Tema 4: MINERALOGÍA Y PETROLOGÍA: DE LOS ÁTOMOS A LAS ROCAS

CONTENIDOS DEL TEMA: Mineralogía y Petrología: de los átomos a las rocas"

👉 **El tema comienza desde lo microscópico (átomos, minerales) hasta lo macroscópico (rocas y ciclo geológico)**.

Bloques principales:

1. **Definiciones básicas**
2. **Minerales formadores de rocas**
3. **Clasificación de las rocas**
4. **Rocas ígneas**
5. **Rocas sedimentarias**
6. **Rocas metamórficas**
7. **Ciclo de las rocas**

Este es un tema **estructural**, y fundamental para entender todo lo demás en Geología.

⇒ **DEFINICIONES BÁSICAS**

Las rocas constan de cristales o granos más pequeños denominados minerales.

→ **Ideas fundamentales:**

1. **Una roca NO es una sustancia simple**
   Es un **agregado** de minerales.
2. **Los minerales pueden ser:**
   - microscópicos (no visibles a simple vista),
   - macroscópicos (cristales visibles).
3. **La roca depende de sus minerales**
   - su color,
   - su dureza,
   - su resistencia,
   - su aspecto.
4. **Textura**
   Se define como:
   - tamaño,
   - forma,
   - disposición de los minerales.

   👉 La textura **no es estética**, es información geológica.
5. **Mensaje clave del profesor**
   La textura es el reflejo de los procesos geológicos que la crearon.

Es decir: **mirando una roca se puede deducir su historia**.

⇒ **DEFINICIONES FUNDAMENTALES**

Estos son los conceptos básicos que se deben de manejar con precisión.

→ **MINERAL**

Sustancia:

- sólida,
- inorgánica,

- natural,
- con **composición química definida**,
- con **estructura cristalina tridimensional ordenada**.



👉 Esta definición excluye:

- líquidos (mercurio),
- materiales artificiales (vidrio),
- sustancias orgánicas (petróleo).

→ **CRISTAL**

Es **la forma geométrica externa** que adopta un mineral **cuando crece libremente**.

Importante:

- No todos los minerales aparecen como cristales bien formados.
- El cristal refleja la **estructura interna**.

→ **VIDRIO**

Sólido inorgánico **amorfo**:

- no tiene estructura cristalina,
- ejemplo típico: vidrio volcánico (obsidiana).

👉 Esto es clave para diferenciar **minerales** de **vidrios**.

→ **ROCA**

Agregado natural:

- coherente o no,
- formado por uno o más componentes sólidos:
  - minerales,
  - clastos,
  - fósiles, etc.



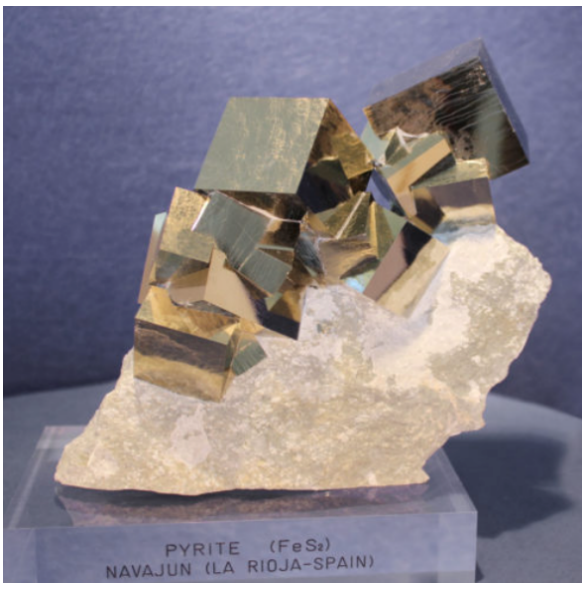
Las fases minerales y sus relaciones texturales reflejan los ambientes físico-químicos por los que ha pasado la roca.

Es decir: **la roca es un archivo geológico**.

⇒ **MINERALES FORMADORES DE ROCAS**

Para entender las rocas, primero hay que dominar los minerales, para ello vamos a estudiar los minerales desde cinco puntos de vista:

1. **4.2.1. Los minerales y su estructura**
   → cómo están organizados los átomos.
2. **4.2.2. La formación de minerales**
   → cómo se generan en la naturaleza.
3. **4.2.3. Propiedades de los minerales**
   → cómo los reconocemos e identificamos.
4. **4.2.4. Clasificación de los minerales**
   → cómo se ordenan en grandes grupos químicos.
5. **4.2.5. Los minerales como recurso**
   → utilidad económica, industrial y energética.



→ Etimología de la Pirita: Procede su nombre del vocablo griego "*pyr*" que significa fuego, ya que al golpearla con cualquier otro mineral hace saltar chispas.

- Dureza: 6-6,5
- Color: Amarillo, pajizo
- La Raya: Verdoso-negro
- Lustre: Metálico
- Fractura: Concoidea, irregular

⇒ LOS MINERALES Y SU ESTRUCTURA (DEFINICIÓN RIGUROSA)

Esta es la **definición completa y académica de mineral**, que se debe de manejar con precisión.

→ Definición esencial

Un mineral es una sustancia que cumple **todas** estas condiciones:

1. **Sólido a temperatura ambiente**
   - Se excluyen líquidos (mercurio) y gases.
   - El hielo es un caso discutido, pero se suele aceptar.
2. **Origen natural**
   - No se consideran minerales los materiales artificiales:

vidrio, porcelana, diamantes sintéticos.

3. **Inorgánico**
   - No procede directamente de seres vivos.
   - No incluye compuestos orgánicos típicos (petróleo, carbón, ámbar).
4. **Estructura cristalina**
   - Los átomos están ordenados en una **red tridimensional repetitiva**.
   - Por eso se excluyen los **vidrios volcánicos**.
5. **Composición química definida y homogénea**
   - Fórmula química concreta (con pequeñas variaciones).
   - Cualquier fragmento del mineral es químicamente igual a otro.

Idea clave para retener:

👉 **Si falla una sola de estas condiciones, NO es un mineral.**

→ Elementos químicos y enlace en los minerales

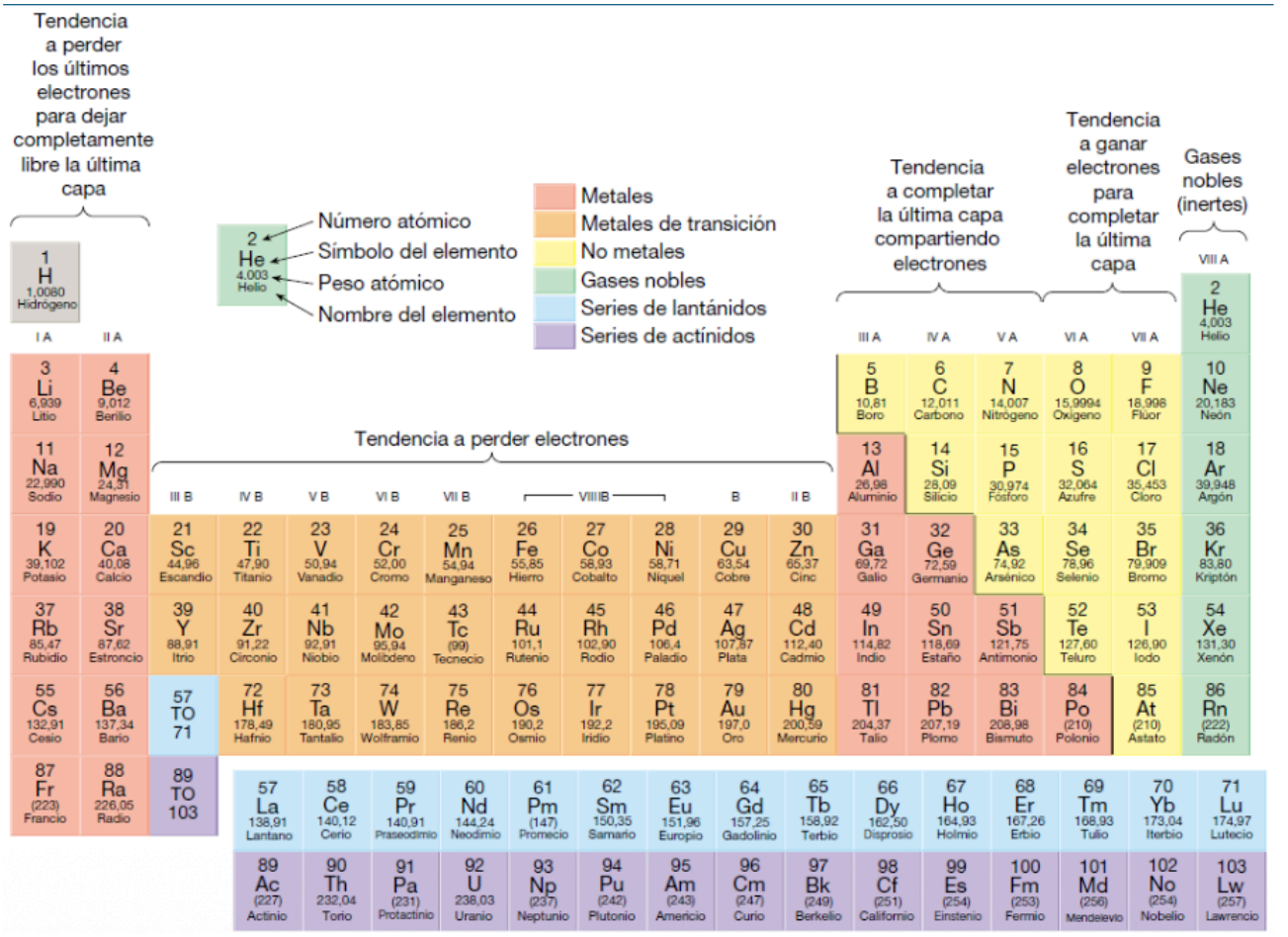
Aquí entramos en la **base atómica** de los minerales.

Ideas fundamentales

1. **Elementos naturales**
   - De los 112 elementos conocidos, **92 aparecen de forma natural**.
2. **La mayoría de los minerales son compuestos**
   - Formados por **dos o más elementos**.
   - Excepto los elementos nativos: Au (oro), S (azufre), C (carbono).
3. **Regla del octeto**
   - Los átomos tienden para alcanzar estabilidad a:
     - ganar,
     - perder,
     - o compartir electrones
4. **Iones**
   - Un **ion** es un átomo o molécula que ha ganado o perdido uno o más electrones, adquiriendo así una carga eléctrica positiva (catión) o negativa (anión).
   - Los enlaces iónicos neutralizan la repulsión eléctrica.

5. **Número atómico**
    - Igual al número de protones.
    - Determina el comportamiento químico del elemento.

👉 **La estructura de los minerales depende de cómo se enlazan los átomos**, no solo de qué átomos hay.



⇒ LA FORMACIÓN DE MINERALES

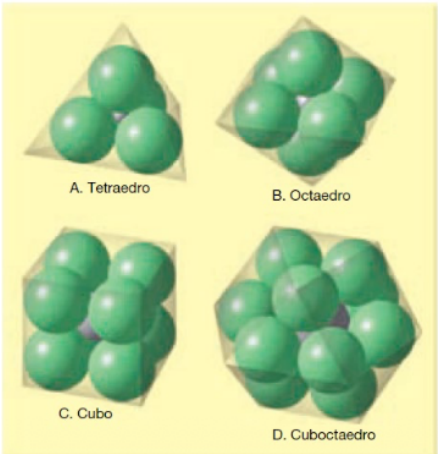
Veamos ahora cómo se organizan los átomos cuando se forma un mineral.

→ Ideas fundamentales

1. **La estructura cristalina no es aleatoria**

La disposición de los átomos sigue **reglas físicas y químicas muy estrictas**.

2. **Neutralidad eléctrica**
    - Cada ion se rodea del **mayor número posible de iones de carga contraria**.
    - El conjunto debe ser eléctricamente neutro.
    - Esto explica por qué ciertos iones siempre aparecen asociados.
3. **Red cristalina**
    - Los átomos se repiten de forma regular en el espacio.
    - Esa repetición genera una **estructura tridimensional ordenada**.
    - La repetición explica:
        - la forma externa del cristal,
        - la exfoliación,



- la dureza,
- muchas propiedades físicas.

→ **La forma del cristal es consecuencia directa de la organización interna de los átomos.**

→ **Polimorfismo e isomorfismo**

Estos conceptos son **muy importantes**:

👉 **Polimorfos**

- **Misma composición química**,
- **estructura cristalina diferente**.



Ejemplo clásico:

- **Diamante** y **grafito**

Ambos son carbono puro, pero:

- el diamante es extremadamente duro,
- el grafito es blando.

👉 La diferencia está **solo en cómo se ordenan los átomos**.

👉 **Isomorfos**

- **Composición química distinta**,
- **estructura cristalina igual**.



Ejemplo:

- **Halita (NaCl-cloruro de sodio)**
- **Galena (PbS- azufre y plomo)**

👉 Tienen estructuras similares porque los iones encajan de manera parecida. **La estructura cristalina puede ser más importante que la composición química.**

⇒ **PROPIEDADES DE LOS MINERALES (VISIÓN GENERAL)**

⇒ **Cómo identificar minerales en la práctica**.

Propiedades observables o medibles fácilmente:

⇒ **Forma cristalina**: Expresión externa del orden interno. Solo se desarrolla bien si el cristal crece con espacio suficiente.

⇒ **Brillo:** Aspecto de la luz reflejada:

- Metálico.
- No metálico: vítreo, perlado, sedoso, resinoso, mate.

⇒ **Color:** Inherente: propio del mineral.

- Exótico: debido a impurezas (muy común).
- ⚠️ El color puede engañar.

⇒ **Raya:** Color del mineral en polvo. Es mucho más fiable que el color externo.

⇒ **Dureza:** Resistencia al rayado. Se mide con la **escala de Mohs**.

⇒ **Exfoliación o fractura:**

- Exfoliación: rotura según planos definidos.
- Fractura: rotura irregular.
- No confundir con la forma cristalina.

⇒ **Peso específico:** Relación entre el peso del mineral y el del agua. Ayuda a distinguir minerales visualmente parecidos.

👉 Además, hay otras **propiedades especiales**:

- magnetismo,
- sabor (halita),
- tacto,
- olor,
- elasticidad,
- reacción con ácidos,
- birrefracción.

⇒ **Forma cristalina: ejemplos de tres minerales clásicos:**



Cuarzo

- Sistema trigonal.
- Estructura: hélices de tetraedros SiO_2.
- Forma típica: prismas hexagonales con pirámides.



Halita

- Sistema cúbico.
- Red de Na^+ (sodio con carga positiva) y Cl^- (cloro con carga negativa.
- Forma típica: cubos perfectos.



Calcita

- Sistema romboédrico.
- Capas de CO_3^{2-} con Ca^{2+}.
- Formas: romboedros y escalenoedros.

👉 **La forma externa de cada uno refleja la estructura interna.**

⇒ **Propiedad: dureza según la escala de Mohs**

- La escala de Mohs es una relación de diez minerales ordenados por su dureza, de menor a mayor. Se utiliza como referencia de la dureza de un material dado.
- Es una escala **relativa**, no absoluta.
- Un mineral raya a los que están por debajo.

Dureza de Mohs	Mineral	Comentario
1	Talco	Se puede rayar facilmente con la uña
2	Yeso	Se puede rayar con la uña con más dificultad
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre
4	Flourita	Se puede rayar con un cuchillo de acero
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con un cuchillo
6	Ortosa	Se puede rayar con una lija para el acero
7	Cuarzo	Raya el vidrio
8	Topacio	Rayado por herramientas de carburo de wolframio
9	Corindón	Rayado por herramientas de carburo de silicio
10	Diamante	El material más duro en esta escala (rayado por otro diamante).



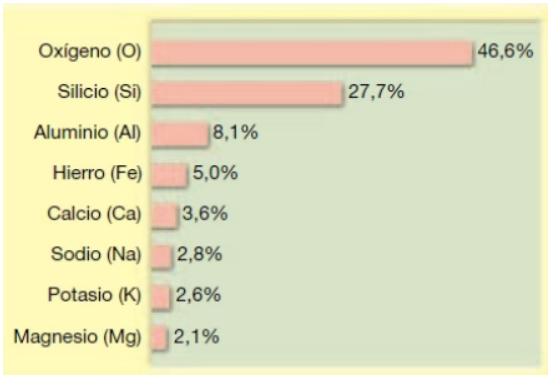
Ejemplo:

- Cuarzo (7) raya al feldespato (6).
- El diamante (10) raya a todos.

⇒ CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES (VISIÓN GENERAL)

Entramos en el **criterio químico** para ordenar los minerales.

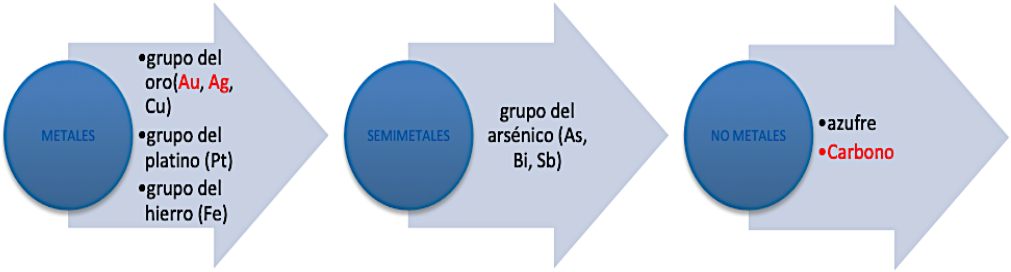
1. Se conocen **más de 5.300 minerales**, pero **solo una docena** son realmente abundantes y **formadores de rocas**.
2. **Ocho elementos:** O (oxígeno), Si (silicio), Al (aluminio), Fe (hierro), Ca (calcio), Na (sodio), K (potasio), Mg (magnesio) son los que constituyen la mayor parte de la corteza terrestre.
3. La clasificación clásica del geólogo, mineralogista, J. D. Dana, 1837, clasificó los minerales en base a sus **radicales aniónicos**[1].
4. Forman dos grandes grupos:
   - **Silicatos** (los más abundantes; >90% de la corteza).
   - **No silicatos** (todos los demás).



👉 **Mensaje de fondo:** para entender la Tierra, hay que dominar **los silicatos**.

⇒ **Clase I: Elementos nativos:** Minerales formados por **un solo elemento químico** sin combinarse con otros o en pequeñas cantidades.

Subgrupos:
- **Metales**
- **Semimetales**
- **No metales**



👉 Suelen ser **escasos**, pero pueden concentrarse en **placeres**[2] por procesos sedimentarios.

---

[1] El **radical aniónico** es un anión (un grupo de átomos con carga negativa) que, además, posee un electrón desapareado.
Características principales:
- **Carga Negativa:** Como anión, tiene un exceso de electrones, lo que le confiere una carga negativa neta.
- **Electrón Desapareado:** La presencia de un electrón "soltero" (indicado con un punto, como en OH·) es lo que define su naturaleza radicalaria.
- **Alta Reactividad:** Esta característica lo hace muy inestable y propenso a reaccionar para completar su octeto electrónico, a menudo actuando como electrófilo o nucleófilo.
- **Origen:** Se forman por la pérdida de uno o más átomos de hidrógeno de un ácido, o por la adición de un electrón a una molécula neutra, como el radical hidroxilo (·OH) que gana un electrón para formar el anión hidróxido (OH^-).

Ejemplos:
- **Radical hidroxilo (·OH):** Un radical neutro con un electrón desapareado. Al ganar un electrón se convierte en el ión hidróxido **(OH^-)**, que es un anión pero ya no un radical.
- **Radical benceno (C_6H_5·):** Un radical neutro; si gana un electrón se convierte en el anión benceno ($C_6H_5^-$), un radical aniónico.
- **Radicales de ácidos:** Al ionizar un ácido, se forman radicales que son aniones, por ejemplo, del ácido clorhídrico (HCl) se forma el radical cloruro (Cl^-).

[2] Un **placer** (o yacimiento de tipo placer) es una acumulación de minerales valiosos mezclados con arena o grava en el lecho de un río, una playa o un desierto.
Imaginemos que el oro está esparcido en una montaña dentro de toneladas de roca común. El "placer" es el lugar donde ese oro se ha juntado después de que la montaña se desgastara.

⇒ **Clase II: Sulfuros:** Combinación de **metal + azufre (S^{2-})**.

Importancia

- Muchos son **menas metálicas** (hierro, cobre, plomo, zinc…).

Argentita	SAg_2
Calcosina	SCu_2
Niquelita	AsNi
Pirita	**S_2Fe**
Millerita	SNi
Cobaltina	SAs(CoFe)
Bornita	S_4Cu_5Fe
Pentlandita	S(Fe,Ni)
Marcasita	S_3Fe
Galena	**SPb**
Covelina	Scu
Arsenopirita	SAsFe

Arsenopirita	SAsFe
Pentlandita	S(Fe,Ni)
Marcasita	S_3Fe
Covelina	Scu
Arsenopirita	SAsFe
Blenda	SZn
Cinabrio	**SHg**
Molibdenita	S_3Mo
Calcopirita	S_2CuFe
Rejalgar	SAs
Calaberita	Te_3Au
Estanina	S_4Cu_2FeSn

Oropimente	S_3As_2
Silvanita	$Te_{3((}Au,Ag)$
Greenockita	SCd
Estibina	S_3Sb_2
Scutterudita	$As_3(Co,Ni,,Fe)$
Pirrotina	SFe_{1-x}
Bismutina	S_3Bi_2

Ejemplos destacados

- **Pirita (FeS_2), Galena (PbS), Blenda (ZnS), Calcopirita ($CuFeS_2$), Cinabrio (HgS)**.

Rasgo común: brillo metálico y alta densidad.

Pirargirita	**S_3SbAg_3**
Proustita	S_3AsAg_3
Tetraedrita	$S_{13}Sb_4Cu_{12}$
Tennantita	$S_{13}As_4Cu_{12}$
Enargita	S_4AsCu_3
Bournonita	$S_3SbPbCu$
Jamesonita	$S_{14}Sb_6Pb_4Fe$

⇒ **Clase III: Sulfosales**

Minerales compuestos por un metal + un **semimetal (As, Sb, Bi)** + azufre.



Clave distintiva

- **Estructura cristalina más compleja** que los sulfuros.

Ejemplos

- **Pirargirita**, **Proustita**, **Tetraedrita**, **Enargita**.

⇒ **Clase IV: Óxidos e hidróxidos**

Los óxidos e hidróxidos son minerales en los que el oxígeno (O^{2-}) o el grupo hidroxilo (OH^-) se combina con uno o varios metales.

- Son **menas** de muchos metales ya que son considerados de gran importancia económica.

Ejemplos:

- **Hematites (Fe_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4), Corindón (Al_2O_3), Rutilo (TiO_2)**.
- Hidróxidos: **Goethita**, **Bauxita**.

$TIPO\ A_2O$	Cuprita Cu_2O	Cincita ZnO					
$TIPO\ AB_2O_4$	Espinela $ZnAl_2O_4$	Ganhita $MgAl_2O_4$	**Magnetita Fe_3C_4**	Franklinita $(Zn,Fe,Mn)(Fe,Mn)_2O_4$	Cromita $FeCr_2O_4$	Crisoberilo $BeAl_2O_4$	Columbita $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$
$TIPO\ A_2O_3$	**Hematites Fe_2O_3**	Corindón Al_2O_3	Ilmenita $FeTiO_3$				
$Tipo\ AO_2$	Rutilo TiO_2	**Pirolusita MnO_2**	Casiterita SnO_2	Uraninita UO_2			
HIDROXIDOS	Brucita $Mg(OH)_2$	Manganita MnO(OH)	Psilomelana $(Ba,H_2O)_2Mn_5O_{10}$	Diaspora HAlO2	Gohetita $HFeO_2$	Bauxita hidratos de Al	





⇒ **Clase V: Haluros**

La clase química de los haluros se caracteriza por el predominio de iones halógenos electronegativos: Metal + **halógeno** (Cl^-, F^-, Br^-, I^-).

Halita	**ClNa**
Silvina	**ClK**
Querargirita	ClAg
Criolita	AlF_6Na_3
Fluorita	**F_2Ca**
Atacamita	$ClCu_2(OH)_3$
Carnalita	$Cl_3KMg•6H_2O$



Rasgos:

- **Suaves,** de **baja dureza** y **solubles** en agua.

Ejemplos

- **Halita (NaCl)**, **Fluorita (CaF_2)**, **Silvina (KCl)**.

⇒ **Clase VI: Carbonatos**

Estos minerales se caracterizan por tener un anión complejo formado por carbono combinado con oxígeno, generalmente con cationes metálicos.

Anión **CO_3^{2-}**.

Importancia:

- Son muy comunes y con gran valor económico.

GRUPO DE LA CALCITA	
Calcita	**CO_3Ca**
Magnesita	CO_3Mg
Siderita	CO_3Fe
Rodocrosita	**CO_3Mn**
Smithsonita	CO_3Zn





GRUPO DEL ARAGONITO	
Aragonito	**CO_3Ca**
Witherita	CO_3Ba
Estroncianita	CO_3Sr
Cerusita	CO_3Pb



Malaquita	**$CO_3Cu_2(OH)_2$**
Azurita	$(CO_3)_2Cu_3(OH)_2$

GRUPO DE LA DOLOMITA	
Dolomita	**$(CO_3)_2CaMg$**
Ankerita	$(CO_3)_2CaFe$



Grupos:

- **Calcita ($CaCO_3$)** y afines.
- **Dolomita $(CO_3)_2$ CaMg**.
- **Malaquita**, **Azurita**.

⇒ **Clases VII y VIII: Nitratos y Boratos**

El nitrógeno pentavalente forma con el oxígeno grupos iónicos planos, triangulares, muy parecidos al grupo de los carbonatos.

Nitratos (NO_3^-)

- Ejemplos: **Nitratina (nitrato de Chile) NO3Na**, Nitro (**Salitre**) **NO3K**.
- Ambientes áridos.





Boratos (BO_3^{3-})

Los boratos son susceptibles de formar grupos aniónicos polimerizados en forma de hojas, cadenas y grupos múltiples aislados.

- Ejemplos:

Borax	**$B_4O_7•10H_2O$**
Ulexita	$B_5O_9NaCa•8H_2O$
Colemanita	$B_5O_{11}Ca_2•5H_2O$



⇒ **Clase IX: Fosfatos, arseniatos y vanadatos**

El fósforo pentavalente, forma un grupo tetraédrico con el oxígeno PO4-3. El Arsénico y el Vanadio forman unidades similares.

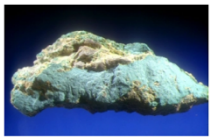
Ejemplos clave:

- **Apatito** (fundamental en biología y geología),

GRUPO DEL APATITO	
Apatito	**$(PO_4)_3Ca_5(F,Cl,OH)$**
Piromorfita	$(PO_4)_3Pb_5Cl$
Vanadita	$(VO_4)_3Pb_5Cl$
Vivianita	$(PO_4)_2Fe_3 \bullet 8H_2O$
Eritrina	$(AsO_4)_2CO_3 \bullet 8H_2O$
Ambligonita	$(PO_4)_2LiAlF$
Lazulita	$(PO_4)_2(Mg,Fe)Al_3(OH)_2$
Escorzalita	$(PO_4)_2(Fe,Mg)Al_3(OH)_2$
Wavellita	$(PO_4)_2Al_3(OH)_3 \bullet 5H_2O$
Turquesa	**$(PO_4)_4(OH)_8CuAl_6 \bullet 2H_2O$**
Autunita	$(PO_4)_2Ca(UO_2)_2 \bullet 10H_2O$
Carnotita	$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \bullet 3H_2O$

Trifilita	$PO_4(Fe,Mn)Li$
Liofilita	$PO_4(Mn,Fe)Li$
Monacita	$PO_4(Ce,La,Y,Th)$





⇒ **Clase X: Sulfatos y cromatos**

El enlace azufre-oxígeno de este grupo iónico es muy fuerte y **covalente** (tipo de enlace químico donde dos átomos **comparten uno o más pares de electrones** para lograr estabilidad, formando moléculas).

El radical sulfato SO4 2- es la unidad estructural fundamental de los sulfatos minerales.





Ejemplos:

SULFATOS ANHIDROS	
GRUPO DE LA BARITINA	
Baritina	**SO_4Ba**
Celestina	SO_4Sr
Anglesita	SO_4Pb
Anhidrita	SO_4Ca
Crocoita	CrO_4Pb

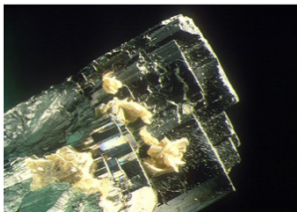
SULFATOS HIDRATADOS	
Antlerita	$SO_4Cu_3(HO)_4$
Yeso	**$SO_4Ca \bullet 2H_2O$**
Epsomita	$SO_4Mg \bullet 7H_2O$
Calcantita	$SO_4Cu \bullet 5H_2O$
Alunita	$(SO_4)_2 \bullet 2KAl_3(OH)_6$

⇒ **Clase XI: Tungstanatos y molibdatos**

Los iones hexavalentes de Tungsteno y Molibdeno son mucho mayores que los del azufre hexavalente y el fósforo pentavalente, por lo que cuando forman con el oxígeno grupos iónicos, los cuatro oxígenos coordinados no ocupan los vértices de un tetraedro regular, sino que forman un grupo algo aplastado de contorno cuadrado.

Rasgo

- Estructuras "aplastadas", no tetraédricas.



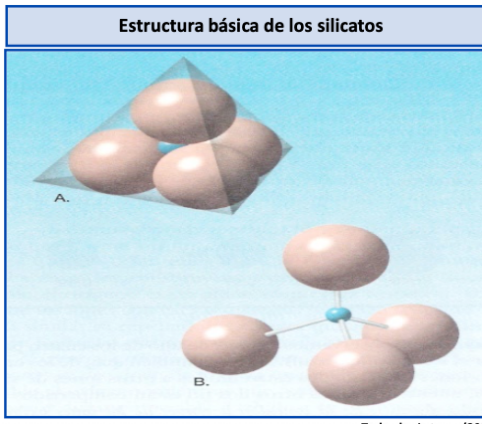
Ejemplos

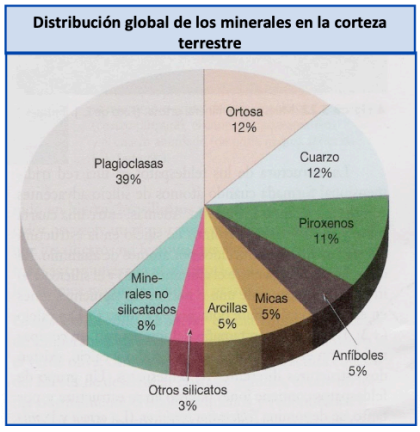
Wolframita	**$WO_4(Fe,Mn)$**
Scheelita	WO_4Ca
Wulfenita	MoO_4Pb

⇒ **Clase XII: Silicatos**

Idea central:

- Son **el grupo más abundante de la tierra**.
- Todos ellos tienen una estructura básica: **tetraedro SiO_4^{4-}**.





- Constituyen **>90% de la corteza**.

⇒ **Clasificación de los silicatos en función de la estructura cristalina**

Según cómo se enlazan los **tetraedros**:

- **Nesosilicatos** (aislados),
- **Inosilicatos** (cadenas),
- **Filosilicatos** (láminas),
- **Tectosilicatos** (redes).

Además:

- **Silicatos claros** (ricos en Si, Al, Na, K).
- **Silicatos oscuros** (ricos en Fe, Mg).

	Mineral		Fórmula idealizada	Exfoliación	Estructura de silicatos
Nesosilicatos	Olivino		$(Mg, Fe)_2SiO_4$	Ninguna	Tetraedro simple
Inosilicatos	Grupo de los piroxenos (augita)		$(Mg,Fe)SiO_3$	Dos planos en ángulos rectos	Cadenas sencillas
	Grupo de los anfíboles (hornblenda)		$Ca_2(Fe,Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Dos planos a 60° y 120°	Cadenas dobles
Filosilicatos	Micas	Biotita	$K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$	Un plano	Láminas
		Moscovita	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$		
	Feldespatos	Ortosa	$KAlSi_3O_8$	Dos planos a 90°	Redes tridimensionales
		Plagioclasa	$(Ca,Na)AlSi_3O_8$		
Tectosilicatos	Cuarzo		SiO_2	Ninguna	

⇒ **Grupo del olivino**



Rasgos distintivos

- Oscila entre el color verde oliva y el negro.
- Brillo vítreo.
- **Fractura concoidea**.
- Típico de rocas máficas y ultramáficas.

⇒ **Grupo de los piroxenos**





Rasgos distintivos (ej. augita)

- Color negro y opaco.
- **Dos exfoliaciones de ~90°**.
- Cristales cortos y achatados.

⇒ **Grupo de los anfíboles**



Rasgos destacados (ej. hornblenda)

- Color del verde oscuro al negro.
- **Exfoliaciones en ángulos de 60° y 120°**.
- Cristales alargados.



⇒ **Biotita**

- Mica oscura.
- **Exfoliación perfecta en una dirección**.
- Láminas brillantes.

⇒ **Moscovita**



- Mica clara.
- Brillo perlado.
- Excelente exfoliación en una dirección
- Láminas finas, transparentes.

⇒ **Feldespatos**





Rasgos

- Dos planos de exfoliación ~90°.
- Dureza ~6 escala Mohs.
- Brillo vítreo/perlado.
- Forma rectangular, caras lisas y brillantes.

⇒ **Cuarzo**









Rasgos

- Duro y resistente.
- **Sin exfoliación**.
- Fractura concoidea.
- Cristales hexagonales con extremos piramidales.
- Color por impurezas.

⇒ LOS MINERALES COMO RECURSOS (MENAS METÁLICAS)

⇒ **Idea central:**



Muchos minerales son **fuente de metales**. Cuando un mineral permite extraer un metal con rentabilidad económica se le denomina **mena**.

Ejemplos clave (qué metal se obtiene)

- **Hierro**: magnetita, oligisto (hematites), limonita
- **Aluminio**: bauxita
- **Mercurio**: cinabrio
- **Cobre**: calcopirita
- **Titanio**: rutilo
- **Estaño**: casiterita
- **Zinc**: blenda
- **Plomo**: galena
- **Tántalo y niobio**: coltán



👉 Por todo ello se puede decir que la geología es base de la **industria metalúrgica**.

⇒ **Minerales industriales no metálicos**

Hay minerales que proporcionan importantes materias primas para la industria, pero no son metales. De modo que no todos los minerales útiles son metálicos.

Ejemplo de usos destacados:

- **Cuarzo**: componentes electrónicos y placas fotovoltaicas
- **Yeso**: en la construcción (cementos, enlucidos, escayolas) y en medicina para inmovilizar fracturas y moldes dentales.
- **Halita**: condimentos de alimentación y conservante alimentario
- **Azufre**: plaguicidas, ácido sulfúrico o pólvora

Clave: enorme impacto económico y social.

⇒ **Minerales para obtener energía**

Entre los minerales involucrados en la obtención de energía destacan la uraninita o pechblenda, de la que se extrae el uranio usado en las centrales nucleares, o la lepidolita, ambligonita-montebrasita, de las que se extraen el litio con el que se fabrican las pilas y baterías.

⇒ **Minerales para uso ornamental**

Son cristales de algunos minerales, cuya dureza y transparencia permiten su uso en joyería. Las cuatro gemas principales son el rubí y el zafiro (variedades de corindón), la esmeralda (variedad de berilo) y el diamante.



👉 Los minerales, como se ve, también tienen valor **estratégico y cultural**.

⇒ INTRODUCCIÓN A LA CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS

→ **Ideas clave**

- Los **minerales** son los componentes básicos de las rocas.
- Las **rocas** son agregados naturales formados por uno o más minerales.
- El microscopio permite identificar minerales y **texturas** no visibles a simple vista.

⇒ 4.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS

- Roca = agregado mineral.
- La **textura** y la **composición** permiten clasificar rocas.

⇒ 4.3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS

→ **Tres grandes grupos:**

1. **Ígneas (magmáticas)**
2. **Sedimentarias**
3. **Metamórficas**

→ **Distribución de la corteza**

- **Superficie**: predominan las rocas sedimentarias, el 66% de la superficie total de la corteza. El restante 34% se lo reparten casi por igual rocas magmáticas y metamórficas.
- **Volumen de la corteza**: las rocas sedimentarias solo suponen el 4,8%.
- **Volumen global de la Tierra**: sedimentarias ~0,013–0,027%.

Clave: lo que vemos en superficie no refleja el volumen real.

⇒ ROCAS ÍGNEAS Y MAGMATISMO (ÍNDICE)

Subbloques:
- Conceptos básicos
- Clasificación general
- Texturas
- Composición
- Clasificación específica
- Origen y evolución de magmas

⇒ 4.4.1. Conceptos básicos

→ Ideas esenciales
- Las rocas **ígneas** se forman mediante la **solidificación y enfriamiento de magma o lava**.
- El magma se genera por **fusión parcial** en corteza y manto superior.
- Asciende por **flotación** (menor densidad); cuando alcanza la superficie es **lava**.
- El magma se enfría lentamente dentro de la corteza y el manto superior, favoreciendo el crecimiento de los cristales (cristalización). Los minerales que cristalizan primero son de mayor tamaño.

→ Componentes del magma:
- Fase líquida (fundido)
- Fase sólida (silicatos)
- Fase gaseosa (volátiles- metamorfismo)

⇒ CLASIFICACIÓN GENERAL DE ROCAS ÍGNEAS

- **Plutónicas (intrusivas)**: Solidificación del magma en el subsuelo (altas temperaturas y presiones) en periodos dilatados de tiempo. Enfriamiento lento, grano grueso.
- **Volcánicas (extrusivas)**: Solidificación del magma en la superficie (temperaturas y presiones ambientales) por enfriamiento rápido y grano fino.
- **Subvolcánicas (filonianas)**: Conductos de emisión del magma hacia la superficie. Características intermedias.

→ Textura ígnea: factores de control

Se clasifican por su textura y composición mineral.

Textura: descripción del aspecto general de la roca en función del tamaño, forma y ordenamiento de sus cristales.

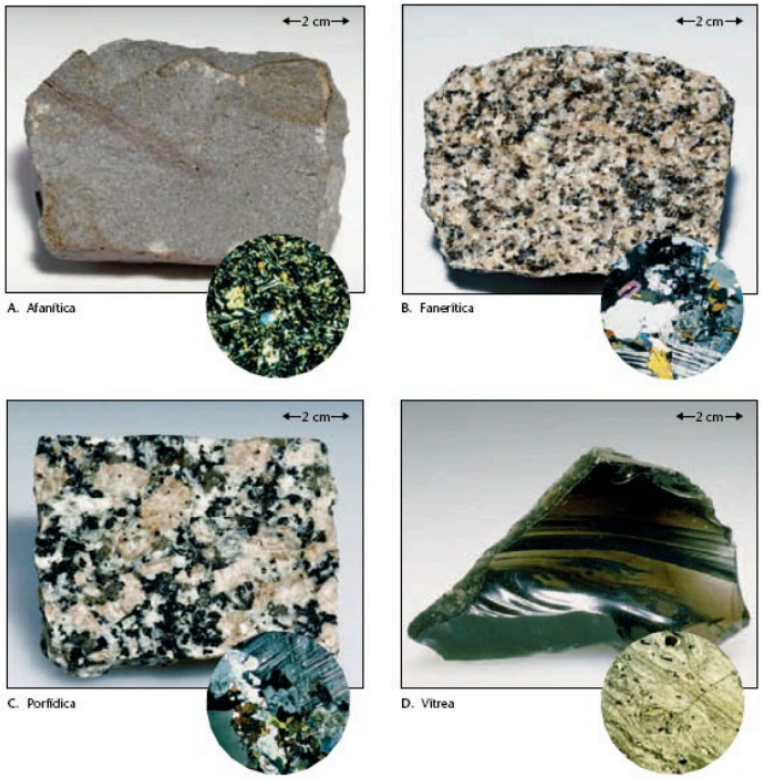
→ Factores que controlan la textura:
- **Velocidad de enfriamiento:** movilidad de iones – núcleos cristalinos. Vidrios (sin red cristalina).
- **Cantidad de sílice:** se forman estructuras largas y en cadena antes de que la cristalización sea completa, impidiendo el transporte iónico y aumentando la viscosidad del magma.
- **Cantidad de gases disueltos: a**l escaparse del magma originan huecos denominados vesículas.

⇒ TIPOS DE TEXTURAS ÍGNEAS (I)

- **Afanítica (grano fino):** los cristales que constituyen las rocas afaníticas son demasiado pequeños para que los minerales individuales se distingan a simple vista. Descripción según color.

  Presencia de vesículas. Parte superior de las coladas o masas pequeñas superficiales.

- **Fanerítica (grano grueso):** cristales del mismo tamaño y reconocibles a simple vista. Masas en profundidad.
- **Porfídica**: grandes cristales incrustados en una matriz de cristales más pequeños.
- **Fenocristales – pasta**. Roca = pórfido. **Cambios de condiciones de presión y temperatura**.
- **Vítrea**: aspecto similar a una pieza oscura de vidrio corriente o manufacturado. **Erupciones, lavas viscosas**.



⇒ **Tipos de texturas ígneas (II)**

- **Piroclástica**: fragmentos de roca angulares englobados en una matriz de cenizas de color claro. Texturas más parecidas a rocas sedimentarias. **Erupciones**.

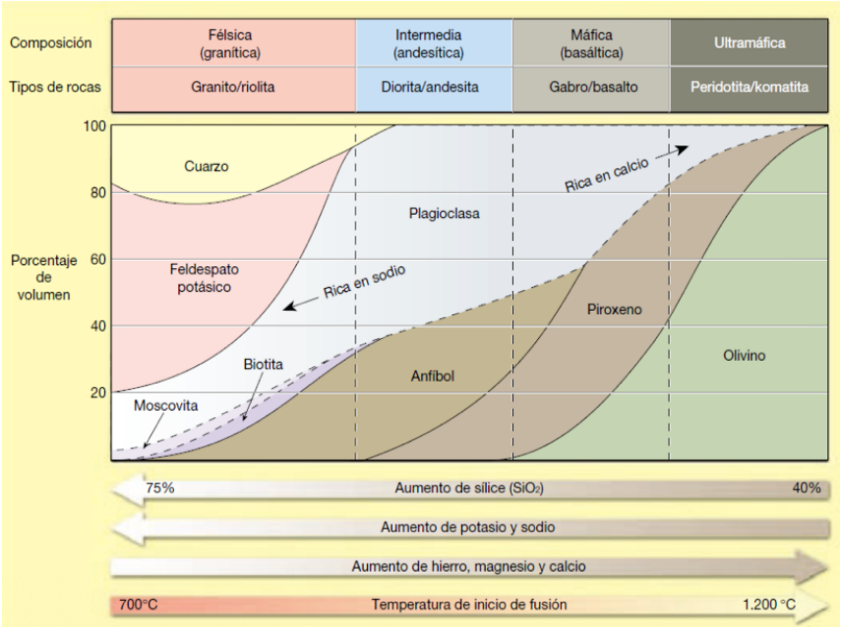


- **Pegmatítica**: cristales interconectados todos mayores de un centímetro de diámetro. **Márgenes de rocas plutónicas, venas en la roca huésped.**



⇒ **COMPOSICIÓN ÍGNEA**

- La composición de las rocas ígneas se refiere a la mezcla química y mineralógica que se forma cuando el magma o la lava se enfrían. Lo más importante para clasificarlo es la cantidad de **silicatos** presente.
- Elementos principales: Si, O, Al, Ca, Na, K, Mg (suponen ≈98% en peso de muchos magmas).



⇒ **Minerales Félsicos vs. Máficos**

La composición química determina qué minerales crecerán. Se dividen en dos familias principales:

- **Minerales Félsicos (Silicatados Claros):** Son ricos en potasio, sodio y calcio. El término viene de **Fel**despato y **Sí**lice. *Ejemplos:* Cuarzo, moscovita y feldespatos.

- **Minerales Máficos (Silicatados Oscuros):** Son ricos en hierro (**Ma**gnesio y **Fe**rrum). Son más densos y pesados. *Ejemplos:* Olivino, piroxeno, anfíbol y biotita.

⇒ CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS ÍGNEAS

👉 Ejemplos y tablas:

Composición química		Granítica (félsica)	Andesítica (intermedia)	Basáltica (máfica)	Ultramáfica
Minerales dominantes		Cuarzo Feldespato potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio	Anfíbol Plagioclasa rica en sodio y calcio	Piroxeno Plagioclasa rica en calcio	Olivino Piroxeno
Minerales accesorios		Anfíbol Moscovita Biotita	Piroxeno Biotita	Anfíbol Olivino	Plagioclasa rica en calcio
TEXTURA	Fanerítica (grano grueso)	Granito	Diorita	Gabro	Peridotita
	Afanítica (grano fino)	Riolita	Andesita	Basalto	Komatita (poco común)
	Porfídica	«Porfídico» precede cualquiera de los nombres anteriores siempre que haya fenocristales apreciables			Poco comunes
	Vítrea	Obsidiana (vidrio compacto) Pumita (vidrio vacuolar)			
	Piroclástica (fragmentaria)	Toba (fragmentos de menos de 2 mm) Brecha volcánica (fragmentos de más de 2 mm)			
Color de la roca (basado en el % de minerales oscuro)		0% a 25%	25% a 45%	45% a 85%	85% a 100%



- **Obsidiana**, **pumita**, **andesita**, **diorita**.



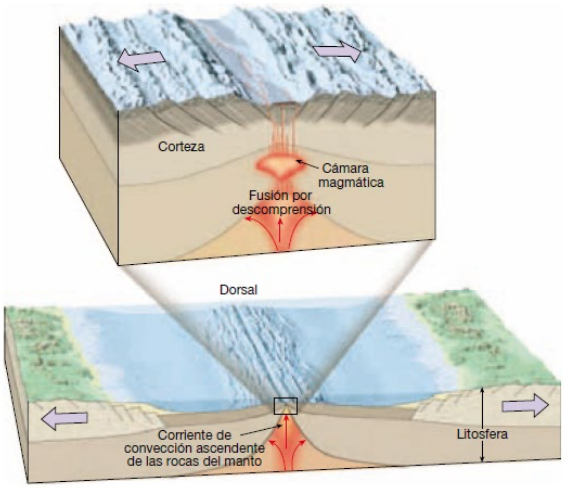


- **Rocas piroclásticas**: toba, brecha volcánica.
- Están compuestas por fragmentos expulsados durante una erupción volcánica.

- **Criterios**: textura + composición.

⇒ ORIGEN DE LOS MAGMAS

Los magmas se generan por fusión de rocas sólidas en la corteza y el manto superior.

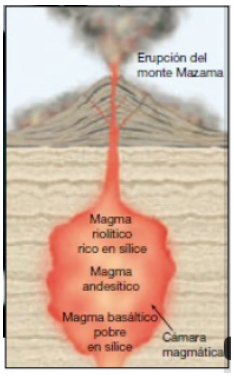




Factores que favorecen la fusión:

- **Calor** (gradiente geotérmico 20-30 ºC / km).
- **Presión** (Mayor presión = mayor Tiempo de fusión. Presión de confinamiento. Fusión por descompresión).
- **Volátiles** (el agua y otros volátiles bajan el punto de fusión. Mayor presión = incremento en la acción de los volátiles).

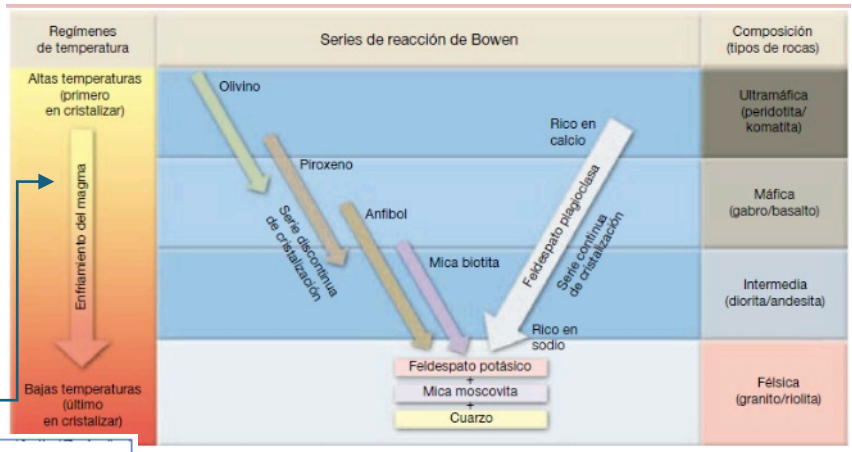
⇒ EVOLUCIÓN DE LOS MAGMAS



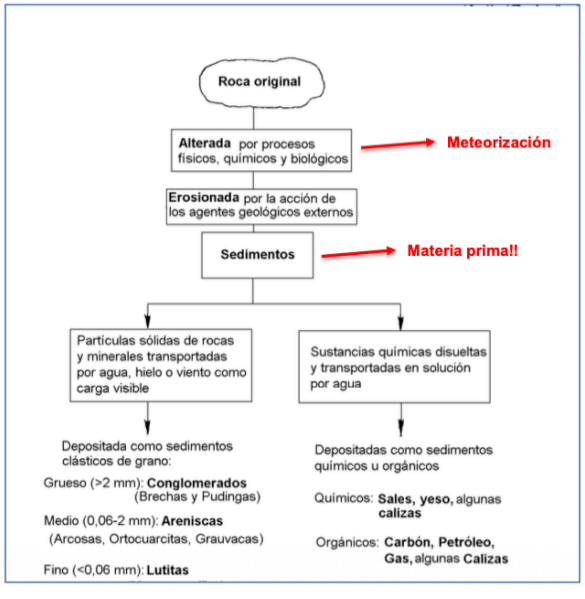
Procesos:

- Diferentes rocas ≠ diferentes magmas
- **Enriquecimiento** en sílice a medida que evoluciona un magma.
- **Evolución de los minerales** que siguen en contacto con el fundido.

- **Serie de reacción de Bowen:** Enriquecimiento progresivo en sílice.



(Laboratorio – composición media).



⇒ ROCAS SEDIMENTARIAS - INTRODUCCIÓN

→ Ideas clave

- **Meteorización**: fragmentación física (desintegración) o alteración química de las rocas.
- **Erosión**: eliminación física del material por agentes dinámicos como el agua, el viento o el hielo.
- Se acumulan en capas planas
- Aportan información de la historia de la Tierra (fósiles, ambientes).

⇒ METEORIZACIÓN

METEORIZACIÓN FÍSICA

Realizada por fuerzas físicas. Conservan las características del material original.

Resultado: Aumento de la superficie de contacto entre la roca y los agentes exógenos

Mecanismos:
- Gelifracción (cuñas de hielo)
- Descompresión (lajeamiento)
- Expansión térmica
- Actividad biológica (humanos, raíces, animales)

RESULTADOS DE LA METEORIZACIÓN

Partículas disgregadas que pueden ser sedimentadas
Iones en solución
Suelos y mantos de meteorización
Depósitos residuales

→ **Física:**
- Gelifracción, descompresión, expansión térmica, biológica.
- Aumenta superficie de ataque.

METEORIZACIÓN QUÍMICA

Transformación química

Resultado: Puesta en disolución de iones y creación de nuevos minerales estables en condiciones atmosféricas

Mecanismos:
- Disolución
- Hidrólisis: reemplazo de iones por H
- Oxidación: reacción del O con Fe. Hematita y Limonita.

Temperaturas cálidas y humedad.

→ **Química:**
- Disolución, hidrólisis, oxidación.
- Climas cálidos y húmedos.
- Descamación esférica.
- Hidratación de arcillas.

⇒ PROCESOS DE LITIFICACIÓN

- **Compactación**: Expulsión de los fluidos. Cierre de poros.
- **Cementación**: Precipitación entre los granos de una roca detrítica de un cemento. Calcita, sílice y óxido de hierro son los más comunes.
- **Diagénesis**: Ajustes estructurales y químicos del sedimento a ambientes de mayor presión y temperatura.

⇒ CLASIFICACIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS

→ Detríticas



- Originadas a partir del material que se origina y es transportado en forma de clastos sólidos derivados de la meteorización mecánica y química (detritos).
- Sus componentes principales son el cuarzo y los minerales de arcilla.
- La presencia de **feldespato** y **micas** indican una rápida erosión y depositación.
- Se clasifican de acuerdo con el tamaño de grano. También da información acerca del ambiente deposicional.

Rocas sedimentarias detríticas

Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento	Nombre de la roca
Grueso (más de 2 mm)		Grava (clastos redondeados)	Conglomerado
		Grava (clastos angulosos)	Brecha
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena (Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)	Arenisca
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)		Limo	Limolita
Muy fino (menos de 1/256 mm)		Arcilla	Lutita

→ No Detriticas



→ Originadas a partir del material soluble producido en gran medida mediante meteorización química, que luego precipita mediante procesos orgánicos o inorgánicos (sedimento químico).

→ Puede precipitar desde el agua de mar.

→ **Rocas silíceas (Sílex)**

- Se trata de una serie de rocas muy compactas y duras compuestas de sílice (SiO2) microcristalina.
- Los depósitos aparecen como nódulos de forma irregular en la caliza (origen inorgánico) y como capas de roca (origen orgánico – diatomeas y radiolarios).



Pedernal

Presencia de materia orgánica.



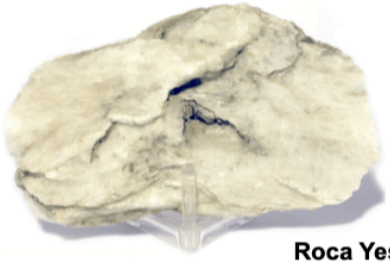
Presencia de óxido de hierro



Bandeada

→ **Evaporitas**

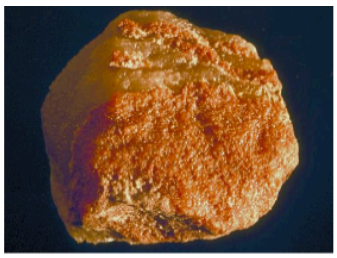
- Se generan por la saturación y posterior deposición salina en cuerpos de agua someros con conexión al mar (retroalimentación).
- Los minerales van precipitando de acuerdo con su solubilidad a medida que avanza la evaporación.



Roca Yeso
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$

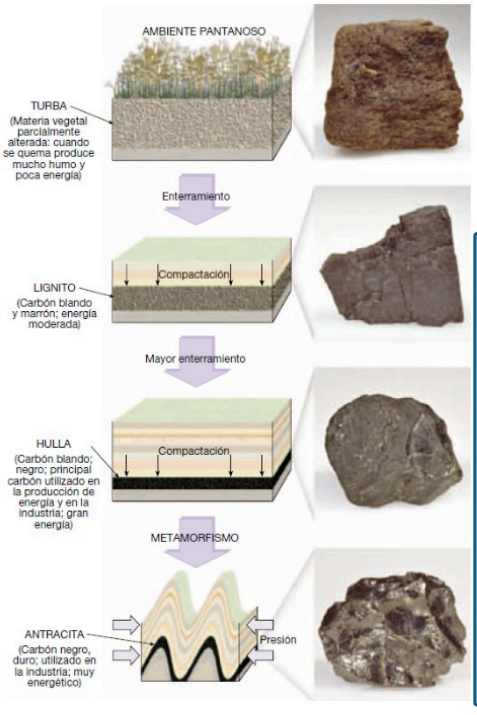


Salgema
NaCl



Silvita
(KCl)

→ **Carbón**



- Está compuesto de materia orgánica. Pueden diferenciarse estructuras vegetales.
- Es necesario un ambiente anóxico o anaeróbico (pantano).
- **Lignito** y **Hulla** son rocas sedimentarias. **Antracita** es una roca metamórfica.



⇒ USOS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

→ Construcción, industria, energía (carbón), ornamentación, etc.

GRAVAS:

- **CONSTRUCCIÓN:** áridos en hormigones prefabricados
- **PAVIMENTACIÓN:** áridos de carreteras

ARENAS:

- **CONSTRUCCIÓN: áridos en morteros y revocos**
- **FABRICACIÓN DE VIDRIO**
- **MATERIALES REFRACTARIOS: ladrillos**
- **CORRECTIVO DE SUELOS, FERTILIZANTES**
- **ABRASIVOS, FILTROS…**

ARENISCAS:

en bloque:

- **CONSTRUCCIÓN: muros y escolleras, sillería y losetas**

triturada:

- **CONSTRUCCIÓN: áridos, balasto, prefabricados**
- **FABRICACIÓN DE VIDRIO**
- **MATERIALES REFRACTARIOS: ladrillos**
- **ABRASIVOS…**

ARCILLAS Y LUTITAS:

- **MATERIALES CERÁMICOS:** lozas, porcelanas, tejas, ladrillos
- **MATERIALES REFRACTARIOS: ladrillos**
- **ARCILLAS ABSORBENTES:** fangos de sondeos (bentonitas, tierras de batán) desengrasantes
- **FABRICACIÓN DE CEMENTO**
- **ÁRIDOS LIGEROS**
- **ADITIVOS Y CARGAS…**

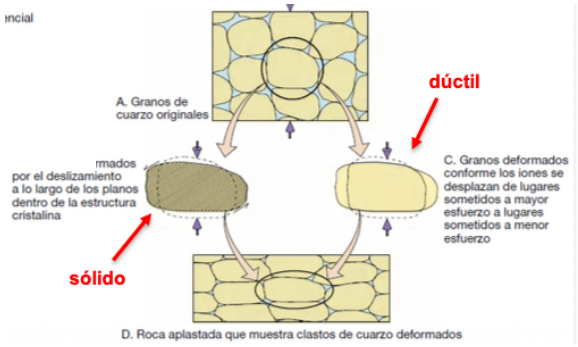
⇒ ROCAS METAMÓRFICAS

→ Metamorfismo

- Proceso que implica cambios mineralógicos, texturales y/o en la composición química de una roca en estado sólido.
- Adaptación de la roca a condiciones físicas que difieren de aquellas bajo las que la roca madre se formó.
- Los agentes del metamorfismo son la temperatura (recristalización, polimorfismo), la presión (polimorfismo, aplanamiento-alargamiento) y la introducción de fluidos químicamente activos (recristalización – metasomatismo en roca de caja).

→ Foliación

- Se dice así cuando una roca muestra una orientación preferente de sus minerales. Es producto de los esfuerzos compresivos.
  - Rotación de los granos minerales alargados o de hábito planar hacia una nueva orientación.
  - Recristalización de granos que crecen en la dirección de la orientación preferente.
  - Cambios de forma en granos equidimensionales a formas alargadas



Clasificación De Rocas Metamórficas

Filita	Aumento del metamorfismo	Foliada	Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto			Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis			Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita			Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita		Poco foliada	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerado			De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol		No foliada	Medio a grueso	Granos de calcita o dolomita entrelazados	Caliza, dolomía
Cuarcita			Medio a grueso	Granos de cuarzo fundidos, masiva, muy dura	Cuarzoarenita
Corneana			Fino	Normalmente, roca masiva oscura con brillo mate	Cualquier tipo de roca

⇒ AMBIENTES METAMÓRFICOS

El metamorfismo es el proceso de transformación de una roca preexistente (llamada **protolito**) en una nueva roca con una textura y composición mineral diferente, debido a cambios drásticos en el ambiente físico y químico.

Lo más importante que se debe recordar es que el metamorfismo ocurre siempre en estado sólido. Si la roca llega a fundirse por completo, ya no es metamorfismo, sino que pasamos al ciclo de las rocas ígneas (magma).

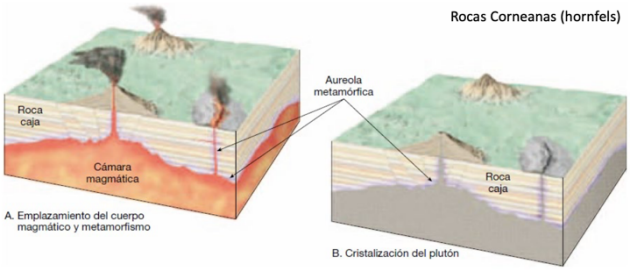
→ Según el factor dominante:

- **Temperatura**: Metamorfismo Térmico
- **Presión**: Metamorfismo bárico. Dinamometamorfismo
- **Fluidos**: Metasomatismo

→ Según el ambiente geológico:

- **Metamorfismo de contacto**

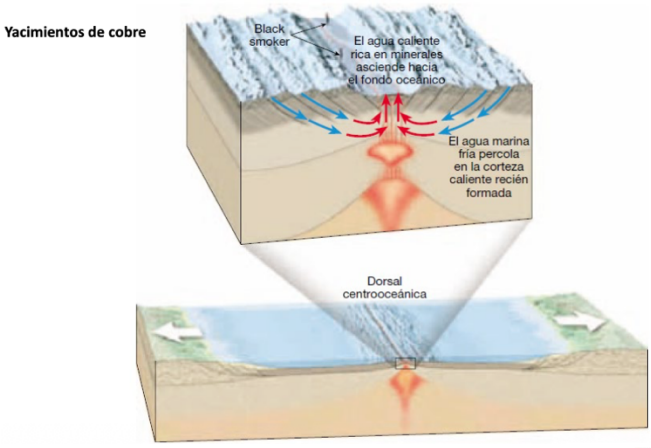
El **metamorfismo de contacto** (también llamado metamorfismo térmico) es aquel que ocurre cuando una roca preexistente entra en contacto o se encuentra muy cerca de una masa de magma en ascenso (como una intrusión ígnea o un plutón).



Básicamente, el magma "cocina" la roca circundante debido a las altísimas temperaturas, transformando su estructura y composición.

El factor determinante es la **temperatura**. El calor del magma rompe los enlaces químicos de los minerales de la roca original. Los átomos se reorganizan para formar nuevos minerales que sean estables a altas temperaturas.

- **Metamorfismo hidrotermal**

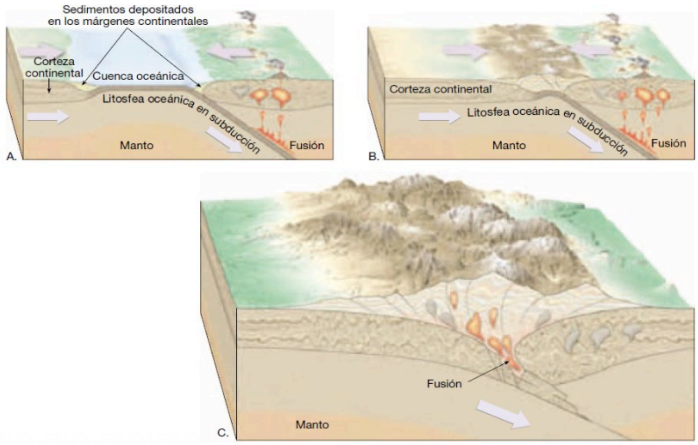


Es un proceso geológico en el que las rocas sufren cambios estructurales y mineralógicos debido principalmente al **calor extremo**, sin que la presión juegue un papel determinante.

Este fenómeno ocurre cuando una masa de magma (una intrusión ígnea como un plutón o un dique) se abre paso hacia la corteza terrestre y entra en contacto con las rocas preexistentes (llamadas "rocas caja"). El calor del magma "cocina" las rocas circundantes.

- **Metamorfismo Regional**

El **metamorfismo regional** es el tipo más común y destructivo (en el sentido de transformación) de la corteza terrestre. No ocurre en puntos aislados, sino que afecta a **grandes extensiones de roca** (miles de kilómetros cuadrados).

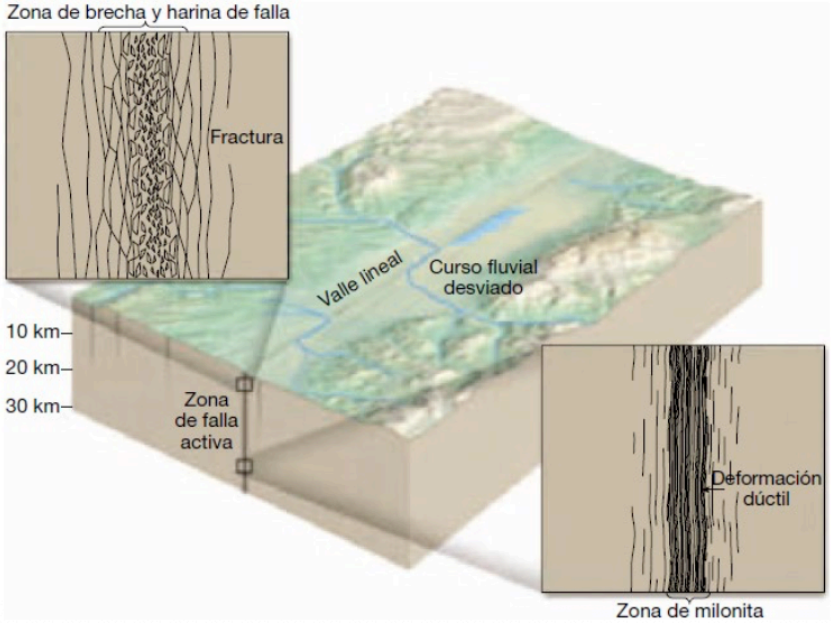


Ocurre principalmente en los límites de placas convergentes, donde las placas colisionan para formar cordilleras (orogénesis) o donde una placa se hunde bajo otra (subducción).

En estos entornos, las rocas son sometidas a dos fuerzas masivas:

- **Presión dirigida:** El "aplastamiento" tectónico.
- **Alta temperatura:** Debido a la profundidad y al calor interno de la Tierra.

- **Dinamometamorfismo**



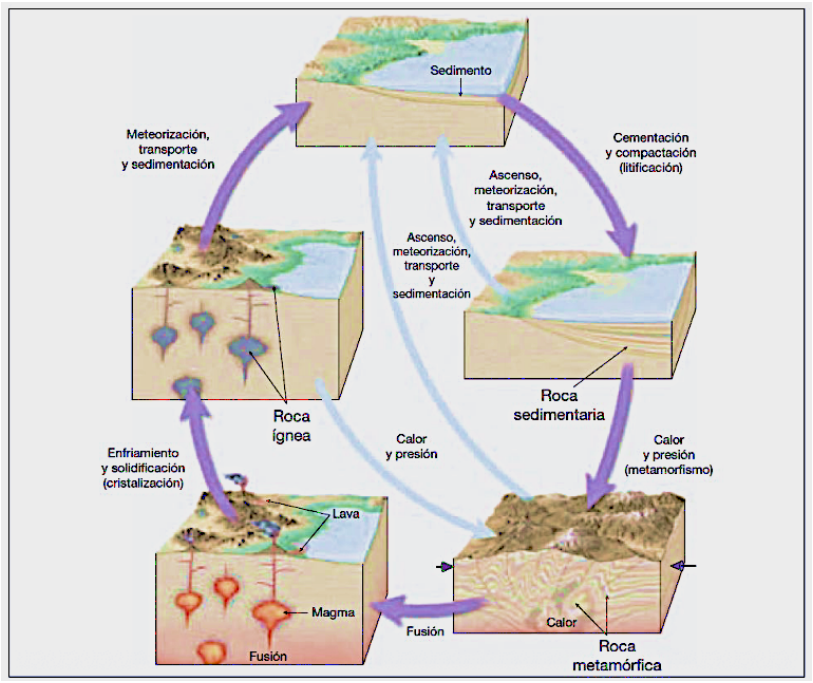
El **dinamometamorfismo**, también conocido como **metamorfismo cinético o de presión**, es el tercer gran tipo de metamorfismo. A diferencia de los anteriores, aquí el factor dominante no es el calor, sino la **presión dirigida** o el **esfuerzo cortante**.

Este proceso ocurre principalmente en **zonas de falla**, donde los bloques de la corteza terrestre se desplazan uno contra otro.

En lugar de "cocinar" la roca (como el termal) o "comprimirla" lentamente a gran escala (como el regional), el dinamometamorfismo **tritura y deforma** mecánicamente la roca.

- **Bajas profundidades:** La roca es fría y frágil, por lo que se rompe y se tritura (proceso cataclástico).
- **Grandes profundidades:** Debido a que hay algo más de temperatura y la presión es extrema, la roca se comporta de forma "plástica" y los minerales se estiran sin romperse del todo.

⇒ **EL CICLO DE LAS ROCAS**



- El ciclo de las rocas (o ciclo litológico) es un concepto geológico fundamental que describe cómo las rocas se transforman unas en otras a través del tiempo geológico. Este modelo explica que ninguna roca es permanente; todas están en un estado de reciclaje o transformación continúo impulsado por la energía interna de la Tierra (tectónica de placas) y la energía externa (el Sol y la atmósfera).
- La Tierra funciona como una "máquina de reciclaje" gigante donde no hay vestigios de un comienzo ni perspectivas de un fin.

CICLO BÁSICO: Color morado
CAMINOS ALTERNATIVOS: Color azul