto noduloso y borrándose la foliación previa.
- ✓ Son rocas características del **metamorfismo térmico o de contacto** que afecta a zonas próximas a cuerpos ígneos intrusivos (batolitos o plutones) que producen recristalización estática de minerales por el aumento de temperatura asociada a las intrusiones.
- ✓ Su composición mineralógica, y como consecuencia el aspecto y color, dependen de la roca original y de la proximidad al foco térmico:

Corneanas → Pizarras o esquistos nodulosos

1. Rocas Metamórficas según su estructura: **isótorpas**



2. Rocas Metamórficas según su composición mineralógica: Minerales índice

El nombre dado a la roca metamórfica en función de alguno de los otros criterios se puede completar añadiendo el de alguno o algunos de los minerales metamórficos significativos = **minerales índice** (p.e. esquisto granatífero, esquisto con cloritoide y estaurolita, etc)

- ✓ **Mineral índice** es un mineral para cuya formación se necesitan unas determinadas condiciones de P y T.
- ✓ Su presencia indica una **zona metamórfica**, que es una zona de la corteza terrestre donde se han alcanzado esas condiciones determinadas.
- ✓ Las zonas metamórficas, y, por tanto, los minerales índices, varían según la composición de las rocas que están siendo sometidas a metamorfismo, lo que se denomina **secuencia metamórfica**.

Minerales comunes en rocas metamórficas e ígneas	Minerales comunes en rocas metamórficas y sedimentarias	Minerales que aparecen sólo (o esencialmente) en rocas metamórficas
Cuarzo Feldespato Moscovita Biotita Anfíbol Piroxeno Olivino	Cuarzo Moscovita Calcita Dolomita Minerales arcillosos (Los minerales máficos y aluminicos de las rocas ígneas y metamórficas se alteran más fácilmente y dan los minerales arcillosos)	Cloritoide Granate Andalucita Distena Sillimanita Estaurolita Cordierita Epidota Clorita

2. Rocas Metamórficas según su composición mineralógica: **Rocas monominerálicas**

- ✓ Las rocas metamórficas monominerálicas se clasifican o denominan en función del mineral único o dominante que las constituye, independientemente de otros criterios.
- ✓ Las principales rocas metamórficas monominerálicas son:
 - **Cuarcitas** (cuarzo)
 - **Mármoles** (calcita / dolomita)
 - **Serpentinitas** (serpentina)
- ✓ Pueden estar foliadas o no foliadas y pueden haberse originado por tanto por metamorfismo regional o por metamorfismo de contacto.

3. Rocas Metamórficas según las condiciones metamórficas: **Facies metamórfica**

- ✓ Una facies metamórfica es un conjunto de minerales metamórficos que se forman a partir de una roca determinada (con una composición química dada) y en un intervalo de P y T concretas.
- ✓ Algunos de los nombres que designan las facies metamórficas se utilizan también de forma descriptiva para referirse a rocas con unas características texturales y mineralógicas determinadas, independientemente de que pertenezcan o no exactamente a la facies de la que toman el nombre (aunque generalmente también se han formado en esas condiciones). Las principales son:
 - **Anfibolitas**
 - **Granulitas**
 - **Eclogitas**
- ✓ Algunas rocas en parte toman su nombre de la facies metamórfica, aunque en parte hace también referencia a su estructura, como
 - **esquistos verdes y**
 - **esquistos azules.**

3. Rocas Metamórficas según las condiciones metamórficas: Facies metamórfica

Anfibolitas. Están compuestas por plagioclasa y anfíbol (hornblenda), que le da un color verde oscuro a la roca. Pueden tener o no granate. Se presentan normalmente con aspecto masivo, no foliadas, aunque con una cierta lineación por el hábito prismático del anfíbol. A veces, son bandeadas por la alternancia de niveles más claros ricos en plagioclasa y otros oscuros con más anfíbol. Las anfibolitas se forman por el metamorfismo regional de rocas ígneas de composición básica (tanto lavas como diques o sill), entonces se denominan **ortoanfibolitas**, o a partir de calizas o rocas sedimentarias carbonatadas impuras (es decir que además de carbonatos tienen otros componentes) en cuyo caso son **paraanfibolitas**. (210, 472)

Granulitas. Las granulitas son rocas que se caracterizan por presentar aspecto granudo con texturas equigranulares poligonales, no foliadas, aunque pueden tener un bandeo composicional. Son generalmente de colores claros y están compuestas por cuarzo, feldespato, piroxenos y granate y no tienen minerales hidratados, ni anfíboles ni micas, pues se han formado en condiciones de muy alta temperatura. (143, 147)

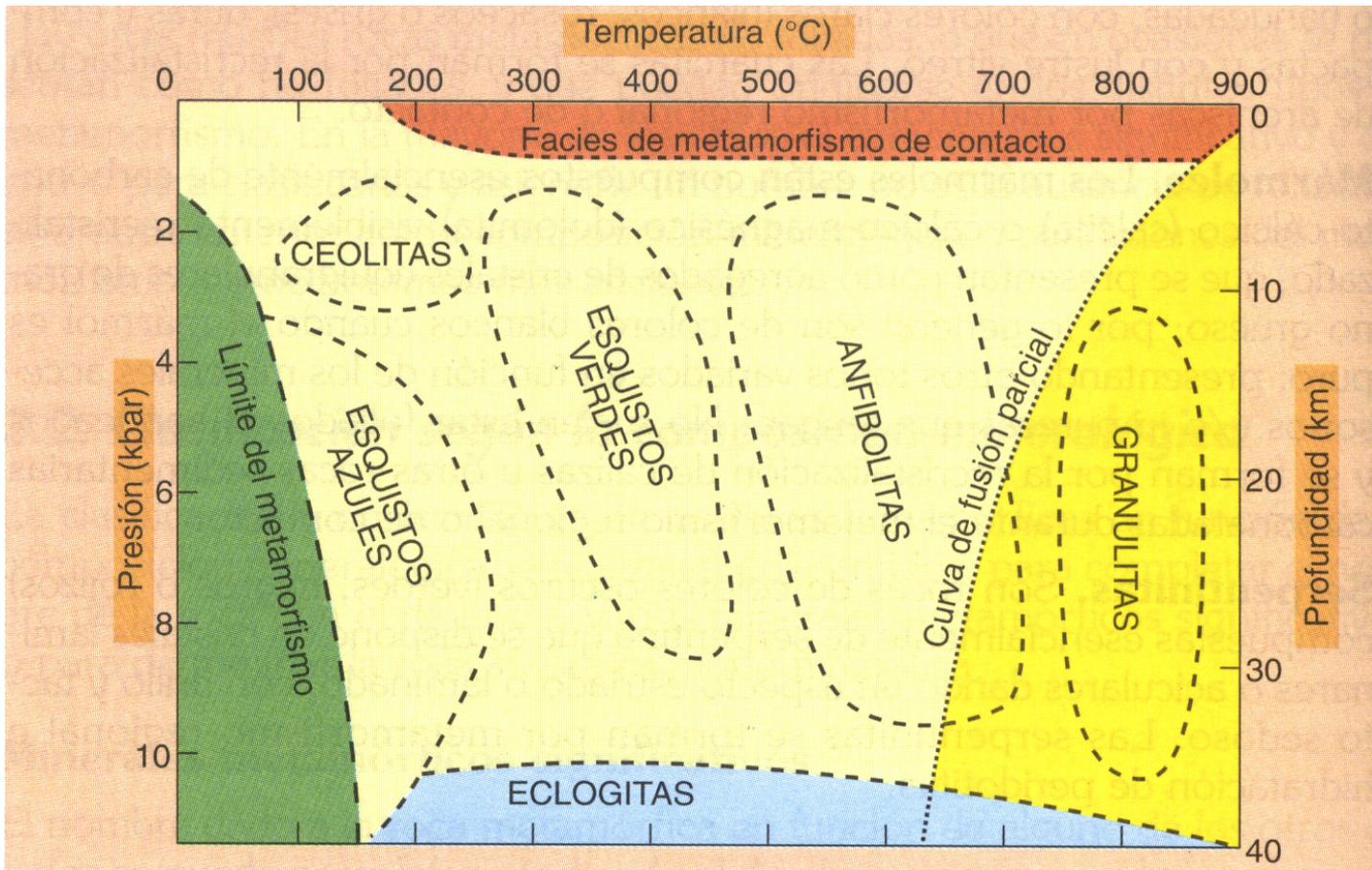
Eclogitas. Las eclogitas son rocas también de aspecto granudo, a veces algo foliadas o bandeadas, formadas por una masa verdosa, constituida por onfacita (un piroxeno), sobre la que destacan granates rojizos de formas redondeadas. No tienen plagioclasa y se forman a partir de rocas ígneas básicas por metamorfismo a presión muy alta. (388, 749)

Esquistos verdes. Son rocas foliadas, esquistosas, de color verde y compuestas predominantemente de clorita, epidota y actinolita, originadas por metamorfismo de rocas ígneas de composición básica.

Esquistos azules. Son rocas foliadas, esquistosas, cuyo color azul oscuro característico se debe a la presencia de anfíboles sódicos (glaucofán y crossita) que tienen ese color.



3. Rocas Metamórficas según la facies metamórfica: Facies Metamórficas



4. Rocas Metamórficas según la naturaleza de la roca original (composición química del **protolito**): **Secuencias Metamórficas**

Todas las rocas metamórficas pueden agruparse en **4 secuencias** metamórficas:

- ✓ - Secuencia **pelítica** (o pelitas).
- ✓ - Secuencia **cuarzo-feldespática**.
- ✓ - Secuencia **carbonatada**.
- ✓ - Secuencia **básica (o máfica)**.

4. Rocas Metamórficas según la naturaleza de la roca original: Secuencias Metamórficas (cont.)

- ✓ - **Secuencia pelítica (o pelitas).** Es la formada por todas las rocas metamórficas que se han originado a partir de sedimentos y rocas sedimentarias ricas en minerales arcillosos, micas u otros filosilicatos. A la secuencia pelítica pertenecen las **pizarras, filitas y esquistos** ricos en micas y otros minerales alumínicos del metamorfismo regional (granate, estauroлита, distena, sillimanita) así como las **corneanas** con cordierita y andalucita del metamorfismo de contacto.
- ✓ - **Secuencia cuarzo-feldespática.** Está constituida por rocas ricas en cuarzo y feldespatos, en distintas proporciones, como **cuarcitas, esquistos cuarcíticos, gneises y granulitas**. Pueden tener cantidades variables de micas y filosilicatos existiendo términos intermedios con la secuencia pelítica. Las rocas originales pueden ser tanto sedimentarias, del grupo de las areniscas en general, como ígneas, rocas plutónicas y volcánicas de composición ácida y por tanto ricas en cuarzo y feldespato.

4. Rocas Metamórficas según la naturaleza de la roca original: Secuencias Metamórficas (cont.)

- ✓ - **Secuencia carbonatada.** Los **mármoles**, formados por el metamorfismo de calizas, son la roca más característica de esta secuencia. En ocasiones el carbonato de calcio no es el mineral dominante sino que hay distintos silicatos ricos en calcio (como plagioclasas, anfíboles o piroxenos cálcicos, granate de tipo grossularia, etc. y abundante cuarzo) que constituyen **rocas calcosilicatadas** que son el producto del metamorfismo de rocas sedimentarias con carbonatos.
- ✓ - **Secuencia básica (o máfica).** Es la formada a partir de rocas ígneas de composición básica o intermedia, incluyendo lavas, intrusiones menores relacionadas o rocas piroclásticas. Las **anfibolitas** y **eclogitas** son las rocas más características de esta secuencia a la que también pertenecen los **esquistos verdes** y algunos tipos de **granulitas**.

Asociaciones minerales características para distintas **secuencias** en distintas condiciones (**facies**) de metamorfismo regional.

Con asterisco (*) los que son minerales índice.

Grado metamórfico = intensidad del metamorfismo (indicada por la T y P máximas para cada grado)

Intensidad del metamorfismo		ASOCIACIONES MINERALES			Facies metamórfica
		Secuencia pelítica	Secuencia carbonatada	Secuencia básica	
bajo		clorita*, cuarzo, moscovita, plagioclasa.	clorita*, calcita o dolomita, plagioclasa.	clorita*, plagioclasa.	Esquistos verdes
		biotita*, cuarzo, plagioclasa, andalucita/distena.			
medio		granate*/cordierita*, mica, cuarzo, plagioclasa.	granate* epidota hornblenda, calcita.	granate*, clorita, epidota, plagioclasa.	Anfibolita
		estauroлита*, mica, granate, cuarzo, plagioclasa.	hornblenda*, granate, calcita, plagioclasa, piroxeno.		
alto		distena*, mica, granate, cuarzo, plagioclasa.	piroxeno* granate, plagioclasa, calcita.	hornblenda*, plagioclasa.	Granulita
		sillimanita*, granate, mica, cuarzo, feldespato potásico.			
muy alto	alta T	sillimanita*, granate, cuarzo, feldespato potásico.	piroxeno, granate, calcita.	piroxeno*(onfacita), granate.	Eclogita
	alta P	jadeita*, distena, cuarzo.			

Rocas meta-, orto- y para-

meta-

- ✓ El prefijo **meta-** delante del nombre de una roca se utiliza para indicar que la roca ya ha sufrido un proceso metamórfico, en mayor o menor grado, aunque todavía se reconocen en ella determinadas características de la roca original.
- ✓ El término referido a la roca original puede ser más o menos preciso, dependiendo de las características de ella que todavía puedan ser reconocidas.
- ✓ Así, podemos hablar de rocas metasedimentarias, metapelíticas o metaareniscas. O bien, metabasitas, metavulcanitas básicas, o metabasaltos. etc.

orto- y para-

- ✓ Los prefijos orto- y para- se utilizan para aquellas rocas metamórficas que pueden originarse tanto a partir de rocas ígneas en cuyo caso serían ortoderivadas, como sedimentarias y entonces son paraderivadas.
- ✓ Este es el caso de los gneises y de las anfibolitas.
- ✓ El determinar el carácter orto- o para- de una roca no es fácil y sólo se puede conseguir, y no siempre, combinando datos de la observación de las relaciones de campo, estudio petrográfico detallado y análisis químicos de la roca

Enlaces – Atlas, Fotos y terminología Rocas

Generales:

Guía Interactiva de Minerales y Rocas - Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes (ETSI Montes) - Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

<http://www2.montes.upm.es/dptos/dsrn/edafologia/aplicaciones/gimr/indice.html>

Atlas de rocas - Universidad de Granada (UGR)

<http://edafologia.ugr.es/rocas/granito.htm>

Rocas Sedimentarias:

Atlas de Petrología Sedimentaria _ Universidad Complutense de Madrid (UCM)

<https://webs.ucm.es/info/petrosed/>

Rocas Ígneas:

Atlas de Rocas Ígneas - Universidad Complutense de Madrid (UCM)

<https://petroignea.wordpress.com/>

Rocas Metamórficas:

Atlas de rocas - Universidad de Granada (UGR)

<http://edafologia.ugr.es/rocas/granito.htm>

Vocabulario de Rocas, Sedimentos y Formaciones Superficiales – Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

<http://www.igme.es/Publicaciones/publiFree/Vocabulario%20de%20rocas%20edici%C3%B3n%20final.pdf>

