



9

Los procesos geológicos
y la formación de rocas

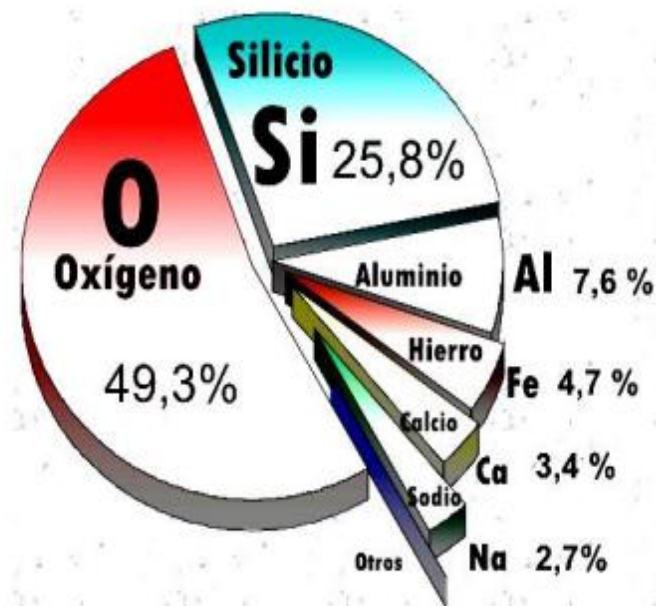
1

La composición de la geosfera

1.1. La composición de la geosfera: los minerales

La parte sólida de nuestro planeta, la geosfera, está constituida por un conjunto de **rocas** de distinta composición y estado, según las condiciones de la zona en la que se encuentren. Todas las rocas están compuestas por uno o más **minerales**, es decir, los minerales son los constituyentes básicos de la geosfera.

Cuando se analiza la composición química de los minerales, se observa que más del 98% están formados por tan solo ocho elementos de la tabla periódica, los llamados **elementos geoquímicos**, que se combinan entre sí mediante enlaces químicos.



Elementos químicos de la corteza terrestre.

Qué es un mineral

Para que una sustancia sea considerada un mineral debe cumplir las siguientes características:

- **Ser sólida**, por tanto, ningún líquido (agua o mercurio) o gas (oxígeno o dióxido de carbono) son minerales.
- **Ser inorgánica**, es decir, no haber sido creada ni derivar de los seres vivos. Así, no son minerales las conchas o las resinas, como el ámbar.
- **Tener un origen natural**, por lo que no se consideran minerales las sustancias sintetizadas por el ser humano, como la porcelana o el vidrio.



mercurio



ámbar



Concha de molusco


Qué es un mineral

Para que una sustancia sea considerada un mineral debe cumplir las siguientes características:

- **Ser sólida**, por tanto, ningún líquido (agua o mercurio) o gas (oxígeno o dióxido de carbono) son minerales.
- **Ser inorgánica**, es decir, no haber sido creada ni derivar de los seres vivos. Así, no son minerales las conchas o las resinas, como el ámbar.
- **Tener un origen natural**, por lo que no se consideran minerales las sustancias sintetizadas por el ser humano, como la porcelana o el vidrio.
- **Tener una composición química definida y característica**, que puede ser expresada mediante una fórmula. Algunos minerales están constituidos por un solo elemento químico, como el azufre (S) o el diamante (C), pero la mayoría son compuestos. Por ejemplo, el cuarzo está formado por oxígeno y silicio (SiO_2), y la halita, por cloro y sodio (NaCl).



Diamante (100 % carbono)

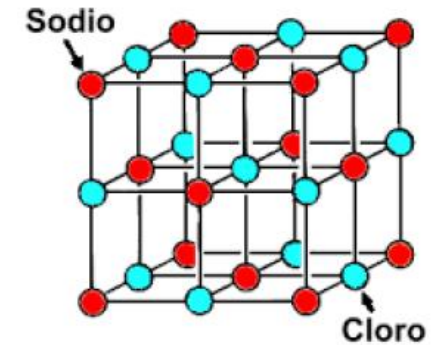
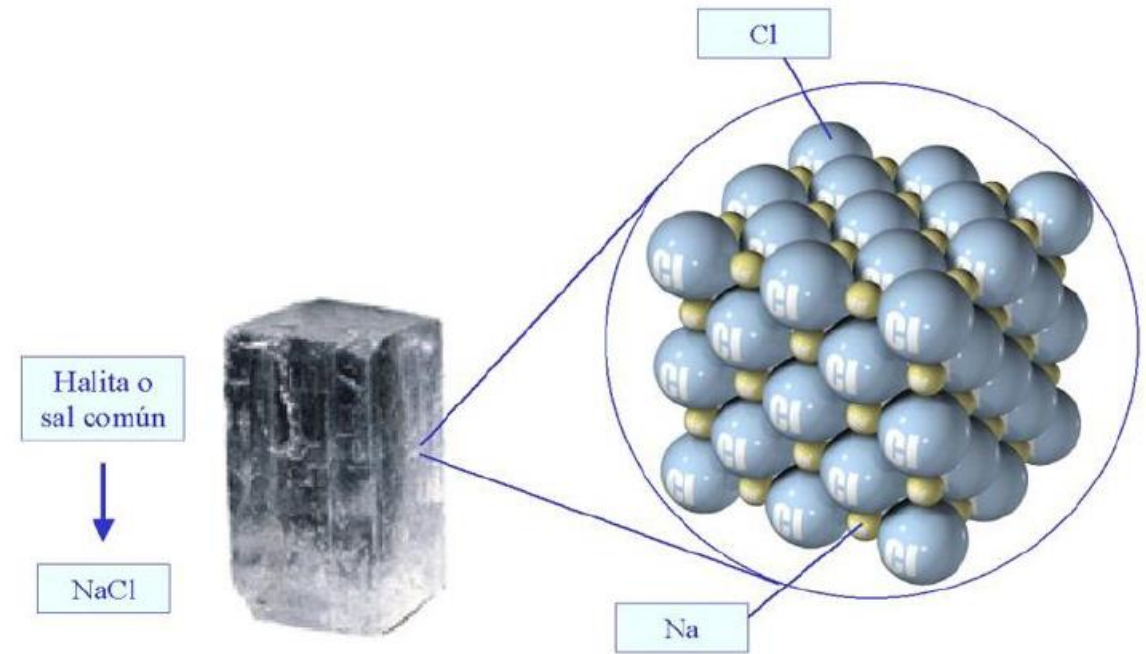
Mineral	Imagen	Fórmula química
Calcita		CaCO_3

Qué es un mineral

Para que una sustancia sea considerada un mineral debe cumplir las siguientes características:

- **Ser sólida**, por tanto, ningún líquido (agua o mercurio) o gas (oxígeno o dióxido de carbono) son minerales.
- **Ser inorgánica**, es decir, no haber sido creada ni derivar de los seres vivos. Así, no son minerales las conchas o las resinas, como el ámbar.
- **Tener un origen natural**, por lo que no se consideran minerales las sustancias sintetizadas por el ser humano, como la porcelana o el vidrio.
- **Tener una composición química definida y característica**, que puede ser expresada mediante una fórmula. Algunos minerales están constituidos por un solo elemento químico, como el azufre (S) o el diamante (C), pero la mayoría son compuestos. Por ejemplo, el cuarzo está formado por oxígeno y silicio (SiO_2), y la halita, por cloro y sodio (NaCl).
- **Tener una estructura cristalina**, es decir, sus elementos básicos, átomos, moléculas o iones, deben estar ordenados internamente, formando una **estructura tridimensional**.

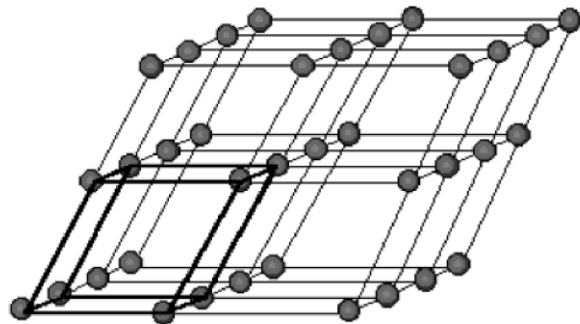
Un **mineral** es una sustancia **sólida, inorgánica, de origen natural, de composición química definida** y con **estructura cristalina**.



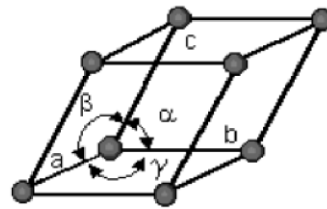
La estructura cristalina

Los elementos básicos o componentes de los minerales están ordenados siguiendo unas reglas espaciales, que dan lugar a una forma geométrica definida, denominada **estructura cristalina**. Esta disposición depende del tamaño y de la carga de los componentes y de la presión y la temperatura a la que se forma el mineral.

Los elementos se repiten de una manera ordenada y paralela, guardando entre sí unas relaciones de simetría, que forman una red tridimensional, la **red cristalográfica**. Cada punto de la red se llama **nodo**. El grupo más reducido de nodos unidos entre sí en las tres direcciones del espacio recibe el nombre de **celda unidad**. Generalmente, cada mineral tiene una celda unidad característica, que viene determinada por la distancia y los ángulos entre los nodos.

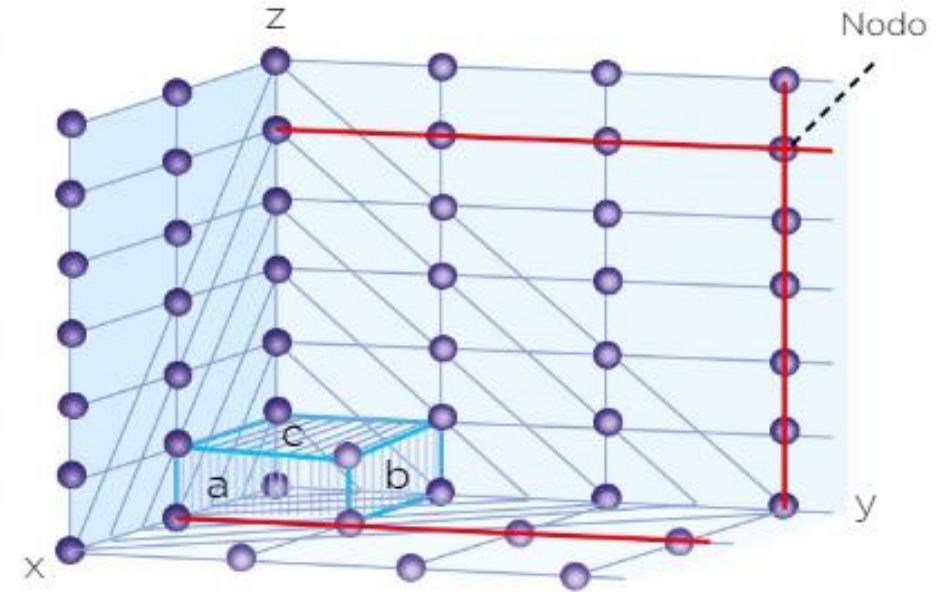


Red cristalina.

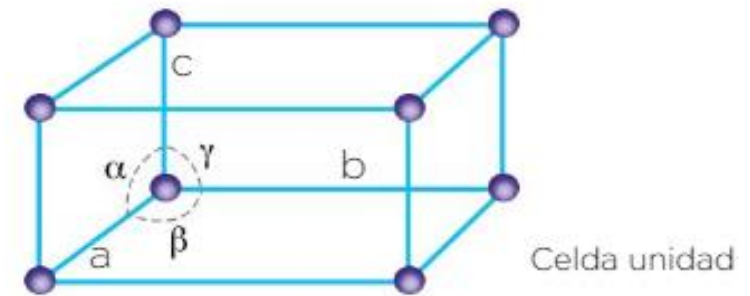


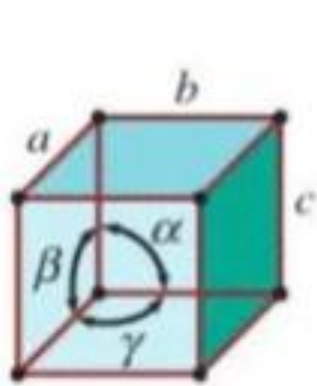
Celda unidad

Red cristalina o cristalográfica

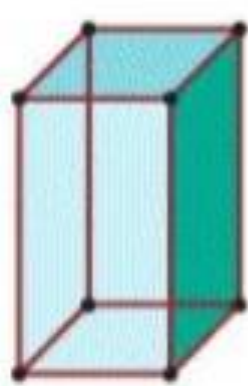


— Fila Plano — Celda unidad

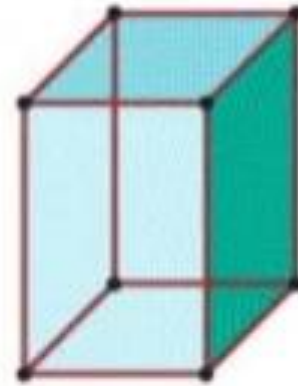




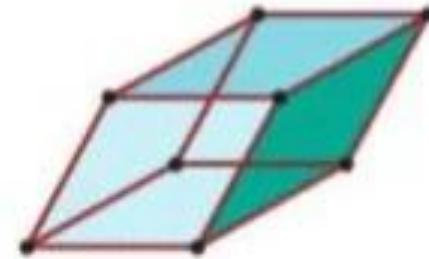
Cúbica simple
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



Tetragonal
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



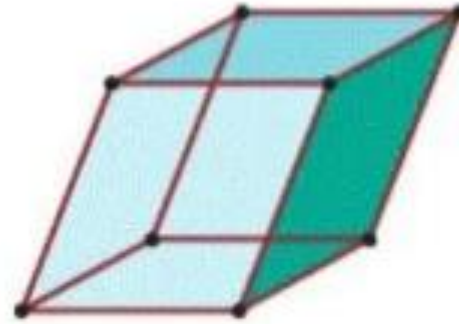
Ortorrómbica
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



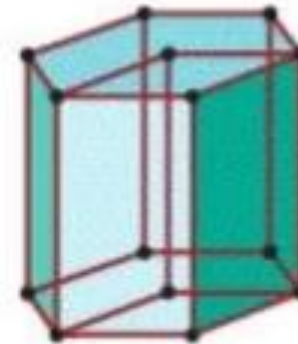
Romboédrica
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



Monoclínica
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$



Triclínica
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$



Hexagonal
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$

Los 7 tipos de celda unidad

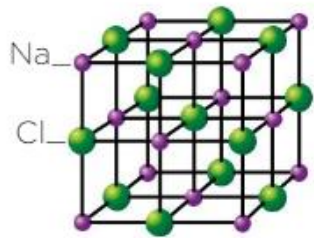
Polimorfismo e isomorfismo

La composición química por sí sola no caracteriza a un mineral. Tal es el caso del grafito y del diamante. Estos minerales están formados por átomos de carbono, pero su red cristalina es diferente. Estos minerales se llaman **polimorfos**.

También puede suceder que la composición de dos minerales sea diferente, pero su ordenación espacial sea idéntica, es decir, tenga la misma estructura cristalina, estos minerales se llaman **isomorfos**.

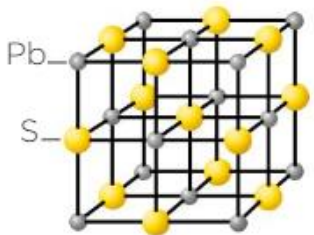
Isomorfismo

Estructura espacial de la halita (NaCl)



Halita o sal gema (NaCl)

Estructura espacial de la galena (PbS)

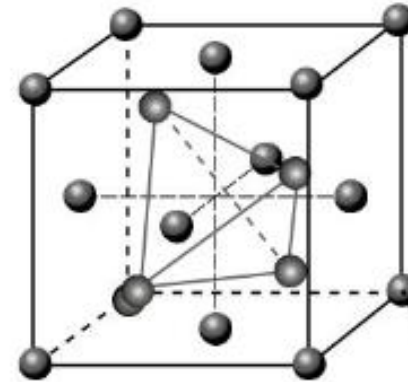


Galena (PbS)

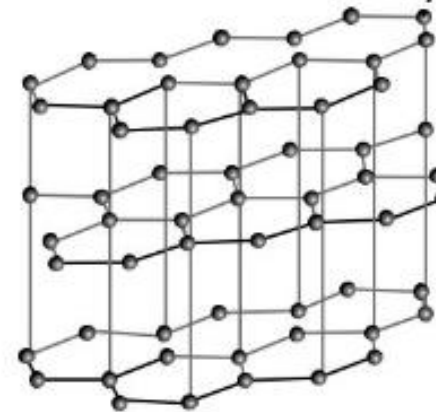
Polimorfismo e isomorfismo

Polimorfismo

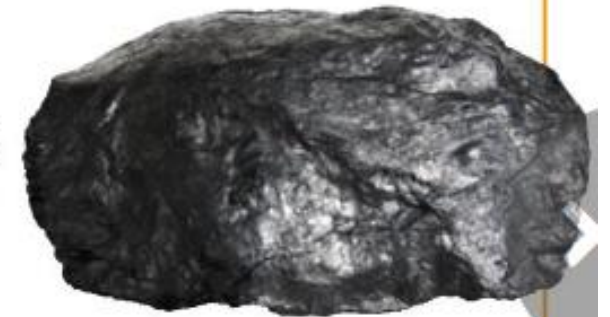
Estructura espacial del diamante



Estructura espacial del grafito



Átomos de carbono



1.2. Cristales y minerales masivos

Un **crystal** es un mineral que se forma al repetirse la celda unidad en las tres direcciones del espacio. Externamente tiene una forma **poliédrica**, con caras, vértices y aristas, reflejo de su estructura cristalina.

Para que un mineral pueda formar un cristal debe haber un **núcleo de cristalización** (una impureza u otro cristal preexistente), y cuando este núcleo alcance un tamaño adecuado, podrá crecer y generar un cristal macroscópico.

Una misma estructura cristalina puede originar cristales de formas diferentes. Se denomina **hábito cristalino** al tipo de forma geométrica que presenta un cristal.

Los factores que influyen en la forma y el tamaño de los cristales son tres:









- **El tiempo.** Una cristalización lenta formará grandes cristales; pero en una rápida, los cristales serán de pequeño tamaño, incluso, a veces, no da tiempo a formar un mineral y aparecen **mineraloides**. Estos tienen una naturaleza amorfa, ya que los componentes tienen una disposición espacial desordenada, como los que forman los vidrios volcánicos o el ópalo.
- **El espacio.** Si el mineral dispone de suficiente espacio podrá crecer aislado dando lugar a grandes cristales; si cristalizan muchos minerales al mismo tiempo, interfieren unos con otros formando un **agregado**, es decir, una roca, o una **macla**, cuando los cristales de un mismo mineral se integran simétricamente.

mercurio



Mineraloides

Ópalo



Obsidiana



Ámbar



Cristales gigantes



Macla de cuarzo

- **El tiempo.** Una cristalización lenta formará grandes cristales; pero en una rápida, los cristales serán de pequeño tamaño, incluso, a veces, no da tiempo a formar un mineral y aparecen **mineraloides**. Estos tienen una naturaleza amorfa, ya que los componentes tienen una disposición espacial desordenada, como los que forman los vidrios volcánicos o el ópalo.
- **El espacio.** Si el mineral dispone de suficiente espacio podrá crecer aislado dando lugar a grandes cristales; si cristalizan muchos minerales al mismo tiempo, interfieren unos con otros formando un **agregado**, es decir, una roca, o una **macla**, cuando los cristales de un mismo mineral se integran simétricamente.
- **El reposo.** Es necesario para que los componentes del mineral se puedan ir disponiendo en la red tridimensional que forma la estructura cristalina.

Si no se da alguno de estos tres factores, se formarán cristales imperfectos, con defectos en las caras, los vértices o las aristas. Lo más frecuente es que los minerales sean **masivos**; es decir, que tengan formas irregulares, granos, escamas o formas indefinidas. Sin embargo, aunque externamente no lo muestren, sus componentes tienen una ordenación interna, como los cristales.



Mineral masivo

2

La clasificación de los minerales

Tradicionalmente, los minerales se clasifican atendiendo a su composición química, de la que derivan, a su vez, la estructura cristalina y las propiedades físicas y químicas. Se dividen en dos grandes grupos: los **no silicatados**, como los carbonatos o los sulfatos, y los **silicatados**, que son los más abundantes; suponen más de un 90 % de la corteza y el manto terrestres.

2.1. Los minerales no silicatados

Los minerales **no silicatados** tienen una composición química muy variable. Por esta razón, se clasifican en seis grupos, cada grupo corresponde a un tipo de compuesto químico.

Grupos de minerales no silicatados

Nombre del grupo	Descripción	Ejemplos
Elementos nativos	Están formados por un solo elemento químico. Pueden ser metales o no metales.	El oro (Au), la plata (Ag), el arsénico (As), el azufre (S), el diamante y el grafito (C).
Haluros	Son minerales compuestos de un halógeno y un metal.	La halita (NaCl) o la silvina (KCl), que son cloruros, o la fluorita (CaF ₂), que es un fluoruro.
Óxidos	Son minerales en los que se combinan metales con oxígeno.	La magnetita y el hematites (Fe ₂ O ₃) y el corindón (Al ₂ O ₃).
Sulfuros	Son minerales en los que se combinan el azufre y un metal.	La pirita (Fe ₂ S), la galena (PbS) o el cinabrio (HgS).



Oro



Silvina



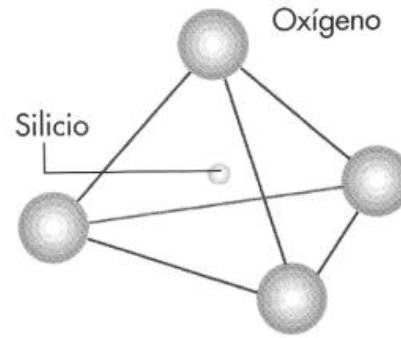
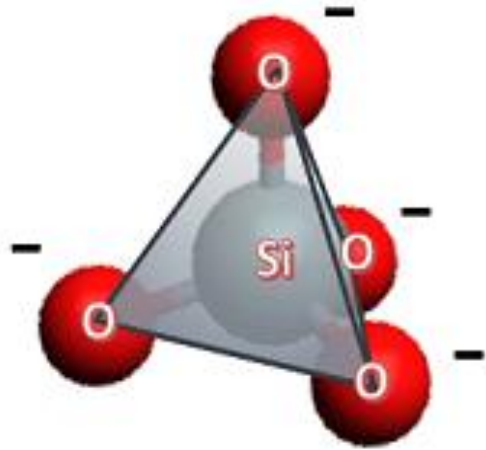
Cinabrio

Carbonatos	Están formados por la combinación del grupo carbonato (CO_3^{2-}) y un metal.	Calcita (CaCO_3) y la dolomita (MgCO_3), que forman las rocas carbonatadas. Otro carbonato de interés, por ser mena de hierro, es la siderita (FeCO_3).
Sulfatos	Son combinaciones del ion sulfato (SO_4^{2-}) con diferentes elementos.	El yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Otros sulfatos son la celestina (SrSO_4) y la baritina (BaSO_4).



2.2. Los minerales silicatados


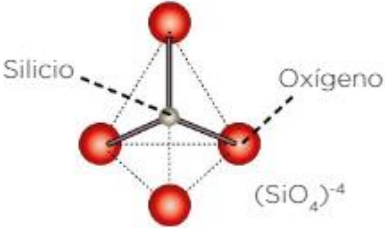

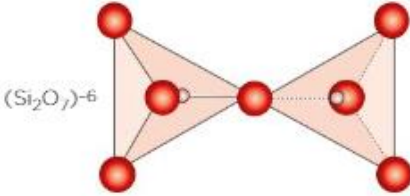

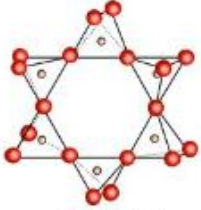

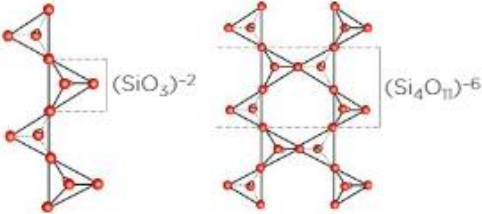
Los **minerales silicatados** o **silicatos** están formados por combinaciones del anión silicato $(\text{SiO}_4)^{-4}$, cuya estructura es un tetraedro con el átomo de silicio en el centro y los oxígenos en los vértices, con otros elementos que se unen al oxígeno, formándose polímeros o grupos de tetraedros enlazados.



Unidad básica de los silicatos



Grupos de minerales silicatados

Nombre del grupo	Descripción	Ejemplos	Estructura cristalina
Neosilicatos	Están formados por tetraedros de silicio aislados.	El olivino , el granate o la andalucita. 	 $(\text{SiO}_4)^{-4}$
Sorosilicatos	Están formados por parejas de tetraedros de silicio enlazadas por otros elementos.	La epidota . 	 $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{-6}$
Ciclosilicatos	Están compuestos por tetraedros de silicio enlazados por otros elementos, formando anillos.	El berilo . 	 $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{-12}$
Inosilicatos	Están constituidos por cadenas de tetraedros de silicio, sencillas o dobles. Cuando estas cadenas son sencillas forman los minerales del grupo de los piroxenos. Cuando las cadenas son dobles forman los minerales del grupo de los anfíboles.	Piroxeno, como augita ; anfíbol, como horblenda. 	 $(\text{SiO}_3)^{-2}$ $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{-6}$

Filosilicatos	Están formados por láminas de tetraedros de silicio unidas entre sí por otros elementos.	<p>El talco y las micas, como la biotita y la moscovita.</p> 	 <p>$(Si_2O_5)^{-2}$</p>
Tectosilicatos	Están compuestos por un armazón tridimensional compacto de tetraedros de silicio.	<p>El cuarzo y los feldespatos, como las plagioclasas.</p> 	 <p>(SiO_2)</p>

3

Las propiedades de los minerales

Los minerales tienen unas propiedades físicas características de la especie mineral. Estas propiedades dependen de la composición química y de la estructura cristalina, y pueden variar por impurezas, mezclas o defectos estructurales entre diferentes muestras. Sin embargo, en muchas ocasiones estas propiedades nos permiten identificar un mineral por simple inspección visual o mediante ensayos muy sencillos.

3.1. Principales propiedades de los minerales

Las propiedades físicas más importantes son las siguientes.

La densidad

La **densidad** es la relación entre la masa de un mineral y el volumen que ocupa. Suele expresarse en g/cm^3 .

Se consideran minerales ligeros si tienen densidades inferiores a $2,5 \text{ g/cm}^3$, y pesados, los superiores a 4 g/cm^3 .

Las propiedades magnéticas

Se relacionan con el contenido en hierro (Fe) del mineral. Los minerales con abundante hierro son fuertemente atraídos por un imán, y se denominan **ferromagnéticos**, como la magnetita. Algunos, como el hematites, son atraídos débilmente y se los denomina **paramagnéticos**. Los minerales que no contienen hierro, como el cuarzo, no son atraídos por el imán y se denominan **diamagnéticos**.



Las propiedades eléctricas

La **conductividad** es la facilidad de un mineral para transmitir la corriente eléctrica.

La mayoría de los minerales no son buenos conductores, pero los metales, los sulfuros y los óxidos metálicos sí conducen la corriente eléctrica. Algunos minerales al ser sometidos a presión adquieren cargas eléctricas de signo contrario en sus extremos. El fenómeno se conoce como **piezoelectricidad**. Por esa razón, el cuarzo puede generar chispas cuando es golpeado.



Las propiedades eléctricas

La **conductividad** es la facilidad de un mineral para transmitir la corriente eléctrica.

La mayoría de los minerales no son buenos conductores, pero los metales, los sulfuros y los óxidos metálicos sí conducen la corriente eléctrica. Algunos minerales al ser sometidos a presión adquieren cargas eléctricas de signo contrario en sus extremos. El fenómeno se conoce como **piezoelectricidad**. Por esa razón, el cuarzo puede generar chispas cuando es golpeado.

El brillo

El **brillo** es el aspecto que presenta la superficie del mineral cuando refleja la luz. El brillo puede ser vítreo, metálico, adamantino, sedoso...



Metálico



Vítreo



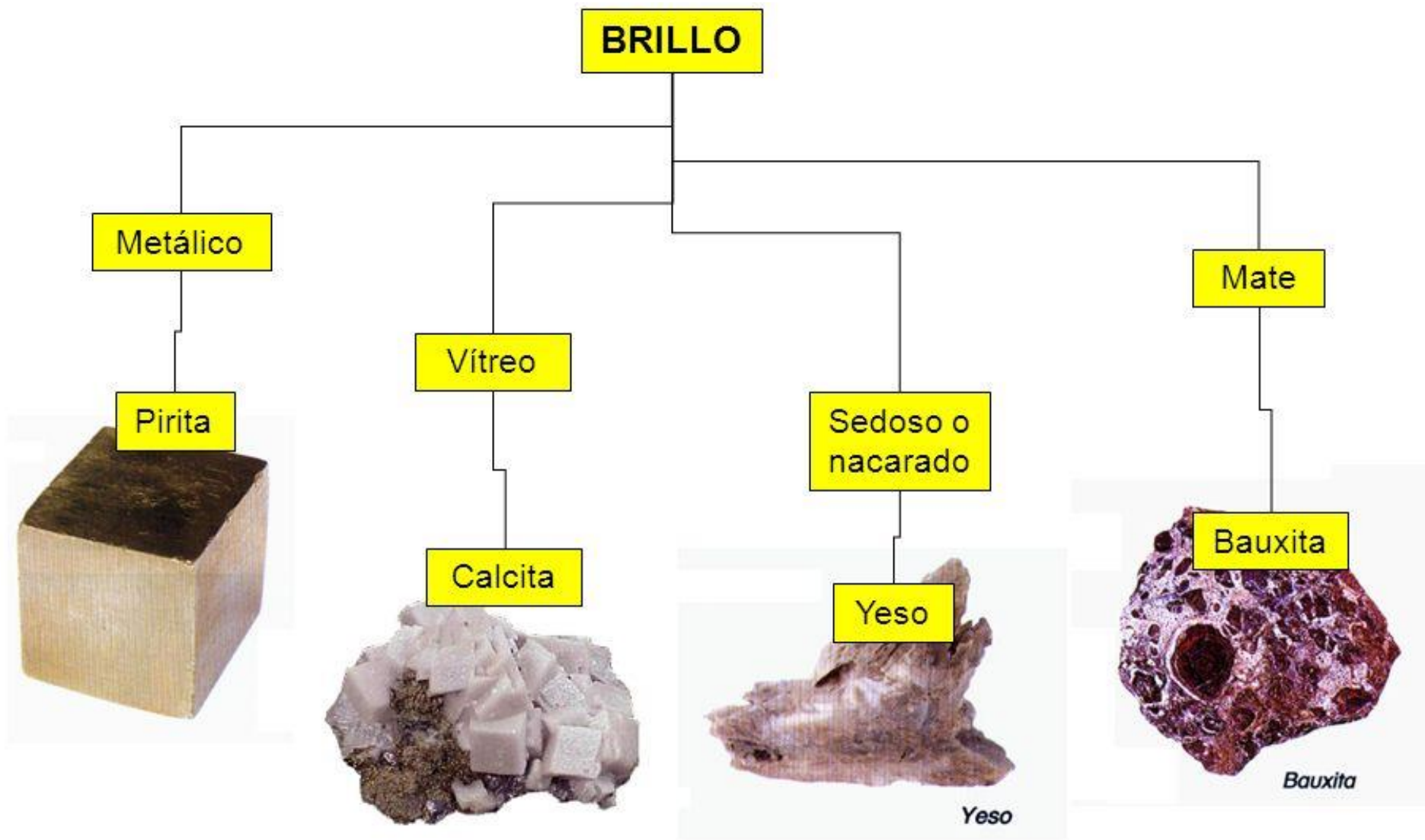
Nacarado



Graso



Mate



LAS PROPIEDADES DE LOS MINERALES

BRILLO

- **Carácter de la luz reflejada por la superficie del mineral**
- **Relacionado con la transparencia, índice de refracción, características de la superficie y hábito del mineral**

TIPOS COMUNES DE BRILLO

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Metálico	reflectancia muy fuerte, minerales opacos
Submetálico	menor reflectancia que el metálico
Vítreo	brillante, como el vidrio
Adamantino	muy brillante, como el diamante y similares
Resinoso	similar a la resina
Sedoso	similar a la seda
Graso	poco brillante, similar a materiales grasos
Perlado	iridiscencia blanquecina similar a la perla



Brillo

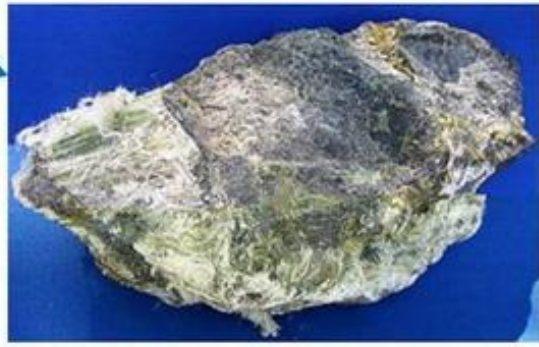
- **Metálico**
- **No metálico:**
 - Vítreo
 - Perlado
 - Céreo
 - Sedoso
 - Adamantino
 - Nacarado
 - Resinoso
 - Graso
 - Terroso (mate)



Fluorita



Talco



Asbesto



Blenda acaramelada

Yeso selenita



Cerusita

Las propiedades eléctricas

La **conductividad** es la facilidad de un mineral para transmitir la corriente eléctrica.

La mayoría de los minerales no son buenos conductores, pero los metales, los sulfuros y los óxidos metálicos sí conducen la corriente eléctrica. Algunos minerales al ser sometidos a presión adquieren cargas eléctricas de signo contrario en sus extremos. El fenómeno se conoce como **piezoelectricidad**. Por esa razón, el cuarzo puede generar chispas cuando es golpeado.

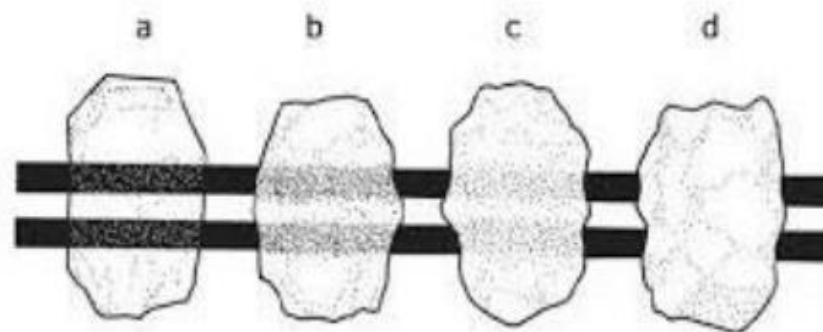
El brillo

El **brillo** es el aspecto que presenta la superficie del mineral cuando refleja la luz. El brillo puede ser vítreo, metálico, adamantino, sedoso...

La transparencia

Un mineral es **transparente** si deja pasar la luz y, por tanto, permite ver a su través.

Hay minerales **translúcidos**, si dejan pasar luz pero no se aprecian las formas a través de ellos, y **opacos**, si impiden totalmente el paso de la luz y no se puede ver a través de ellos.



Grados de transparencia del cristal de roca (a), cuarzo ahumado (b), ópalo (c) y jaspe (d).



OPACO
(ej.: dolomita)



TRANSLÚCIDO
(ej.: yeso)



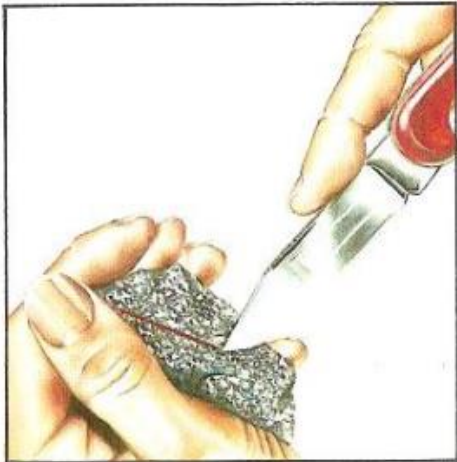
TRANSPARENTE
(ej.: halita)

El color

El **color** es el que tiene la superficie del mineral, y no siempre coincide con el que vemos a simple vista, ya que la superficie suele sufrir alteraciones.

Para observarlo hay que romper o pulverizar el mineral (a veces se recurre a **rayarlo**). Puede ser determinante en la identificación en algunos minerales como la azurita (azul) o el olivino (verde oliva), que siempre presentan el mismo color, pero no para minerales que muestran varios colores como el cuarzo.

La raya, o color del mineral en polvo, es una guía para la identificación de algunos minerales, ya que difiere del color normal del mineral. Abajo: La hematites, un óxido de hierro, es de color gris metálico a negro, pero si rayamos su superficie, el polvo producido es de color rojo oscuro a marrón rojizo.



El color

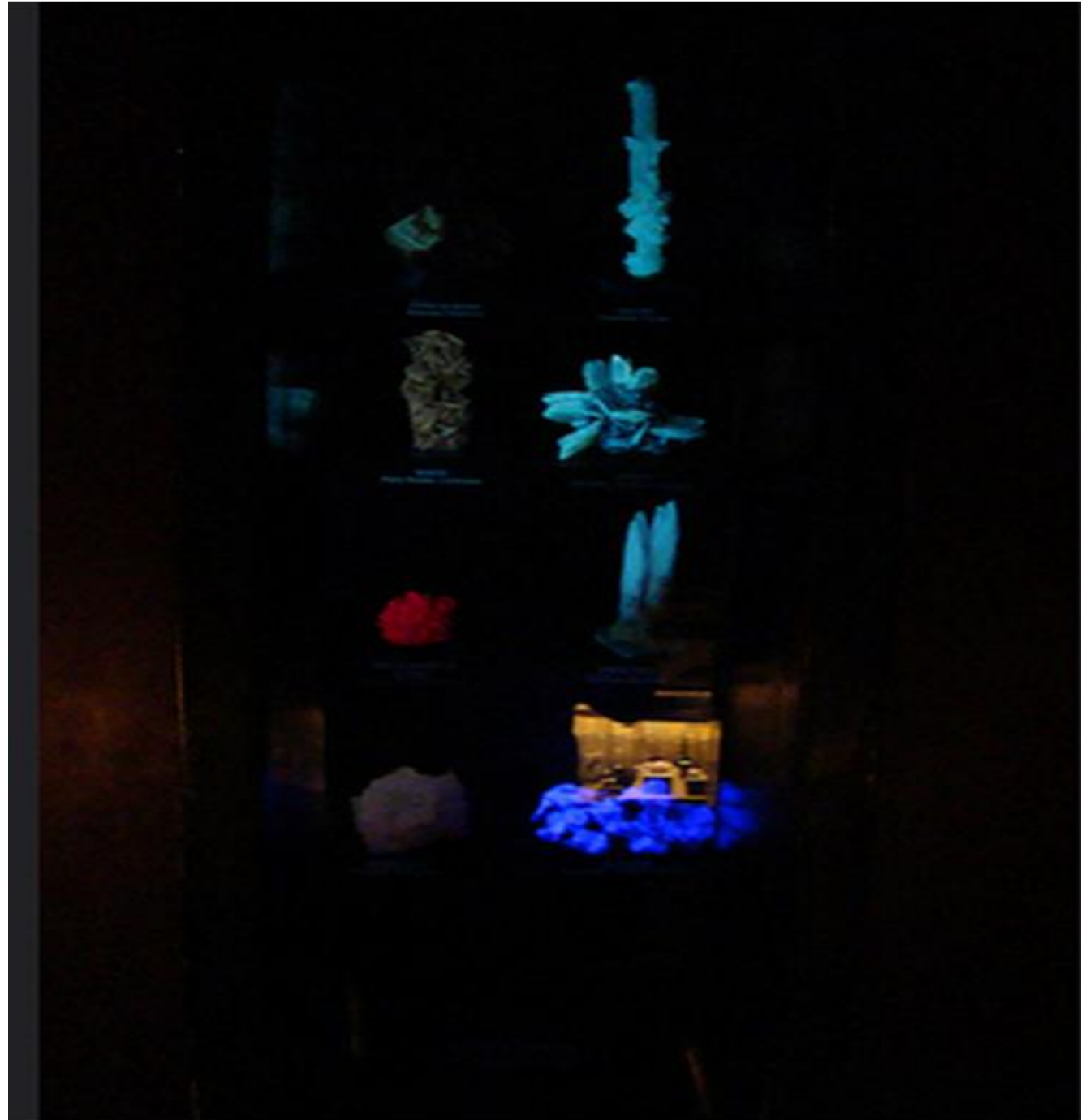
El **color** es el que tiene la superficie del mineral, y no siempre coincide con el que vemos a simple vista, ya que la superficie suele sufrir alteraciones.

Para observarlo hay que romper o pulverizar el mineral (a veces se recurre a **rayarlo**). Puede ser determinante en la identificación en algunos minerales como la azurita (azul) o el olivino (verde oliva), que siempre presentan el mismo color, pero no para minerales que muestran varios colores como el cuarzo.

La luminiscencia

La **luminiscencia** es la propiedad de emitir luz cuando se iluminan con luz ultravioleta, como la fluorita.





El color

El **color** es el que tiene la superficie del mineral, y no siempre coincide con el que vemos a simple vista, ya que la superficie suele sufrir alteraciones.

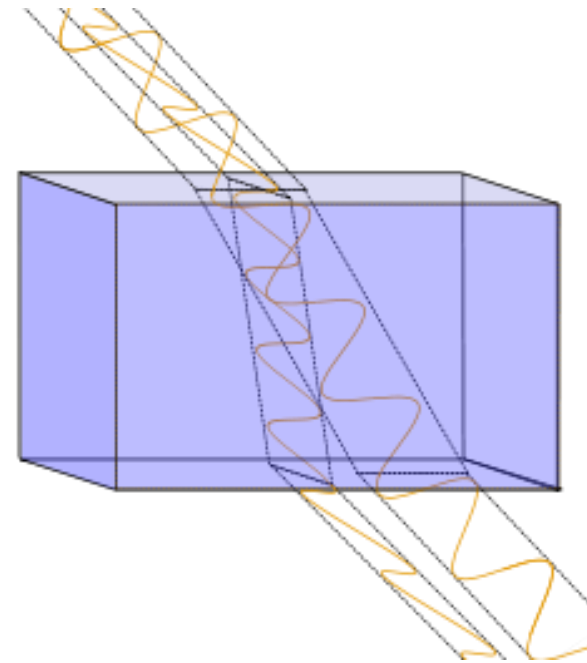
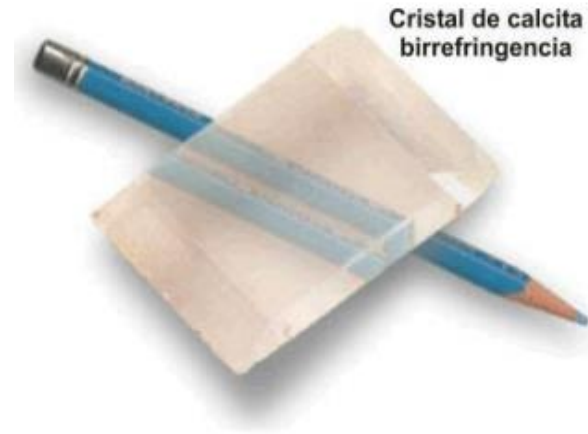
Para observarlo hay que romper o pulverizar el mineral (a veces se recurre a **rayarlo**). Puede ser determinante en la identificación en algunos minerales como la azurita (azul) o el olivino (verde oliva), que siempre presentan el mismo color, pero no para minerales que muestran varios colores como el cuarzo.

La luminiscencia

La **luminiscencia** es la propiedad de emitir luz cuando se iluminan con luz ultravioleta, como la fluorita.

La birrefringencia

La **birrefringencia** es la propiedad que tienen algunos minerales de separar un rayo luminoso en dos (doble refracción) y ver imágenes dobles a través de él.



La dureza

La **dureza** es la resistencia que ofrece la superficie de un mineral a ser rayada.

Para cuantificar la dureza se utiliza la **escala de Mohs** que toma como referencia 10 minerales y les asigna un valor, del 1 al 10, de forma que cada mineral es rayado por todos los de mayor dureza.

Dureza	Mineral	Comentario
1	Talco	Se puede rayar fácilmente 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	Fluorita	Se puede rayar con un cuchillo
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con un cuchillo
6	Ortoclasa	Se puede rayar con una lija de acero
7	Cuarzo	Raya el vidrio
8	Topacio	Raya a todos los anteriores. Esmeralda
9	Corindón	Zafiros y rubíes son formas de corindón
10	Diamante	Es el mineral natural más duro



ESCALA DE MOHS

1. Talco



2. Yeso



3. Calcita



4. Fluorita



5. Apatito



6. Ortosa



7. Cuarzo



8. Topacio



9. Corindón



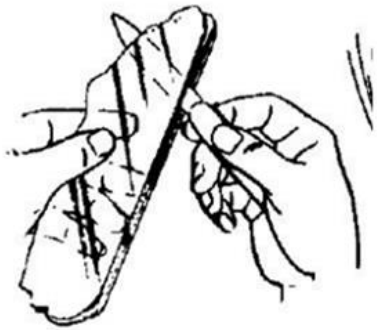
10. Diamante



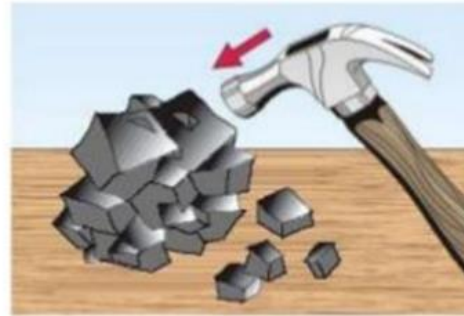
La fractura

La **fractura** es la rotura de un mineral a lo largo de una superficie irregular.

La **exfoliación** es la propiedad por la que un mineral se rompe a favor de alguna de sus caras planas: en láminas, como las micas; en romboedros, en la calcita, o en cubos, como la galena. Esta propiedad está íntimamente ligada a la estructura cristalina.



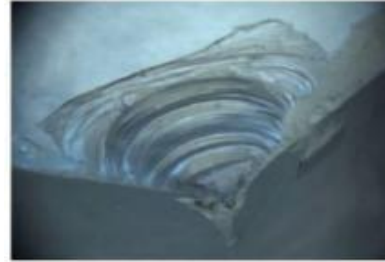
Exfoliación en láminas de la mica.



La galena se exfolia en cubos.



Tipos de fracturas



CONCOIDAL
(ej.: cuarzo)



IRREGULAR
(ej.: caolinita)



FIBROSA
(ej.: asbesto)

Otras propiedades mecánicas

Hay propiedades de los minerales que se describen con términos, como **tenaz**, cuando el mineral opone resistencia a la rotura o deformación; **frágil**, si se rompe con facilidad; **maleable**, si se lamina mediante golpes; **dúctil**, si se puede estirar en forma de un hilo.



El cobre es un mineral dúctil.



La maleabilidad del oro permite obtener pan de oro.

El magmatismo y las rocas magmáticas

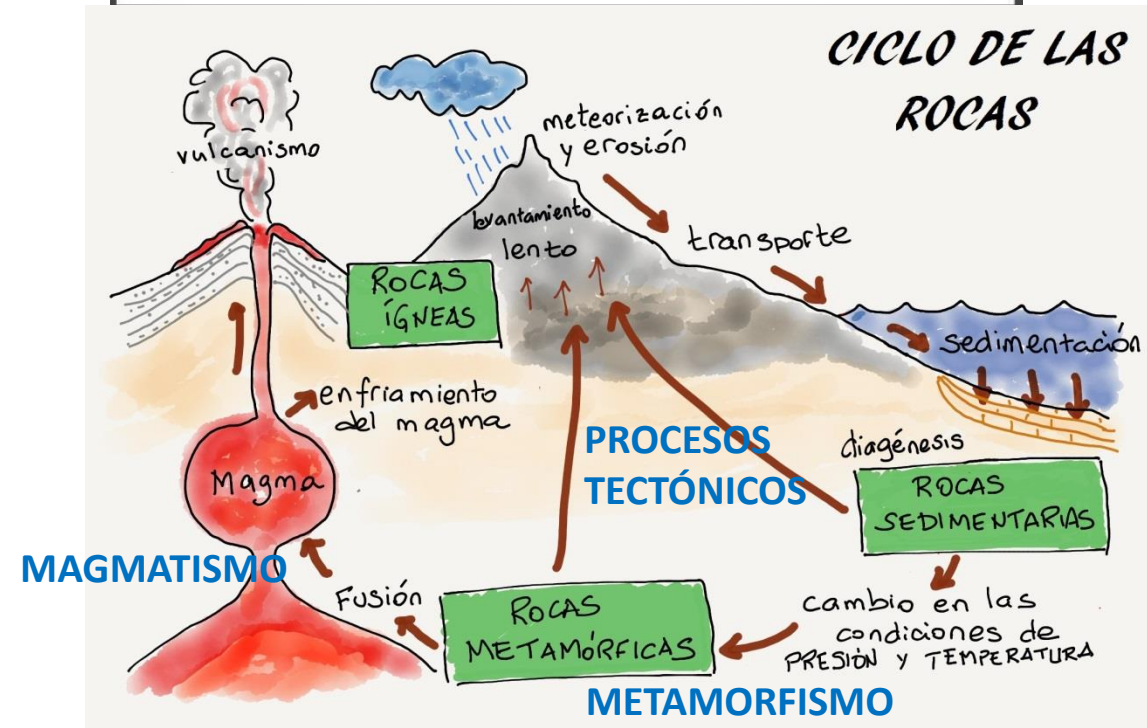
4.1. Los procesos geológicos

En la naturaleza, por lo general, los minerales se encuentran formando parte de las rocas, a menudo asociados a otros minerales.

Las rocas son **agregados naturales** de uno o varios minerales. Se clasifican, utilizando como criterio su proceso de formación, en rocas **magmáticas**, rocas **metamórficas** y rocas **sedimentarias**.

Las rocas de la geosfera no han permanecido inalteradas desde la formación del planeta. Por el contrario, están sujetas a la acción de un conjunto de **procesos geológicos**, como consecuencia de los cuales las rocas se forman y se destruyen de manera continua. Este conjunto de procesos conforma el denominado **ciclo de las rocas**. Los procesos geológicos, que estudiarás a lo largo de esta y de la próxima unidad, se dividen en dos grandes grupos: los endógenos y los exógenos.

- Los **procesos geológicos endógenos** son consecuencia de la energía interna terrestre. Estos procesos son responsables de la formación de nuevas rocas y de la deformación de rocas preexistentes. Son el **magmatismo**, el **metamorfismo** y los **procesos tectónicos**.
- Los **procesos geológicos exógenos** tienen lugar en la superficie terrestre y resultan de la interacción de las rocas con la atmósfera y la hidrosfera. Estos procesos son responsables de la destrucción de las rocas de la corteza terrestre, el modelado de su superficie y la formación de nuevas rocas. Son la **meteorización**, la **erosión**, el **transporte**, la **sedimentación** y la **diagénesis**.



El magmatismo y las rocas magmáticas

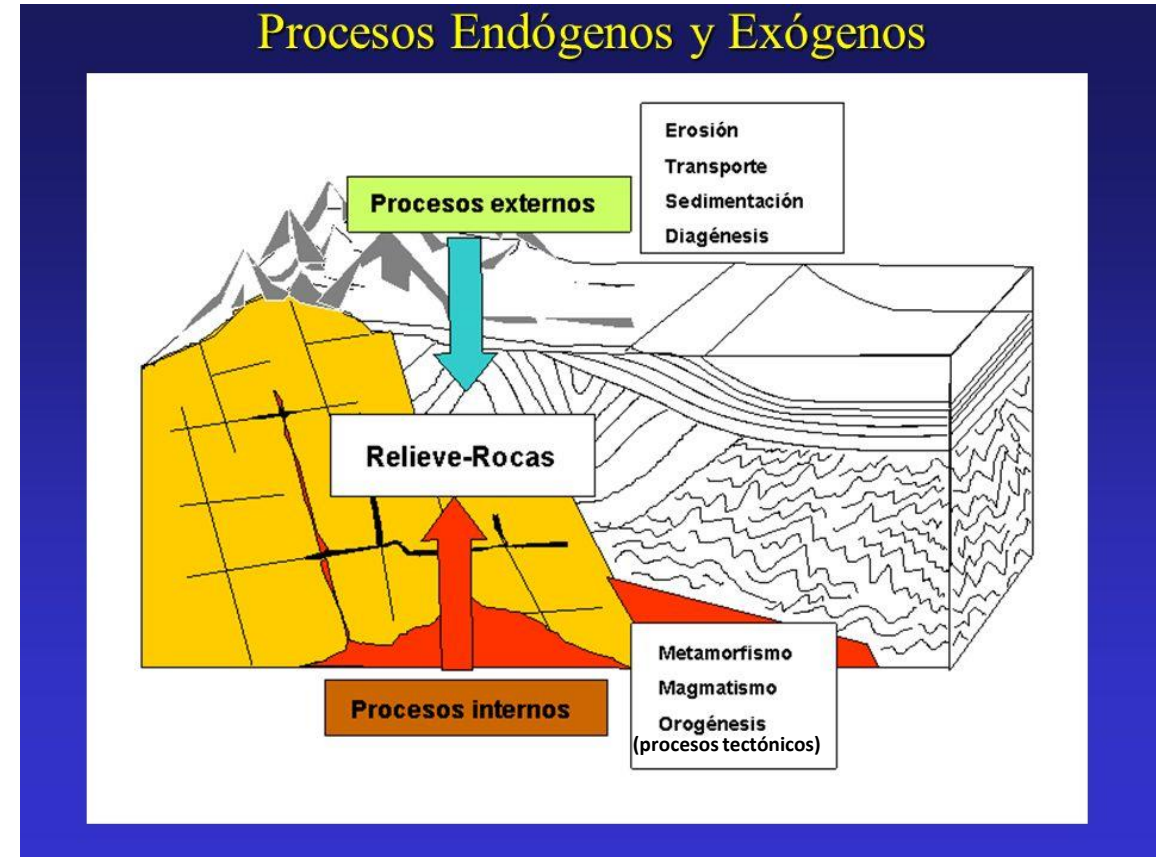
4.1. Los procesos geológicos

En la naturaleza, por lo general, los minerales se encuentran formando parte de las rocas, a menudo asociados a otros minerales.

Las rocas son **agregados naturales** de uno o varios minerales. Se clasifican, utilizando como criterio su proceso de formación, en rocas **magmáticas**, rocas **metamórficas** y rocas **sedimentarias**.

Las rocas de la geosfera no han permanecido inalteradas desde la formación del planeta. Por el contrario, están sujetas a la acción de un conjunto de **procesos geológicos**, como consecuencia de los cuales las rocas se forman y se destruyen de manera continua. Este conjunto de procesos conforma el denominado **ciclo de las rocas**. Los procesos geológicos, que estudiarás a lo largo de esta y de la próxima unidad, se dividen en dos grandes grupos: los endógenos y los exógenos.

- Los **procesos geológicos endógenos** son consecuencia de la energía interna terrestre. Estos procesos son responsables de la formación de nuevas rocas y de la deformación de rocas preexistentes. Son el **magmatismo**, el **metamorfismo** y los **procesos tectónicos**.
- Los **procesos geológicos exógenos** tienen lugar en la superficie terrestre y resultan de la interacción de las rocas con la atmósfera y la hidrosfera. Estos procesos son responsables de la destrucción de las rocas de la corteza terrestre, el modelado de su superficie y la formación de nuevas rocas. Son la **meteorización**, la **erosión**, el **transporte**, la **sedimentación** y la **diagénesis**.



4.2. El magmatismo

El **magmatismo** es el conjunto de los procesos geológicos en los que intervienen **magmas** que, al **enfriarse** y **solidificarse**, generan las **rocas magmáticas**.

El **magma** se forma en zonas profundas de la corteza terrestre y del manto superior. En estas regiones, se dan las condiciones necesarias para que las rocas se fundan, debido a los flujos ascendentes de materiales desde las capas más internas, producidos por la energía geotérmica, y a las interacciones entre las placas tectónicas. Estos procesos geológicos son responsables de que las rocas se encuentren a **temperaturas elevadas**, lo que permite su fusión. Además, los **movimientos tectónicos** pueden provocar la **disminución** de la **presión** a la que se hallan sometidas las rocas y la **entrada de agua**, lo que disminuye los puntos de fusión de los minerales, facilitando el proceso.



MAGMA Y SU ORIGEN

ROCA



¿Por qué se funden las rocas?



MAGMA

POR AUMENTO DE TEMPERATURA



Fricción de dos placas litosféricas, por llegada de material caliente o por la presencia de elementos radiactivos

POR DISMINUCIÓN DE LA PRESIÓN



El punto de fusión de un mineral aumenta con la presión. En rift continentales y dorsales

POR INCORPORACIÓN DE AGUA



La adición de agua disminuye el punto de fusión. En zonas de subducción

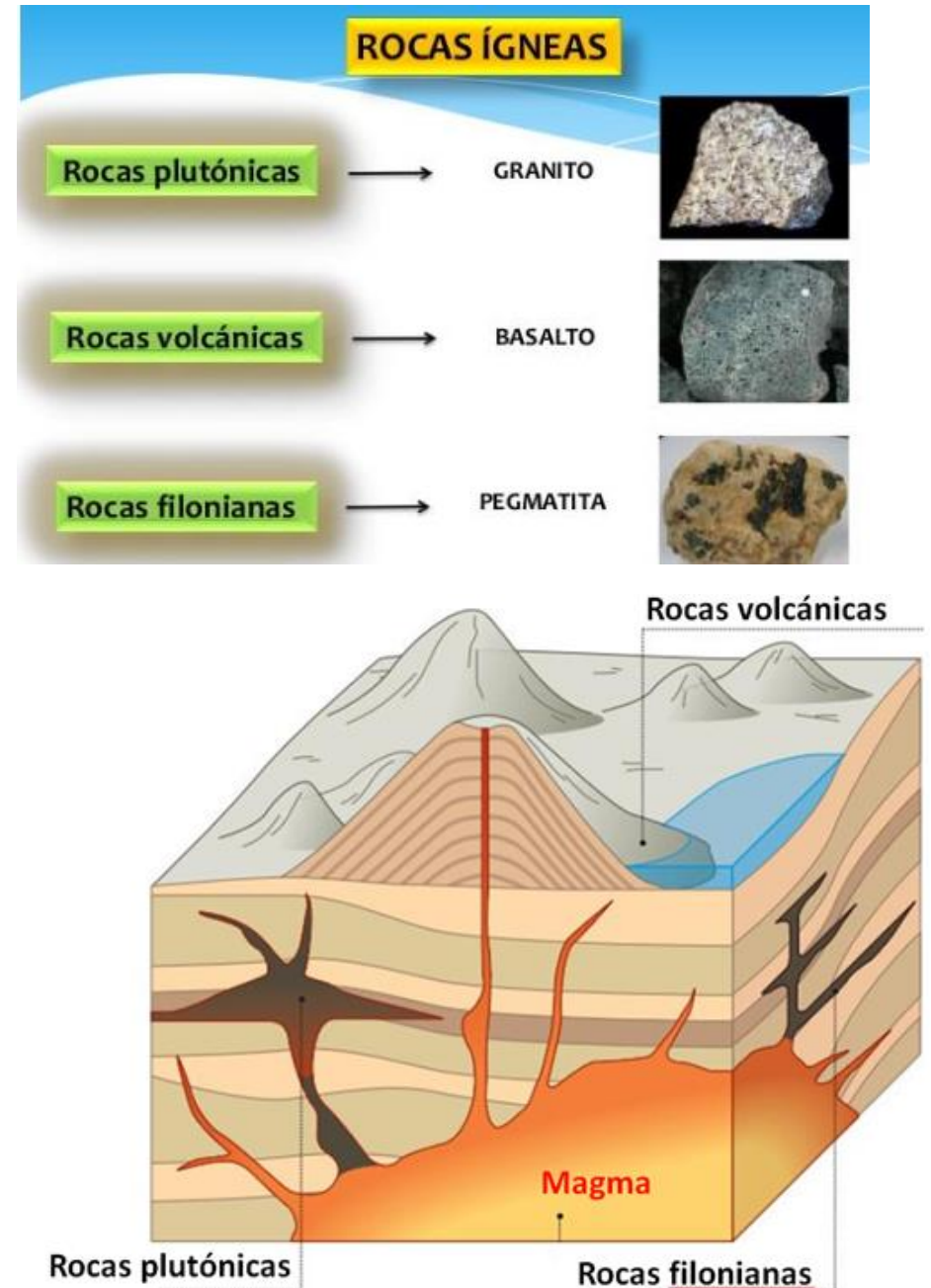
4.2. El magmatismo

El **magmatismo** es el conjunto de los procesos geológicos en los que intervienen **magmas** que, al **enfriarse** y **solidificarse**, generan las **rocas magmáticas**.

El **magma** se forma en zonas profundas de la corteza terrestre y del manto superior. En estas regiones, se dan las condiciones necesarias para que las rocas se fundan, debido a los flujos ascendentes de materiales desde las capas más internas, producidos por la energía geotérmica, y a las interacciones entre las placas tectónicas. Estos procesos geológicos son responsables de que las rocas se encuentren a **temperaturas elevadas**, lo que permite su fusión. Además, los **movimientos tectónicos** pueden provocar la **disminución** de la **presión** a la que se hallan sometidas las rocas y la **entrada de agua**, lo que disminuye los puntos de fusión de los minerales, facilitando el proceso.

El magma fluido tiene una densidad menor que las rocas que lo rodean, por lo que tiende a ascender a regiones más superficiales. En ocasiones, el magma asciende hasta la superficie terrestre, transformándose en **lava**.

Cuando el magma se enfría y solidifica da lugar a la formación de **rocas magmáticas**. El tipo de roca que se forma depende de la **composición química** del **magma** y del lugar donde se produce el enfriamiento y la solidificación, que determinará que este sea lento o rápido. Así, tendremos diferentes tipos de **rocas plutónicas**, originadas en profundidad por un **enfriamiento lento**, y diversas **rocas volcánicas**, originadas en la superficie por un **enfriamiento rápido** de la lava.



La composición química de los magmas

Los magmas se clasifican según su composición química y atendiendo, principalmente, a su contenido en sílice en:

- **Los magmas basálticos.** Son magmas de carácter básico, con un bajo contenido en sílice, menor del 50%. Proceden de la fusión de las rocas del manto superior. Cuando solidifican forman rocas oscuras, como el **basalto** o el **gabro**.
- **Los magmas graníticos.** Son magmas de carácter ácido, con un elevado contenido en sílice, mayor del 65%. Proceden de la fusión de las rocas de zonas profundas de la litosfera continental. Cuando solidifican forman rocas de colores claros, como la **riolita** o el **granito**.
- **Los magmas andesíticos.** Son magmas de características intermedias, con un contenido en sílice, de entre del 50 y el 60%. Proceden de la fusión de rocas de zonas de la litosfera menos profundas, tanto oceánica como continental. Cuando solidifican forman rocas de colores intermedios, como la **andesita** o la **diorita**.

Tipos de magmas

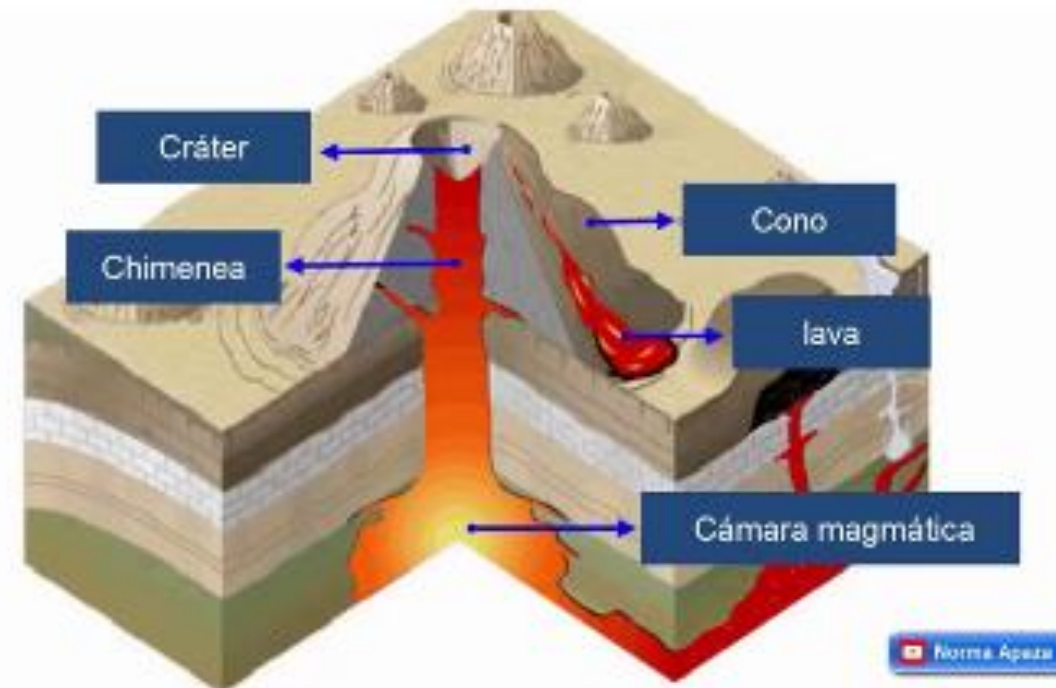


rocas ácidas	rocas intermedias		rocas básicas
riolita	dacita	andesita	basalto
granito	granodiorita	diorita	gabro

4.3. El vulcanismo

El **vulcanismo** es el conjunto de los procesos geológicos asociados al **ascenso de magma** hasta la **superficie terrestre**, a través de grietas o fisuras en la litosfera, originando un **volcán**.

Una **erupción volcánica** tiene lugar cuando se produce una presión excesiva en la cámara magmática, bien por acumulación de gases, o bien por la entrada de agua. El magma asciende a la superficie, a través de grietas o fisuras en la litosfera, formando la **chimenea del volcán**, y la lava sale al exterior por un punto determinado de la corteza terrestre, generando un **cráter**. El enfriamiento de la lava es rápido, por lo que los procesos de cristalización son escasos.



Los productos volcánicos

Durante una erupción volcánica se emiten gran cantidad de materiales, procedentes de la cámara magmática, que pueden encontrarse en los tres estados de la materia.

- **Los gases.** Son de naturaleza química muy variada. Los más abundantes son el **vapor de agua** y el **dióxido de carbono**, además de otros gases, como **óxidos de azufre** y de **nitrógeno**, **amoníaco**, **sulfuro de hidrógeno**, etc.

Algunos volcanes emiten una masa de gas y ceniza a altas temperaturas llamada **nube ardiente**. En momentos de baja actividad, se pueden registrar en su entorno emisiones de gases ricos en SO_2 (**solfataras**) o de vapor de agua (**géiseres** y **lodos hirvientes**), lo que muestra el elevado calor interno debido a la proximidad del magma a la superficie.

Ⓐ El Etna emitiendo gas durante una erupción. Ⓑ Solfataras (Islandia). Ⓒ Lodos hirvientes (Islandia).



Formas de emisión de gases en los volcanes.

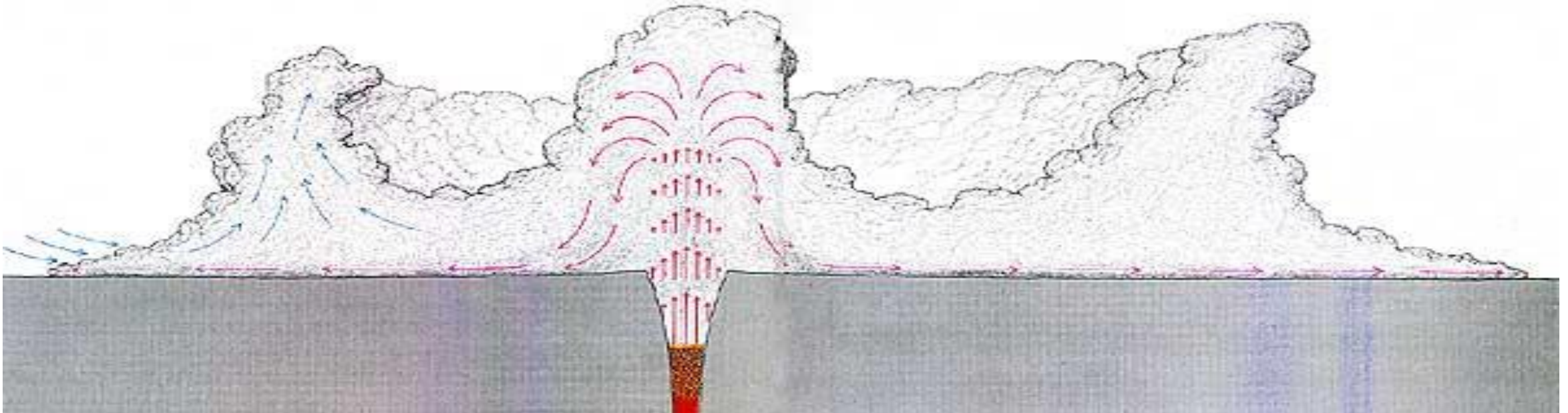








- **Nubes ardientes.** Es la manifestación volcánica de mayor gravedad. Se origina como una columna eruptiva, en vez de ascender en el seno del aire, cae bruscamente y en segundos desciende vertiginosamente (200 km/h) por la ladera del volcán como una nube de fuego rodante constituida por gases y por fragmentos incandescentes de piedra pómez y cenizas, que deposita en los lugares por donde pasa, pudiendo desplazarse hasta 100 kilómetros de distancia, salvando incluso pequeñas elevaciones orográficas. Las nubes ardientes producen daños por combustión, gravísimas quemaduras, muerte por asfixia, debido a la inhalación de polvo al fojo vivo, y destrucción total de todos los bienes materiales.























Los productos volcánicos

Durante una erupción volcánica se emiten gran cantidad de materiales, procedentes de la cámara magmática, que pueden encontrarse en los tres estados de la materia.

- **Los gases.** Son de naturaleza química muy variada. Los más abundantes son el **vapor de agua** y el **dióxido de carbono**, además de otros gases, como **óxidos de azufre** y de **nitrógeno**, **amoníaco**, **sulfuro de hidrógeno**, etc.
- **La lava.** Es el componente fluido del magma, que asciende por la chimenea, sale por el cráter y circula por la superficie. La composición química de la lava determina su viscosidad y, por tanto, su capacidad para fluir. Las lavas de composición química básica son poco viscosas, por lo que fluyen con facilidad por la superficie, formando **coladas**. Las de composición ácida son más viscosas, lo que dificulta su flujo en superficie.

TIPOS DE LAVAS

Lavas ácidas

Contienen un elevado porcentaje de sílice y su temperatura es menor de 900°C.

Son viscosas, lo cual dificulta el escape de los gases. A consecuencia de ello, las erupciones son explosivas y al enfriarse la lava se forman numerosas vacuolas.

Se mueven lentamente y solidifican cerca del cráter.

Las acumulaciones de lava ácida se denominan malpaís o lavas aa (A), de superficie rota e irregular.

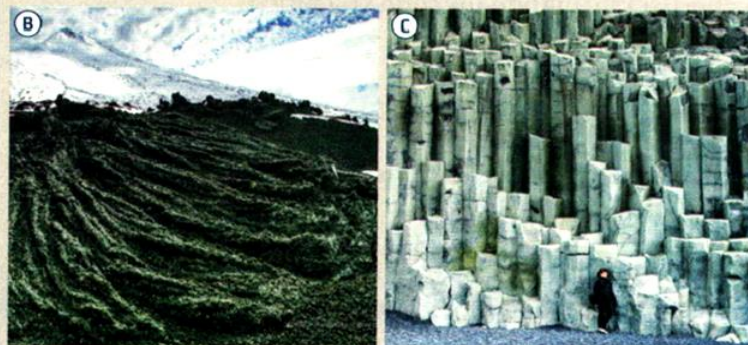


Lavas básicas

Contienen menos sílice y están a mayor temperatura (1 000-1 200°C).

Son muy fluidas y, por tanto, sus coladas recorren rápidamente distancias mayores y ocupan superficies más extensas tras erupciones poco violentas. Al enfriarse forman superficies muy lisas, llamadas **pahoehoe**, que pueden arrugarse formando lavas cordadas (B).

Al enfriarse la lava se pueden formar, perpendicularmente al flujo de la colada, unas espectaculares morfologías llamadas **prismas de disyunción columnar** (C), cuya sección es pentagonal o hexagonal.



TIPOS DE LAVAS

Lavas ácidas

Contienen un elevado porcentaje de sílice y su temperatura es menor de 900°C .

Son viscosas, lo cual dificulta el escape de los gases. A consecuencia de ello, las erupciones son explosivas y al enfriarse la lava se forman numerosas vacuolas.

Se mueven lentamente y solidifican cerca del cráter.

Las acumulaciones de lava ácida se denominan malpaís o lavas aa (A), de superficie rota e irregular.

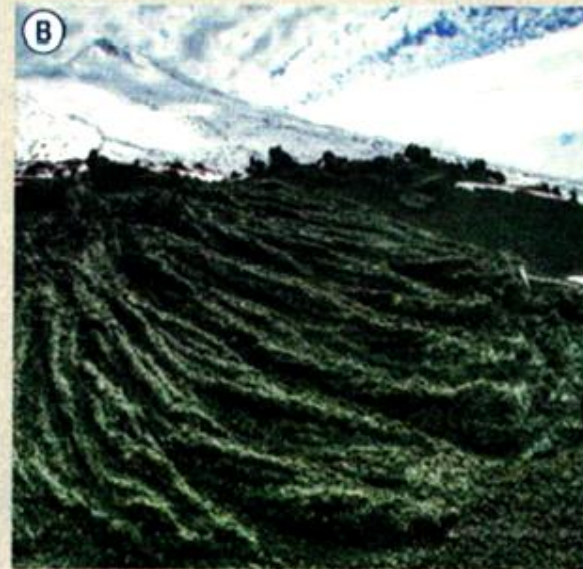


Lavas básicas

Contienen menos sílice y están a mayor temperatura ($1\ 000\text{-}1\ 200^{\circ}\text{C}$).

Son muy fluidas y, por tanto, sus coladas recorren rápidamente distancias mayores y ocupan superficies más extensas tras erupciones poco violentas. Al enfriarse forman superficies muy lisas, llamadas pahoehoe, que pueden arrugarse formando lavas cordadas (B).

Al enfriarse la lava se pueden formar, perpendicularmente al flujo de la colada, unas espectaculares morfologías llamadas prismas de disyunción columnar (C), cuya sección es pentagonal o hexagonal.







TIPOS DE LAVAS

Lavas ácidas

Contienen un elevado porcentaje de sílice y su temperatura es menor de 900°C .

Son viscosas, lo cual dificulta el escape de los gases. A consecuencia de ello, las erupciones son explosivas y al enfriarse la lava se forman numerosas vacuolas.

Se mueven lentamente y solidifican cerca del cráter.

Las acumulaciones de lava ácida se denominan malpaís o lavas aa (A), de superficie rota e irregular.

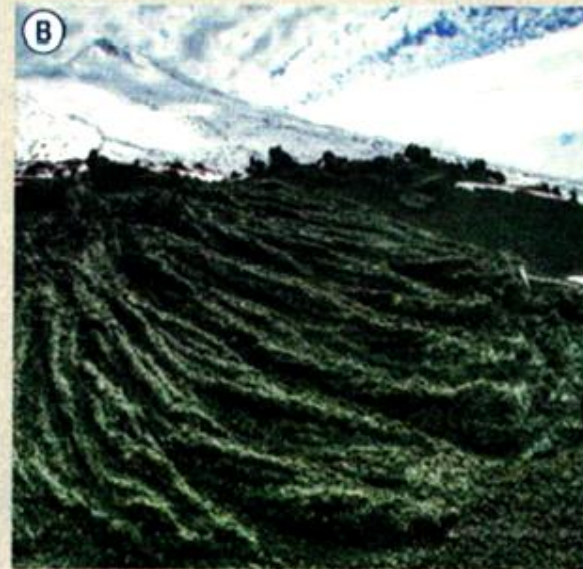


Lavas básicas

Contienen menos sílice y están a mayor temperatura ($1\ 000\text{-}1\ 200^{\circ}\text{C}$).

Son muy fluidas y, por tanto, sus coladas recorren rápidamente distancias mayores y ocupan superficies más extensas tras erupciones poco violentas. Al enfriarse forman superficies muy lisas, llamadas pahoehoe, que pueden arrugarse formando lavas cordadas (B).

Al enfriarse la lava se pueden formar, perpendicularmente al flujo de la colada, unas espectaculares morfologías llamadas prismas de disyunción columnar (C), cuya sección es pentagonal o hexagonal.

















Los productos volcánicos

Durante una erupción volcánica se emiten gran cantidad de materiales, procedentes de la cámara magmática, que pueden encontrarse en los tres estados de la materia.

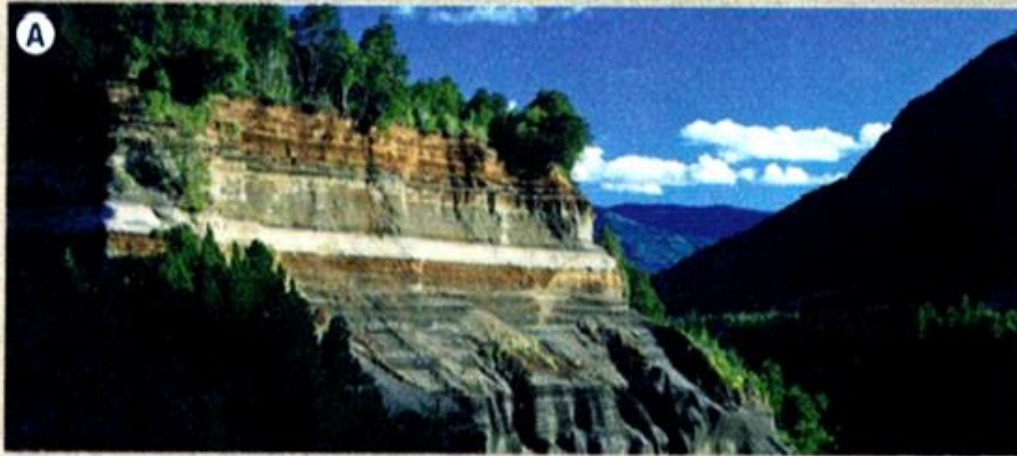
- **Los gases.** Son de naturaleza química muy variada. Los más abundantes son el **vapor de agua** y el **dióxido de carbono**, además de otros gases, como **óxidos de azufre** y de **nitrógeno, amoníaco, sulfuro de hidrógeno**, etc.
- **La lava.** Es el componente fluido del magma, que asciende por la chimenea, sale por el cráter y circula por la superficie. La composición química de la lava determina su viscosidad y, por tanto, su capacidad para fluir. Las lavas de composición química básica son poco viscosas, por lo que fluyen con facilidad por la superficie, formando **coladas**. Las de composición ácida son más viscosas, lo que dificulta su flujo en superficie.
- **Los piroclastos.** Son materiales que solidifican antes de que el magma alcance la superficie, por lo que se emiten en estado sólido. Dependiendo del tamaño se clasifican en **bombas volcánicas**, de diámetro mayor a 64 mm; **lapilli**, cuando su diámetro está comprendido entre 2 y 64 mm, y **cenizas** y **polvo volcánico**, inferiores a los 2 mm de diámetro.

Cenizas	Lapilli	Bombas y bloques
<p>Son fragmentos vítreos muy finos, expulsados generalmente en erupciones de lavas ácidas.</p> <p>Su diámetro es inferior a 2 mm, pueden cubrir áreas muy extensas y formar grandes acumulaciones una vez depositadas sobre la superficie. Algunas acumulaciones de cenizas en superficie (A) o en depósitos de fondos de lago, han permitido reconstruir la historia eruptiva de sus volcanes de origen.</p>	<p>Son fragmentos rocosos cuyo diámetro oscila entre 2 y 64 mm (B).</p> <p>Suelen formar, al depositarse, capas de escasa extensión lateral. En ocasiones se sueldan y dan lugar a una roca llamada toba volcánica.</p>	<p>Engloba todos los materiales sólidos superiores a los 64 mm de diámetro. Algunos pueden alcanzar los 6 m de longitud y las doscientas toneladas de peso.</p> <p>Las bombas (C) son emitidas aún en estado fundido y se solidifican en el aire, razón por la que adquieren un aspecto fusiforme. Los bloques se expulsan ya en estado sólido.</p>
		

Cenizas

Son fragmentos vítreos muy finos, expulsados generalmente en erupciones de lavas ácidas.

Su diámetro es inferior a 2 mm, pueden cubrir áreas muy extensas y formar grandes acumulaciones una vez depositadas sobre la superficie. Algunas acumulaciones de cenizas en superficie (A) o en depósitos de fondos de lago, han permitido reconstruir la historia eruptiva de sus volcanes de origen.



Lapilli

Son fragmentos rocosos cuyo diámetro oscila entre 2 y 64 mm (B).

Suelen formar, al depositarse, capas de escasa extensión lateral. En ocasiones se sueldan y dan lugar a una roca llamada toba volcánica.



Bombas y bloques

Engloba todos los materiales sólidos superiores a los 64 mm de diámetro. Algunos pueden alcanzar los 6 m de longitud y las doscientas toneladas de peso.

Las bombas (C) son emitidas aún en estado fundido y se solidifican en el aire, razón por la que adquieren un aspecto fusiforme. Los bloques se expulsan ya en estado sólido.





Manto de cenizas en el entorno del cono principal del volcán de La Palma. IGME.



El volcán de La Palma detrás de una vivienda inundada por la ceniza en el barrio de Las Manchas











LOS HUEVOS DEL TEIDE

THE TEIDE EGGS

El nombre científico de los huevos del Teide es el de bolas de acreción. Se forman cuando la lava desciende por una pendiente muy pronunciada y algunos fragmentos ya solidificados ruedan sobre la superficie todavía fundida, acumulando capas de lava igual que lo haría una bola de nieve.

Este fenómeno aquí es muy llamativo porque algunas de estas bolas de tonos oscuros han adelantado a su propia colada, dispersándose sobre la piedra pómez de color claro de Montaña Blanca.

The scientific name for the Teide eggs is accretion



PRINCIPALES TIPOS DE ROCAS VOLCÁNICAS

Las **rocas volcánicas** se forman en la superficie terrestre, cuando el magma sale al exterior y se transforma en **lava**.

Estas rocas tienen texturas **hipocristalinas, vítreas o vacuolares**, en las que rara vez se observan cristales o estos son de muy pequeño tamaño. Algunas de las rocas volcánicas más representativas son:

El basalto



Roca de carácter básico y color muy oscuro. Está formada por plagioclasas, piroxeno y, en ocasiones, olivino. Su textura es vítrea o hipocristalina.

La pumita



Roca de carácter ácido y color claro. Está formada por cuarzo, feldespato y plagioclasas. Es una roca muy ligera, que flota en el agua, debido a su textura vacuolar.

La andesita



Roca de composición química intermedia y colores claros. Está formada fundamentalmente por plagioclasas y otros minerales, entre los que se puede encontrar el cuarzo.

La obsidiana



Roca de carácter ácido y color negro verdoso muy característico. Está formada fundamentalmente por silicatos. Sin embargo, no tiene estructura cristalina, por lo que se considera un mineraloide. La obsidiana se denomina también vidrio volcánico, por su textura vítrea.

La andesita



La obsidiana



4.4. El magmatismo plutónico

El **magmatismo plutónico** es el conjunto de los procesos geológicos asociados a la **consolidación del magma en zonas profundas** de la litosfera, que forman **plutones**, intrusiones de rocas plutónicas en las rocas encajantes.

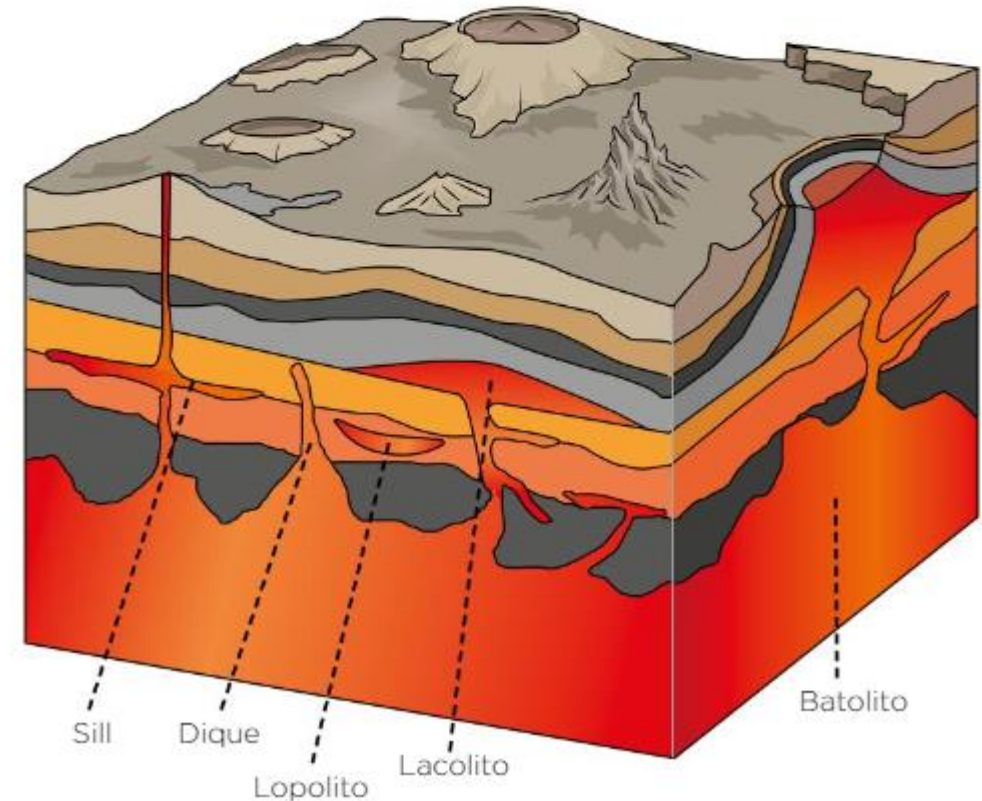
Los plutones se forman en el interior de la litosfera, por un **enfriamiento lento**, asociado a un grado importante de **crystalización**, por lo que en estas rocas se pueden observar **crisales de gran tamaño**.

Los tipos de plutones

Los plutones pueden ser concordantes y discordantes.

- Los **plutones son concordantes** o **tabulares** si su estructura es paralela a la roca encajante, y son:
 - Los **sills**, que son cuerpos intrusivos de forma tabular, paralelos a la roca encajante. Aunque su espesor es pequeño, pueden alcanzar grandes superficies.
 - Los **lacolitos**, que son estructuras de forma lenticular, de base plana y techo abombado.
 - Los **lopolitos**, que son plutones de forma lenticular invertida, con una depresión en su centro.

- Los **plutones son discordantes** o **masivos** cuando su contacto con la roca encajante es irregular y son:
 - Los **batolitos**, que son cuerpos plutónicos de grandes dimensiones formados en profundidad, con forma de cúpula. Pueden alcanzar miles de km de extensión.
 - Los **diques**, que son cuerpos de forma tabular, que cortan a la roca encajante. Pueden alcanzar longitudes de miles de km y encontrarse aislados o formando grupos llamados **enjambres**.



PRINCIPALES TIPOS DE ROCAS PLUTÓNICAS

Las **rocas plutónicas** tienen textura **holocristalina**, en las que se observan cristales de gran tamaño de diferentes minerales. Algunas de las rocas plutónicas más representativas son:

La peridotita



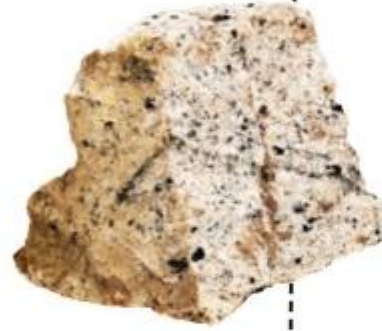
Roca muy básica, con un contenido en sílice inferior al 40%, de color oscuro. Está formada por olivino y piroxenos. Es el principal componente del manto terrestre.

El gabro



Roca de carácter básico y color oscuro. Está formada por piroxeno y plagioclasas en proporciones similares.

La diorita



Roca con un contenido intermedio en sílice y de colores más claros. Está formada por abundantes plagioclasas y algo de piroxeno.

El granito



Roca de carácter ácido y colores claros. Está formada por cuarzo, feldespatos y mica.

El metamorfismo y las rocas metamórficas

5.1. El metamorfismo

El **metamorfismo** es el conjunto de los procesos geológicos, debidos a la acción de factores, como la **presión** y la **temperatura**, y a la acción de fluidos químicamente activos, por los que las rocas en estado sólido se transforman en **rocas metamórficas**.

Las transformaciones metamórficas

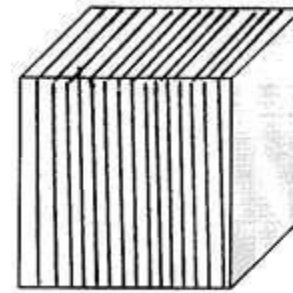
Durante el proceso de metamorfismo, las rocas sufren una serie de transformaciones en estado sólido, que tienen como resultado la aparición de una nueva roca. Las transformaciones metamórficas más importantes son:

- **Las transformaciones mineralógicas.** Como consecuencia de los cambios de presión y temperatura, los minerales de la roca dejan de ser estables, y se transforman en otros minerales. Las transformaciones pueden deberse a:
 - La **descomposición** de unos minerales en otros, como la descomposición de carbonatos en óxidos.
 - La transformación de unos minerales en otros **polimórficos**.
 - La **reacción** entre minerales para dar otros nuevos; por ejemplo, el cuarzo y la dolomita reaccionan para dar piroxeno.
- **La reorientación de los minerales.** Un aumento de presión produce cambios en la disposición estructural de los minerales, que se redistribuyen en superficies perpendiculares a la dirección del aplastamiento, generando los **planos de esquistosidad**.

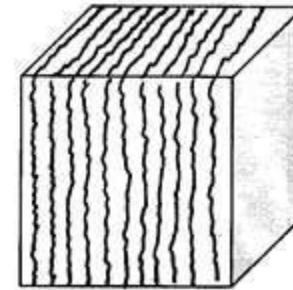
RECUERDA QUE...

Una de las características que se utilizan para identificar las rocas es su textura; es decir, el aspecto que presentan a simple vista o al microscopio. En el caso de las rocas metamórficas, el criterio que se emplea para clasificarlas es el de la **textura foliada**.

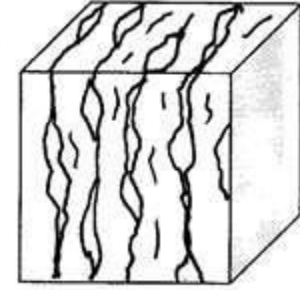
En ella, se observa una orientación de los componentes de la roca en capas paralelas. La textura foliada puede ser **pizarrosa**, cuando los planos están muy próximos entre sí y forman superficies casi perfectas; **esquistosa**, si los planos son irregulares, y **gnéisica**, si además de ser irregulares, entre los planos aparecen cristales de gran tamaño.



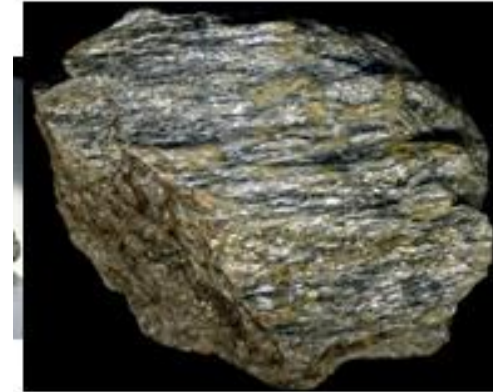
PIZARROSA



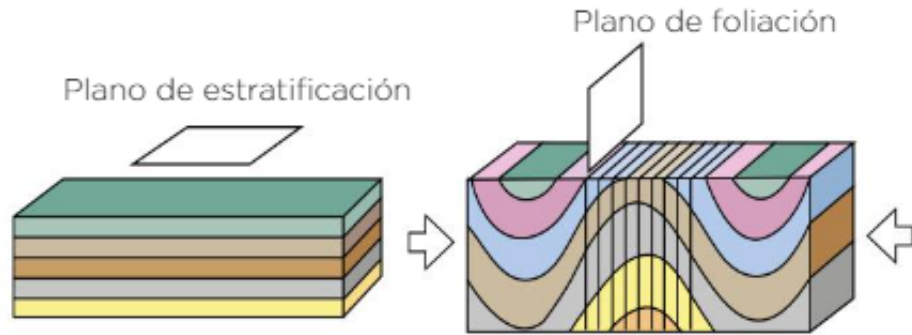
ESQUISTOSA



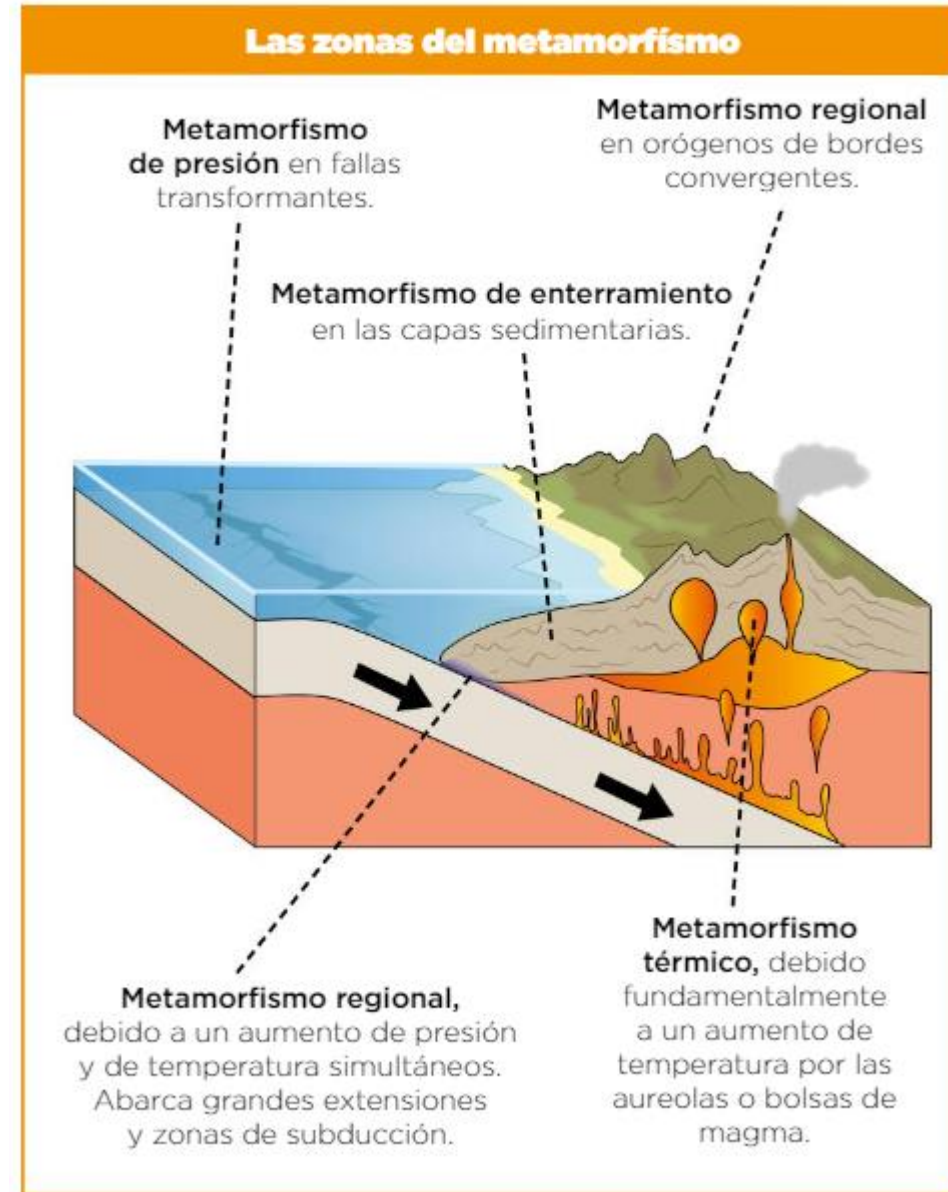
GNÉISICA



Tipos de textura foliada.



- **La recristalización.** Un aumento de la temperatura incrementa la movilidad de las partículas, que pueden reorientarse y agruparse, aumentando el tamaño de los cristales de la roca. Por ejemplo, la calcita recristaliza, transformándose en mármol.
- **El metasomatismo.** Se produce cuando la roca interactúa con fluidos exógenos, a elevadas presiones y/o temperaturas. Además de cambiar la composición mineralógica y la textura de la roca, cambia la **composición química global**. El metasomatismo es también un tipo de metamorfismo.



5.3. Las rocas metamórficas

Existe una gran variedad de rocas metamórficas, con composiciones químicas y texturas muy variadas, dependiendo de la naturaleza de la roca de origen y de las transformaciones metamórficas que haya sufrido. Uno de los criterios más utilizados para su clasificación, como ya se ha mencionado, es su **textura**. Según este criterio, las rocas metamórficas se dividen en dos grandes grupos:

- **Rocas metamórficas foliadas.** Se forman en presencia de altas presiones, lo que se pone de manifiesto por su textura foliada, en la que se observan claramente los planos de esquistosidad.
- **Rocas metamórficas no foliadas.** Se originan como consecuencia de procesos en los que no intervienen presiones importantes. Este tipo de rocas no presentan textura foliada.

Las series metamórficas

Muchas rocas metamórficas se forman a partir de la misma roca original y son el resultado de un **avance del proceso de metamorfismo**, que va produciendo diferentes rocas, a medida que las condiciones de presión y temperatura son más elevadas. Es decir, las rocas metamórficas se pueden transformar en rocas con un mayor «grado de metamorfismo».

Un ejemplo es la serie **pelítica**, que procede del metamorfismo de las arcillas, a la que pertenecen la pizarra, la filita, el esquisto, el gneis y la migmatita.

Si el proceso metamórfico sigue avanzando, la roca puede llegar a fundirse, originando una roca magmática denominada **granito de anatexia**.



Pizarra



Filita



Esquisto



Gneis



Pizarra

Roca de grano muy fino (inferior a 0,5 mm), constituida por cristales de mica que no se aprecian a simple vista.

Se forma por metamorfismo regional de grado bajo.

Las pizarras oscuras deben su color a la presencia de materia orgánica; presentan tonos rojos si contienen óxidos de hierro, y verdes si poseen clorita.

Hay pizarras bituminosas que incorporan hidrocarburos.



PIZARRA



Filita

Roca de grano fino, con cristales mayores que los de la pizarra pero no visibles al ojo humano. Está compuesta por moscovita y/o clorita.

Se distingue de la pizarra por su brillo satinado y su superficie ondulada. Presenta pizarrosidad.

Se forma por metamorfismo regional de grado bajo a partir de rocas sedimentarias lutitas, y representa el tránsito entre las pizarras y los esquistos en cuanto al grado metamórfico.



Esquisto

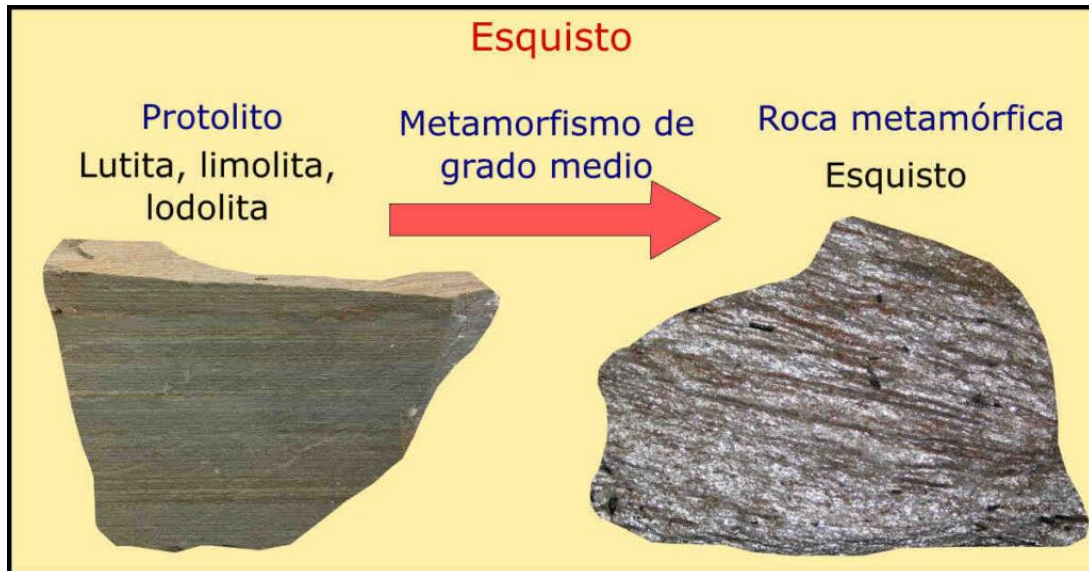
Roca de grano medio a grueso en la que abundan los minerales planares, tanto claros como oscuros.

Se forma por metamorfismo regional de grado medio a alto. Presenta esquistosidad.

Los esquistos se caracterizan por su gran variedad mineralógica.

Así, en los micaesquistos abundan las micas moscovita y biotita, y cuando presentan algún mineral índice, se añade al nombre un adjetivo que hace referencia a dicho mineral. Por ejemplo, el micaesquisto granatífero contiene granate; el micaesquisto estaurolítico, estaurolita, y así sucesivamente.

Los esquistos también pueden ser cloríticos (verdes) y talcoesquistos, cuando están formados por clorita y talco, respectivamente.





W. Griem (2005)

www.geovirtual2.cl



Gneis

Roca bandeada de grano medio a grueso, con presencia de minerales alargados, como micas o anfíboles, y granulares, como cuarzo y feldespato (estos últimos son los más abundantes).

Al contrario que las rocas anteriores, se suelen romper de manera irregular.

Se forman por **metamorfismo regional de grado alto**, lo que provoca la recristalización de rocas sedimentarias arcillosas.

Debido a las altas presiones, se aprecian elementos de deformación.



PRINCIPALES ROCAS NO FOLIADAS

Las corneanas



Rocas de **textura cristoblastica**, que presentan mosaicos de **cristales de tamaño variable**, de **grano fino**, de diferente composición química, dependiendo de la roca de origen. Se originan por **recristalización**, debido al **aumento de temperatura** que generan los procesos magmáticos en las zonas cercanas al magma.

Las cuarcitas



Rocas de **textura cristoblastica**, formadas por cristales de cuarzo de tamaño medio o grande. Se forman por recristalización a partir de **areniscas** ricas en cuarzo.

Las anfíbolitas



Rocas de **textura cristoblastica** de **grano grueso**, constituidas fundamentalmente por anfíboles. Se originan por la transformación de **rocas ígneas** de carácter básico, como gabros y basaltos.

Los mármoles



Rocas de **textura cristoblastica**, formadas por **cristales de tamaño medio a grande**. Se forman por recristalización de la calcita y la dolomita que constituyen las **calizas** y las **dolomías**. Suelen presentar bandeados de diferentes colores, debidos a impurezas.

Rocas no foliadas

Mármol

Roca cristalina de grano grueso formada por calcita o dolomita. Se origina por **metamorfismo de contacto o regional** de calizas o dolomías.

Los mármoles puros son blancos, pero si la roca original contiene impurezas pueden mostrar un tono rosa, gris, verde o incluso negro.



Las impurezas en la piedra caliza pueden recristalizarse durante el metamorfismo, dando como resultado impurezas minerales en el **mármol**, más comúnmente grafito, pirita, cuarzo, mica, óxidos de hierro.



Mármol azul



Mármol gris



Colores del mármol	Impurezas
Blancos	Son ricos en CO_3Ca suelen estar a veces marcados por algunas vetas apenas visibles.
Negros y grises	Contienen sustancias carbonosas u orgánicas
Rojos y rosas	Contienen oligisto o hematites roja.
Amarillos, cremas o pardos	Contienen hierro en forma de limonita
Verdes	Contienen silicatos magnésicos.

Mármol rojo



Mármol pardo



Rocas no foliadas

Cuarcita

Roca compacta y dura formada a partir de arenisca, rica en cuarzo, sometida a metamorfismo regional de grado medio a alto o metamorfismo de contacto.

La recristalización es tan intensa que la cuarcita presenta una resistencia uniforme, de tal manera que, al golpearla, se rompe a través de los granos de cuarzo originales en lugar de hacerlo alrededor de ellos.

La cuarcita pura es blanca, pero se puede encontrar también en tonos rojizos o rosados, debido a la presencia de óxidos de hierro, o grises, si contiene minerales oscuros.



Cuarcitas

Cuarcita blanca



Cuarcita roja



Anfibolita

Roca de grano fino a medio, formada por metamorfismo regional a partir de rocas magmáticas básicas o de sedimentos calizos con impurezas.

Los principales minerales que contiene son la hornblenda y la plagioclasa.

Presenta textura nematoblástica, formada por la alineación de los cristales prismáticos de los anfíboles.



La formación de las rocas sedimentarias

Las **rocas sedimentarias** se forman en lugares de la corteza terrestre donde se producen la **sedimentación** y la **diagénesis**.

6.1. La sedimentación y las cuencas sedimentarias

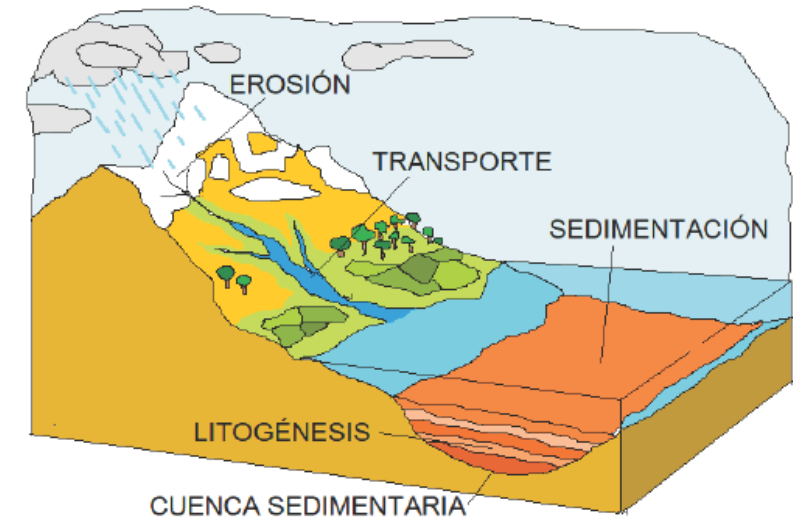
La sedimentación

La **sedimentación** es la acumulación de sedimentos en la superficie terrestre.

Los **sedimentos** son partículas sólidas sueltas, generadas por los agentes geológicos externos. Se clasifican, según su origen, en:

- **Sedimentos detríticos.** Fragmentos de otras rocas. Pueden ser de tamaño grande (**bloques** y **gravas**), mediano (**arenas**) o pequeño (**limos**).
- **Sedimentos químicos** o **bioquímicos.** Sales minerales disueltas en agua que cuando las condiciones fisicoquímicas del medio cambian, pueden precipitar. Por otra parte, algunos seres vivos, como bacterias e invertebrados, también son responsables de la precipitación bioquímica de sustancias, como el carbonato cálcico o la sílice, que pasan a formar parte de los sedimentos.
- **Sedimentos orgánicos.** Restos de seres vivos que murieron en la **cuenca sedimentaria** o fueron transportados y sedimentados en ella, convirtiéndose en **fósiles** durante la **diagénesis**.

	Roca	
Endógenas	Ígneas o Magmáticas	Plutónicas o intrusivas
		Volcánicas o efusivas
		Filonianas
	Metamórficas	
Exógenas	Sedimentarias Suelen clasificarse por modo de formación	Detríticas
		Químicas
		Orgánicas

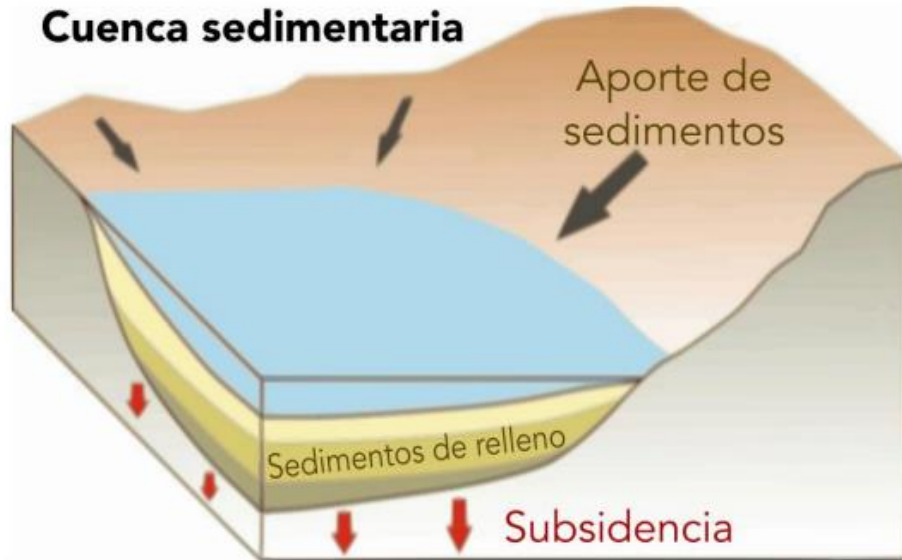


Las cuencas sedimentarias

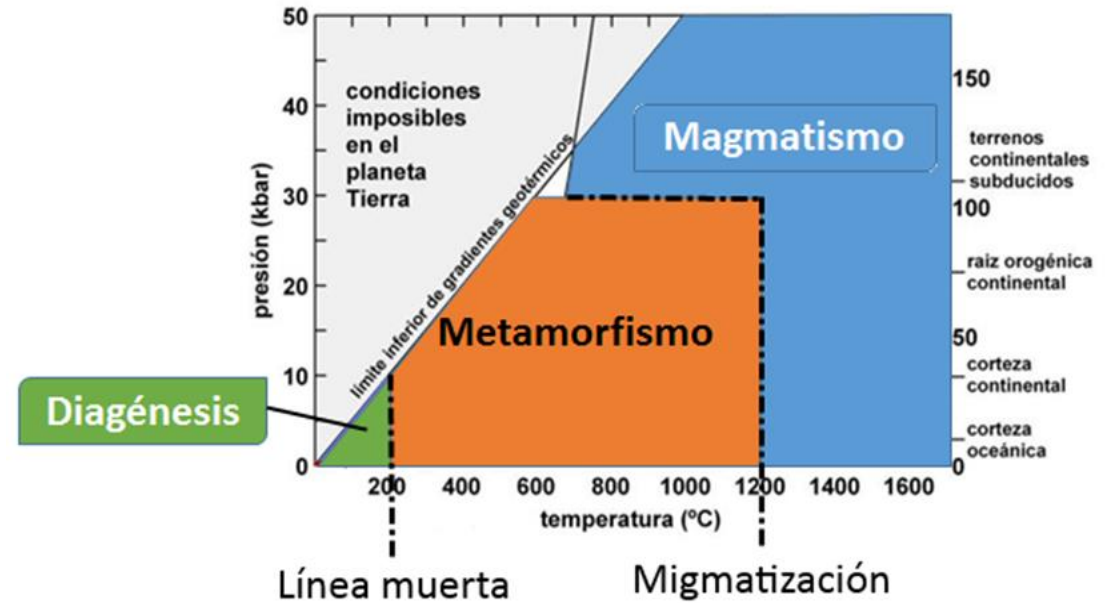
Las **cuencas sedimentarias** son zonas deprimidas de la litosfera, situadas en zonas bajas y de forma cóncava, donde los agentes geológicos exógenos acumulan los sedimentos.

Debido al peso de los sedimentos, en las cuencas sedimentarias se producen:

- La **subsistencia**, que es el progresivo hundimiento de la litosfera que permite que se sigan acumulando sedimentos.
- La **diagénesis**, que es la transformación de los sedimentos más profundos en rocas sedimentarias.



Subsistencia: proceso de hundimiento vertical del suelo de una cuenca sedimentaria por el peso de los sedimentos.



Las cuencas sedimentarias

Las **cuencas sedimentarias** son zonas deprimidas de la litosfera, situadas en zonas bajas y de forma cóncava, donde los agentes geológicos exógenos acumulan los sedimentos.

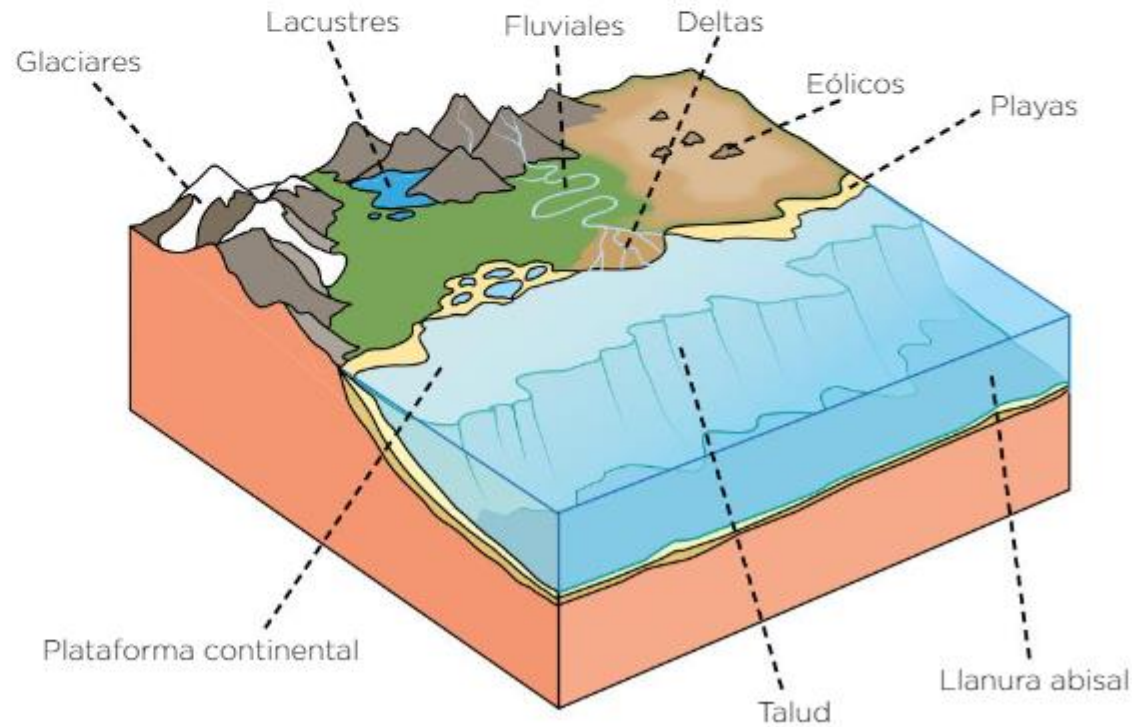
Debido al peso de los sedimentos, en las cuencas sedimentarias se producen:

- La **subsistencia**, que es el progresivo hundimiento de la litosfera que permite que se sigan acumulando sedimentos.
- La **diagénesis**, que es la transformación de los sedimentos más profundos en rocas sedimentarias.

Tipos de cuencas sedimentarias

Las cuencas sedimentarias o ambientes sedimentarios se pueden clasificar en:

- **Continental**, como los ambientes eólicos, fluviales, lacustres y glaciares.
- **Marinas**, como los arrecifes, la plataforma continental, el talud continental, la zona precontinental y la llanura abisal.
- **De transición**, como los deltas, las albuferas, las playas y la zona intermareal.

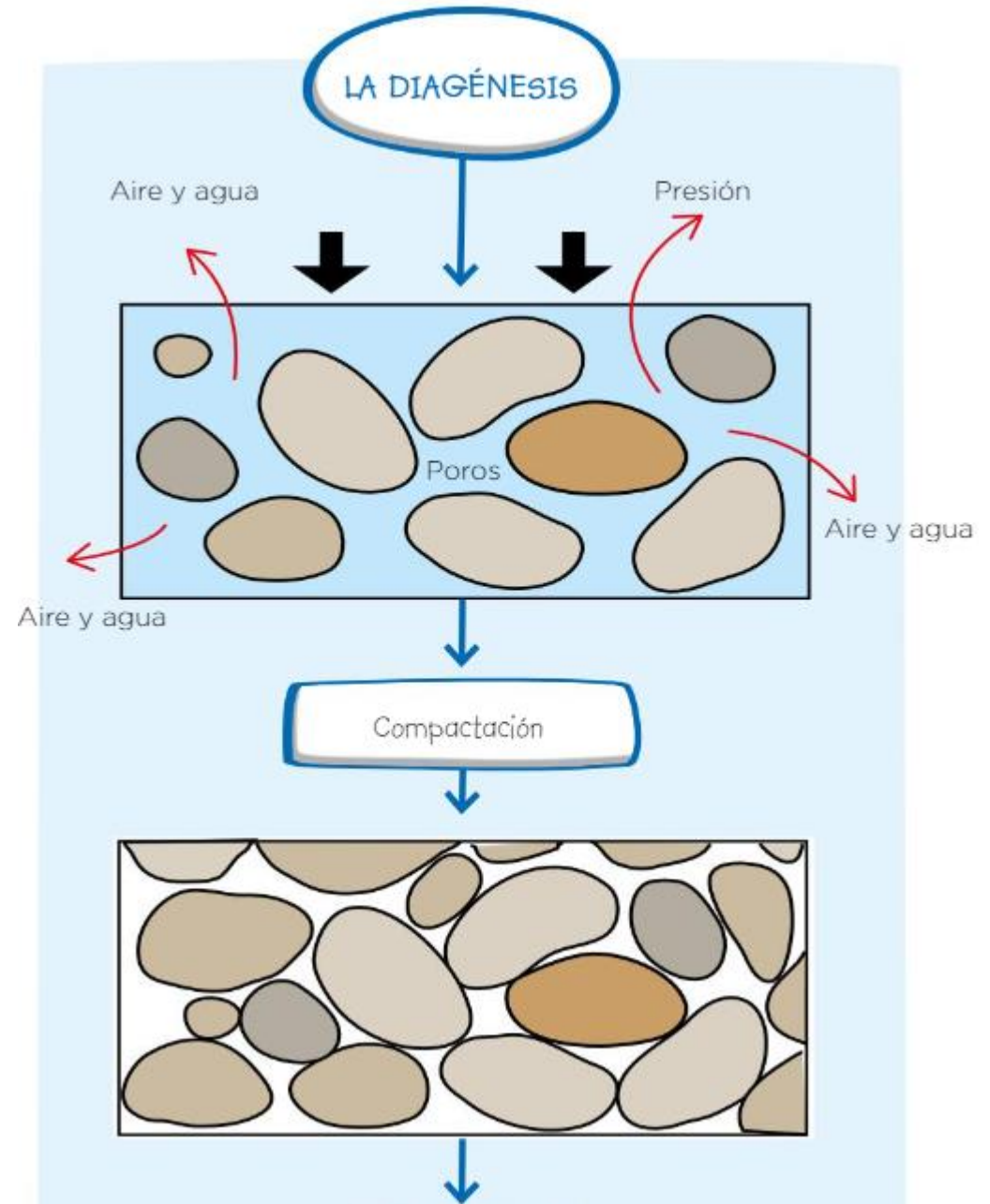


6.2. La diagénesis

La **diagénesis** es el conjunto de procesos físicos, químicos y bioquímicos que transforman los sedimentos en rocas sedimentarias.

Todos los mecanismos de la diagénesis tienen lugar a presiones y temperaturas relativamente bajas (profundidad máxima de 6 km y temperatura menor de 200 °C). Los principales procesos diagénéticos son los siguientes:

- **La compactación.** Se produce por el incremento de presión que se ejerce sobre las capas profundas de sedimentos al depositarse nuevas capas en la superficie. Como consecuencia se reduce el tamaño de los poros entre partículas y se elimina parte del agua y el aire que se acumulaba en ellos.
- **La disolución de algunos minerales del sedimento.** Algunos minerales tienden a disolverse en agua. Así, estos minerales desaparecen de los sedimentos y las aguas subterráneas que ocupan los poros se enriquecen en los iones que estos contenían.
- **La cementación de los sedimentos.** Consiste en la precipitación química de ciertas sustancias, disueltas en agua, en los poros y huecos del sedimento, de forma que actúan como **cemento**, lo que disminuye la porosidad y la permeabilidad de la roca transformándola en un material más coherente. Los principales cementos son carbonatos y silicatos.

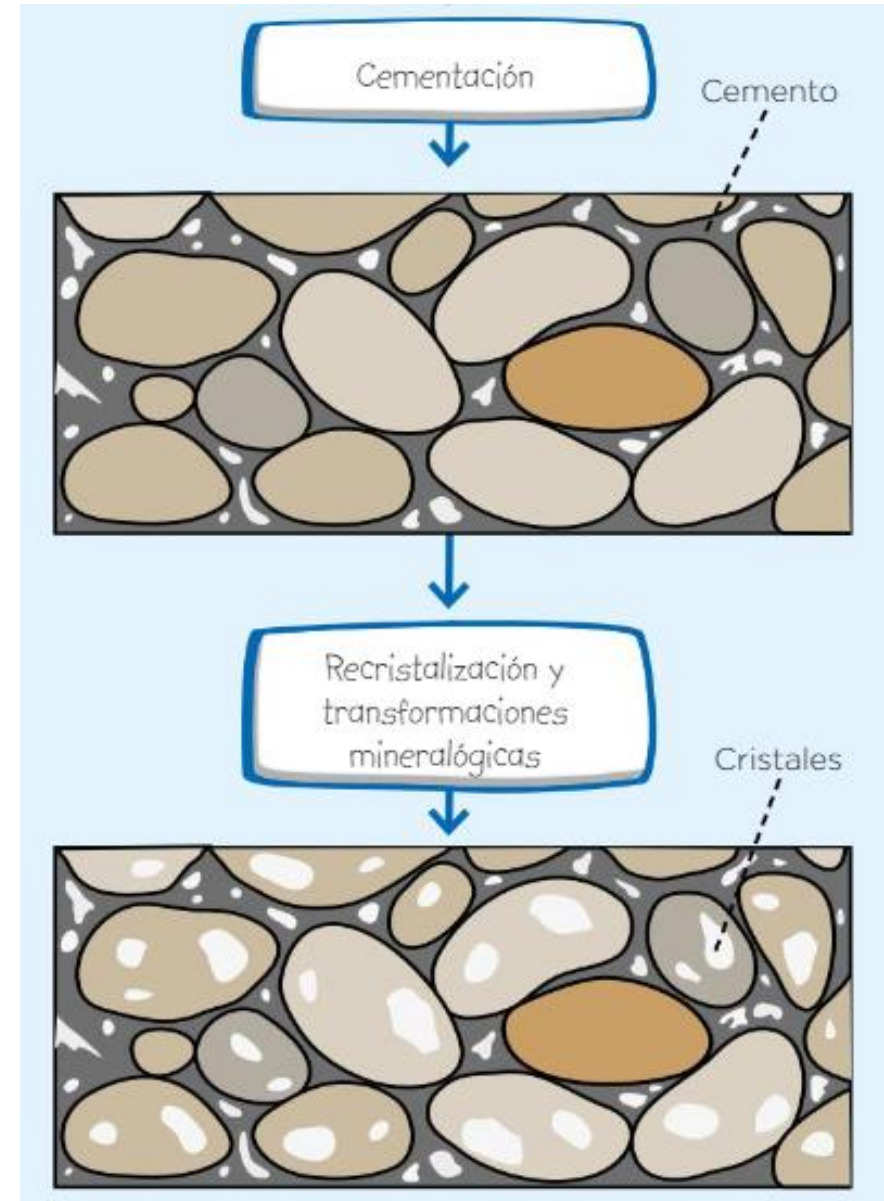


6.2. La diagénesis

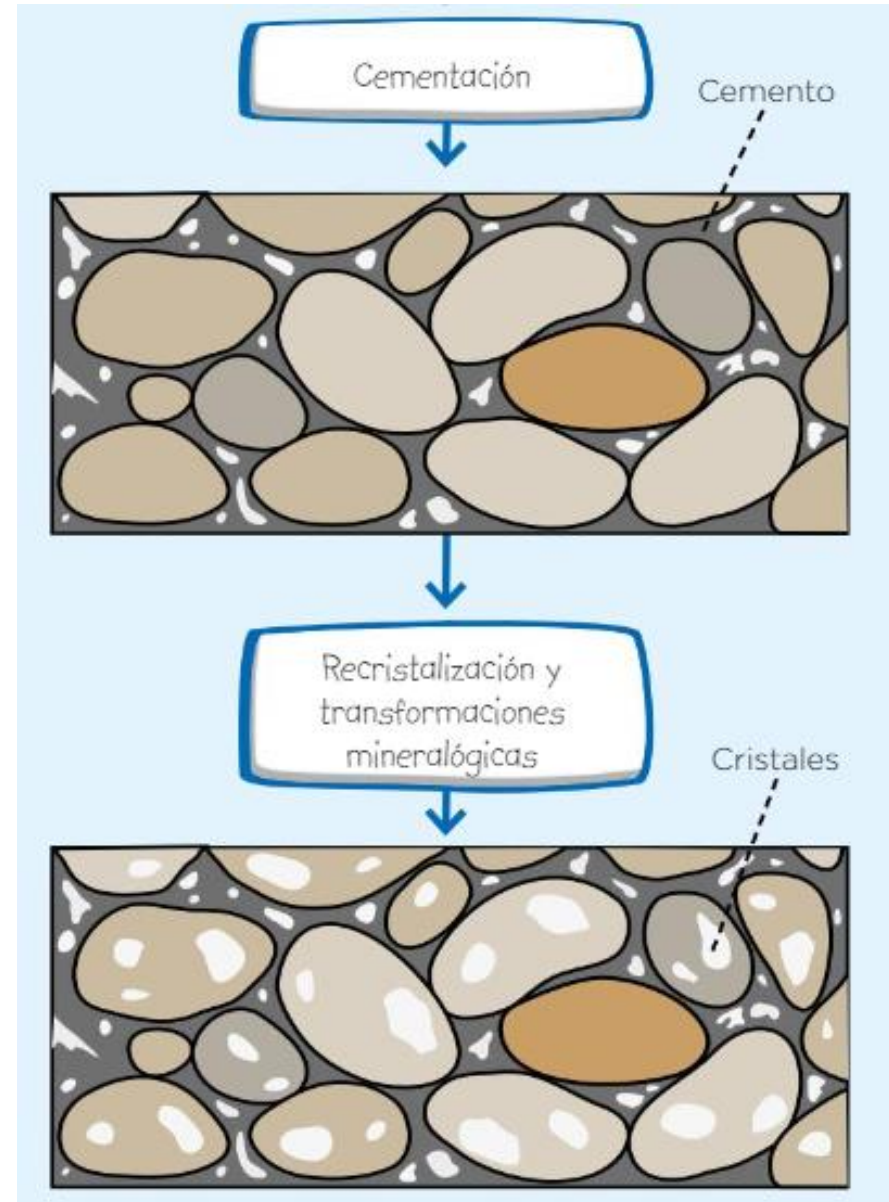
La **diagénesis** es el conjunto de procesos físicos, químicos y bioquímicos que transforman los sedimentos en rocas sedimentarias.

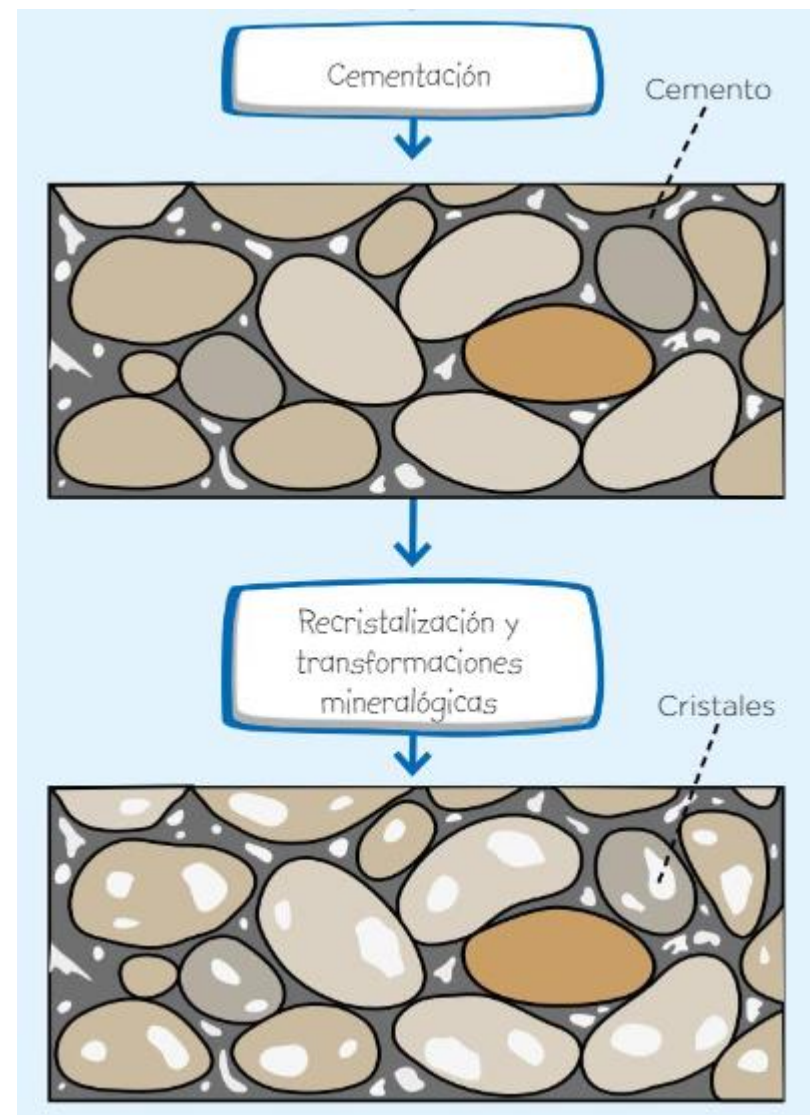
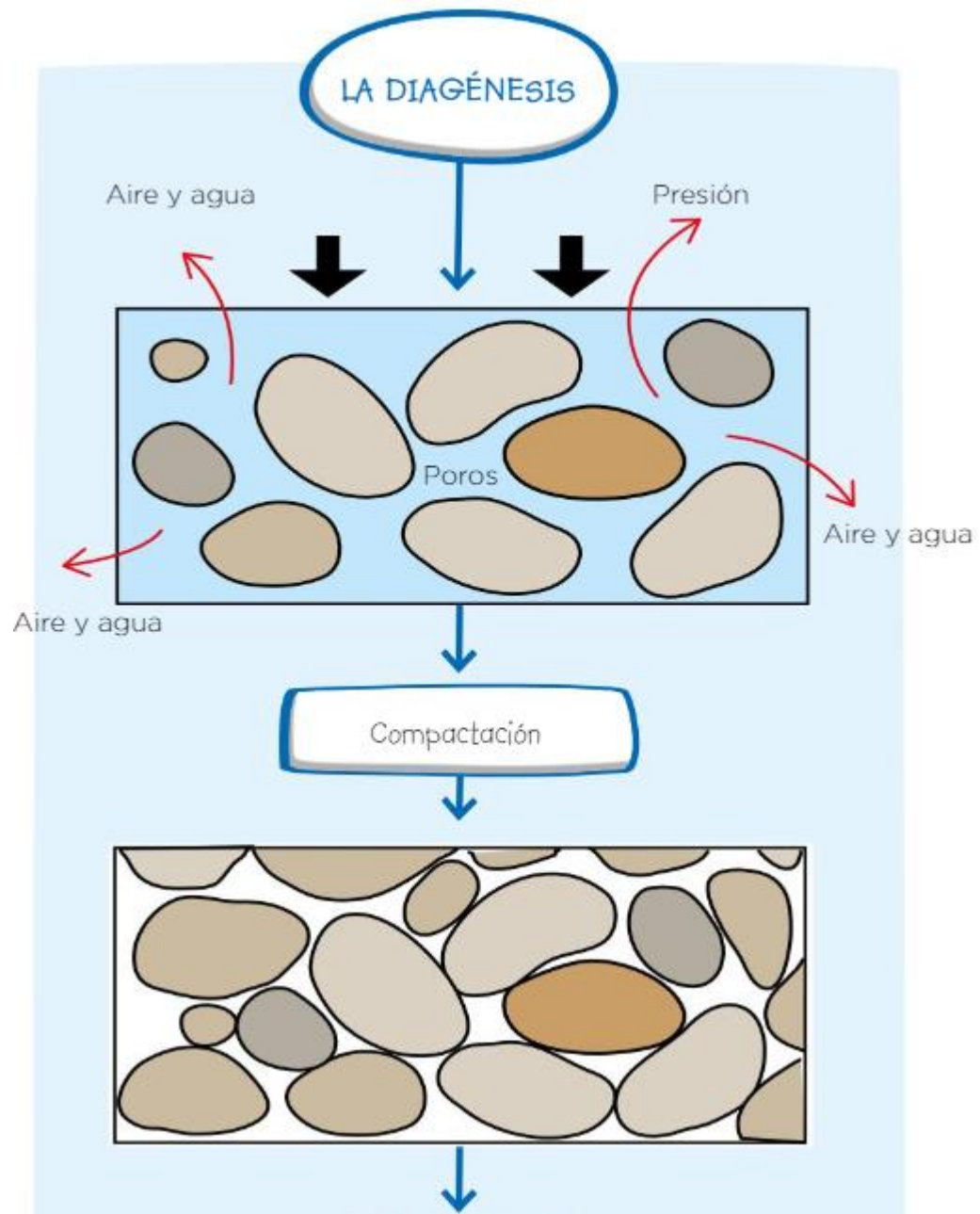
Todos los mecanismos de la diagénesis tienen lugar a presiones y temperaturas relativamente bajas (profundidad máxima de 6 km y temperatura menor de 200 °C). Los principales procesos diagénéticos son los siguientes:

- **La compactación.** Se produce por el incremento de presión que se ejerce sobre las capas profundas de sedimentos al depositarse nuevas capas en la superficie. Como consecuencia se reduce el tamaño de los poros entre partículas y se elimina parte del agua y el aire que se acumulaba en ellos.
- **La disolución de algunos minerales del sedimento.** Algunos minerales tienden a disolverse en agua. Así, estos minerales desaparecen de los sedimentos y las aguas subterráneas que ocupan los poros se enriquecen en los iones que estos contenían.
- **La cementación de los sedimentos.** Consiste en la precipitación química de ciertas sustancias, disueltas en agua, en los poros y huecos del sedimento, de forma que actúan como **cemento**, lo que disminuye la porosidad y la permeabilidad de la roca transformándola en un material más coherente. Los principales cementos son carbonatos y silicatos.



- **La recristalización de minerales.** Aumenta el tamaño de los cristales, sin cambiar la composición de la roca.
- **Las transformaciones mineralógicas.** Se deben a:
 - La **interacción con flujos de agua** que contienen iones capaces de reaccionar con los minerales del sedimento. Por ejemplo, las rocas calizas se pueden transformar en dolomías, cuando el catión calcio de la calcita (carbonato cálcico) se intercambia por el de magnesio.
 - **Transformaciones polimórficas**, en las que algunos minerales se transforman en su polimorfo más estable en las nuevas condiciones.
 - **Cristalización** de nuevos minerales en los poros del sedimento.





6.3. Las rocas sedimentarias

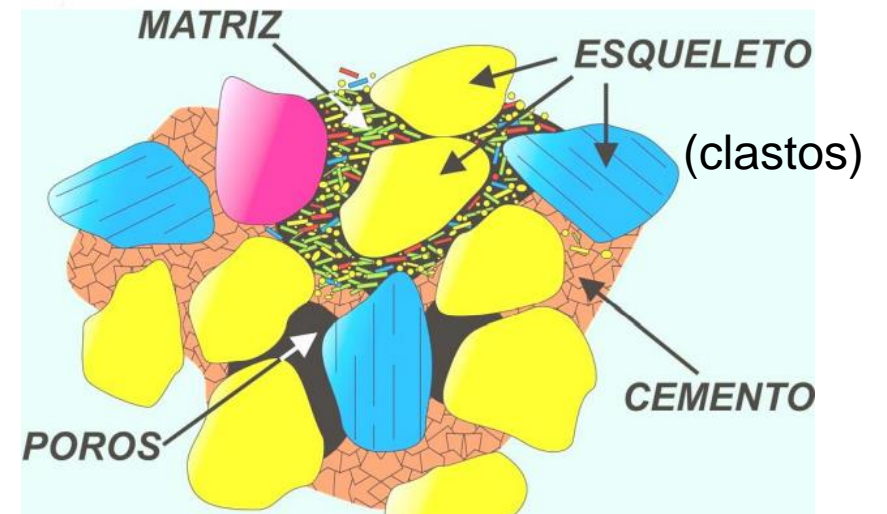
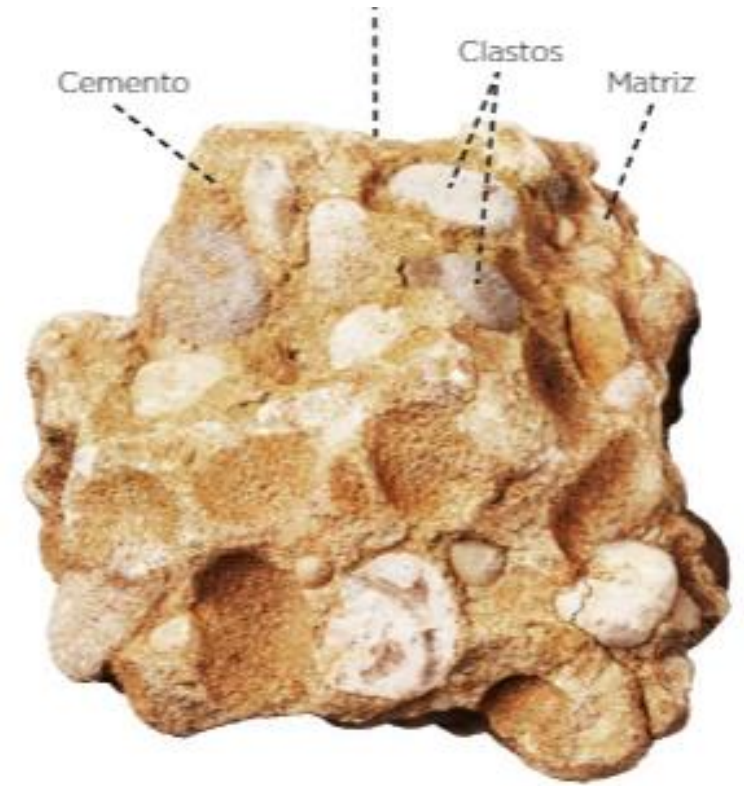
En función de su composición y origen, las rocas sedimentarias se pueden clasificar en **detríticas** y no **detríticas**.

Las rocas sedimentarias detríticas

Las **rocas detríticas** se originan a partir de la consolidación de fragmentos de materiales detríticos (**clastos**) procedentes de otras rocas. Tienen textura clástica.

En las rocas detríticas se distinguen tres componentes: los **clastos** o fragmentos de mayor tamaño; la **matriz** o fragmento de mucho menor tamaño y el **cemento** o sustancia que precipita entre los clastos y los mantiene unidos. La forma y el tamaño de los clastos y de la matriz nos informan del tipo de roca de origen y de la distancia de transporte; el cemento del ambiente sedimentario.

Según el tamaño de sus clastos, las rocas detríticas se clasifican en **conglomerados**, **areniscas** y **arcillas**.



PRINCIPALES ROCAS DETRÍTICAS

Las areniscas



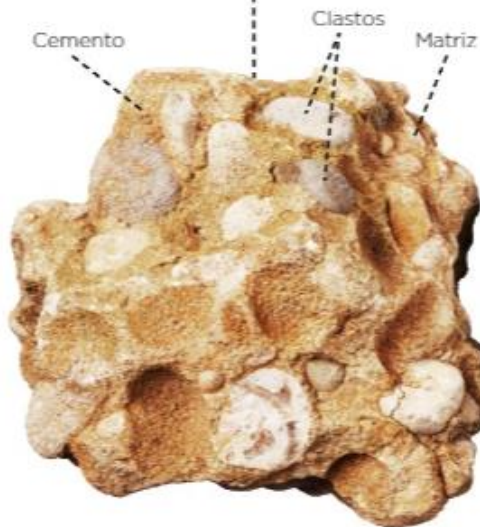
Se caracterizan por contener clastos de tamaño medio, entre 1/16 y 2 mm, denominados **arenas**. Las principales son:

- **Las ortocuarcitas.** Tienen un 90% de clastos de cuarzo y cemento silíceo.
- **Las arcosas.** Tienen abundantes clastos de cuarzo y feldespato y cemento calcáreo.
- **Las grauvacas.** Los clastos de cuarzo se combinan con fragmentos de otras rocas y un cemento arcilloso.

Los conglomerados

Se caracterizan por contener clastos grandes, de más de 2 mm, denominados **gravas**. Según el tamaño y la forma de los clastos, los conglomerados pueden ser:

- **Las pudingas.** Sus clastos son redondeados, lo que indica un proceso de transporte largo; por ejemplo, el de un río.
- **Las brechas.** Sus clastos son angulosos. Indican procesos de transporte cortos; por ejemplo, el de un torrente.



Las arcillas



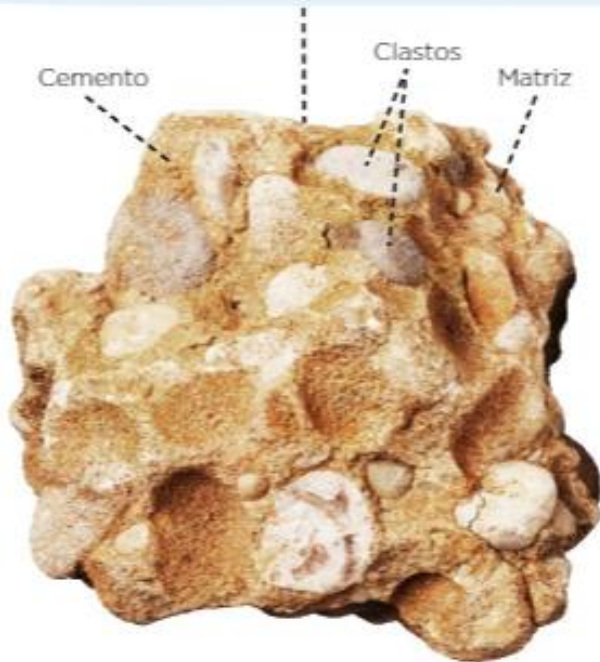
Se caracterizan por contener clastos de pequeño tamaño, menores a 1/16 mm, denominados **limos**. Son impermeables, suaves al tacto y cuando absorben humedad se vuelven plásticas. Las principales son:

- **Las limolitas.** Sus partículas miden entre 0,004 y 0,06 mm.
- **Las pelitas.** Sus clastos tienen un tamaño menor de 0,004 mm. Cuando las pelitas están poco consolidadas se denominan **lutitas**.

Los conglomerados

Se caracterizan por contener clastos grandes, de más de 2 mm, denominados **gravas**. Según el tamaño y la forma de los clastos, los conglomerados pueden ser:

- **Las puddingas.** Sus clastos son redondeados, lo que indica un proceso de transporte largo; por ejemplo, el de un río.
- **Las brechas.** Sus clastos son angulosos. Indican procesos de transporte cortos; por ejemplo, el de un torrente.



Pudinga



Brecha



Pudinga



Pudinga



Pudinga



2.0 cm

Brecha



Brecha



Brecha

PRINCIPALES ROCAS DETRÍTICAS

Las areniscas



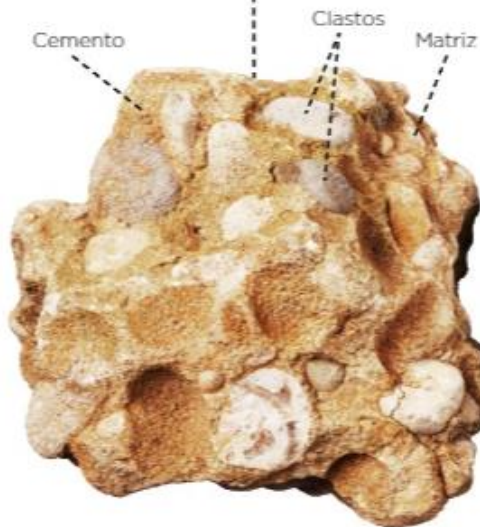
Se caracterizan por contener clastos de tamaño medio, entre 1/16 y 2 mm, denominados **arenas**. Las principales son:

- **Las ortocuarcitas.** Tienen un 90% de clastos de cuarzo y cemento silíceo.
- **Las arcosas.** Tienen abundantes clastos de cuarzo y feldespato y cemento calcáreo.
- **Las grauvacas.** Los clastos de cuarzo se combinan con fragmentos de otras rocas y un cemento arcilloso.

Los conglomerados

Se caracterizan por contener clastos grandes, de más de 2 mm, denominados **gravas**. Según el tamaño y la forma de los clastos, los conglomerados pueden ser:

- **Las puddingas.** Sus clastos son redondeados, lo que indica un proceso de transporte largo; por ejemplo, el de un río.
- **Las brechas.** Sus clastos son angulosos. Indican procesos de transporte cortos; por ejemplo, el de un torrente.



Las arcillas



Se caracterizan por contener clastos de pequeño tamaño, menores a 1/16 mm, denominados **limos**. Son impermeables, suaves al tacto y cuando absorben humedad se vuelven plásticas. Las principales son:

- **Las limolitas.** Sus partículas miden entre 0,004 y 0,06 mm.
- **Las pelitas.** Sus clastos tienen un tamaño menor de 0,004 mm. Cuando las pelitas están poco consolidadas se denominan **lutitas**.

Las areniscas



Se caracterizan por contener clastos de tamaño medio, entre 1/16 y 2 mm, denominados **arenas**. Las principales son:

- **Las ortocuarcitas.** Tienen un 90% de clastos de cuarzo y cemento silíceo.
- **Las arcosas.** Tienen abundantes clastos de cuarzo y feldespato y cemento calcáreo.
- **Las grauvacas.** Los clastos de cuarzo se combinan con fragmentos de otras rocas y un cemento arcilloso.



Ortoquarcita



Arcosa



Grauvaca

PRINCIPALES ROCAS DETRÍTICAS

Las areniscas



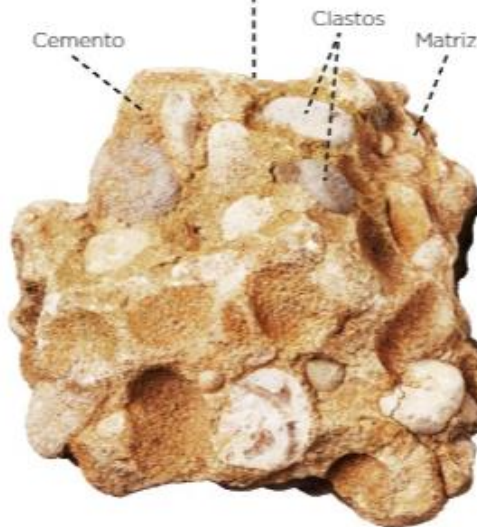
Se caracterizan por contener clastos de tamaño medio, entre 1/16 y 2 mm, denominados **arenas**. Las principales son:

- **Las ortocuarcitas.** Tienen un 90% de clastos de cuarzo y cemento silíceo.
- **Las arcosas.** Tienen abundantes clastos de cuarzo y feldespato y cemento calcáreo.
- **Las grauvacas.** Los clastos de cuarzo se combinan con fragmentos de otras rocas y un cemento arcilloso.

Los conglomerados

Se caracterizan por contener clastos grandes, de más de 2 mm, denominados **gravas**. Según el tamaño y la forma de los clastos, los conglomerados pueden ser:

- **Las pudingas.** Sus clastos son redondeados, lo que indica un proceso de transporte largo; por ejemplo, el de un río.
- **Las brechas.** Sus clastos son angulosos. Indican procesos de transporte cortos; por ejemplo, el de un torrente.

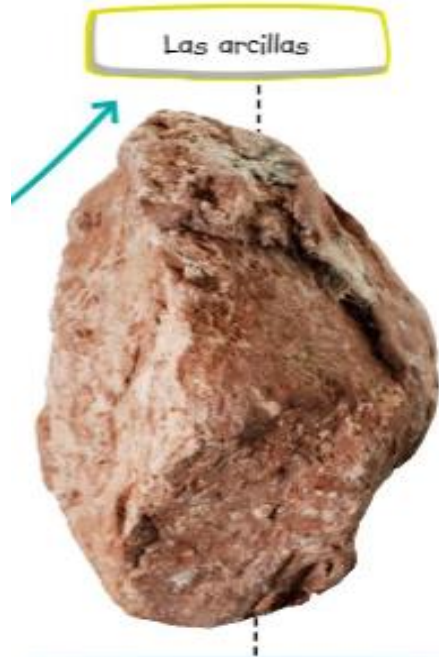


Las arcillas



Se caracterizan por contener clastos de pequeño tamaño, menores a 1/16 mm, denominados **limos**. Son impermeables, suaves al tacto y cuando absorben humedad se vuelven plásticas. Las principales son:

- **Las limolitas.** Sus partículas miden entre 0,004 y 0,06 mm.
- **Las pelitas.** Sus clastos tienen un tamaño menor de 0,004 mm. Cuando las pelitas están poco consolidadas se denominan **lutitas**.



Se caracterizan por contener clastos de pequeño tamaño, menores a 1/16 mm, denominados **limos**. Son impermeables, suaves al tacto y cuando absorben humedad se vuelven plásticas. Las principales son:

- **Las limolitas.** Sus partículas miden entre 0,004 y 0,06 mm.
- **Las pelitas.** Sus clastos tienen un tamaño menor de 0,004 mm. Cuando las pelitas están poco consolidadas se denominan **lutitas**.



Limonita



Pelita

Las rocas sedimentarias no detríticas

Las **rocas no detríticas** se originan por precipitación de sustancias disueltas. Por lo general, presentan textura hipocrystalina.

Las principales rocas que tienen este origen son las **rocas carbonatadas** y las **rocas salinas**.

PRINCIPALES ROCAS NO DETRÍTICAS

Las rocas carbonatadas

Se componen de carbonatos y suelen contener fósiles.

- **Las calizas.** Están formadas por **calcita (CaCO_3)**. Se forman por precipitación del ion bicarbonato (HCO_3^-) cuando cambian las condiciones fisicoquímicas, de manera que se libera parte del CO_2 disuelto en el agua. Así se forman las estalactitas y estalagmitas, los travertinos y las tobas calcáreas.
- **Las dolomías.** Están formadas por dolomita (carbonato de calcio y magnesio). Se originan a partir de calizas por sustitución de iones de calcio por iones magnesio.

Caliza



Dolomia



Las rocas salinas

Halita



Se componen de un solo mineral, que coincide con su nombre, como el **yeso** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la **halita** (NaCl) o la **silvina** (KCl) y muy pocas impurezas. Se forman por precipitación asociada a una elevada evaporación, por lo que son típicas de climas áridos y cuencas sedimentarias endorreicas (mares y lagunas interiores).

En el caso de que existan varias sales disueltas, estas precipitan formando estratos, de forma que los inferiores corresponden a las sales de menor solubilidad.

Las rocas carbonatadas

Se componen de carbonatos y suelen contener fósiles.

- **Las calizas.** Están formadas por **calcita (CaCO_3)**. Se forman por precipitación del ion bicarbonato (HCO_3^-) cuando cambian las condiciones fisicoquímicas, de manera que se libera parte del CO_2 disuelto en el agua. Así se forman las estalactitas y estalagmitas, los travertinos y las tobas calcáreas.
- **Las dolomías.** Están formadas por dolomita (carbonato de calcio y magnesio). Se originan a partir de calizas por sustitución de iones de calcio por iones magnesio.

Caliza



Dolomía



Caliza



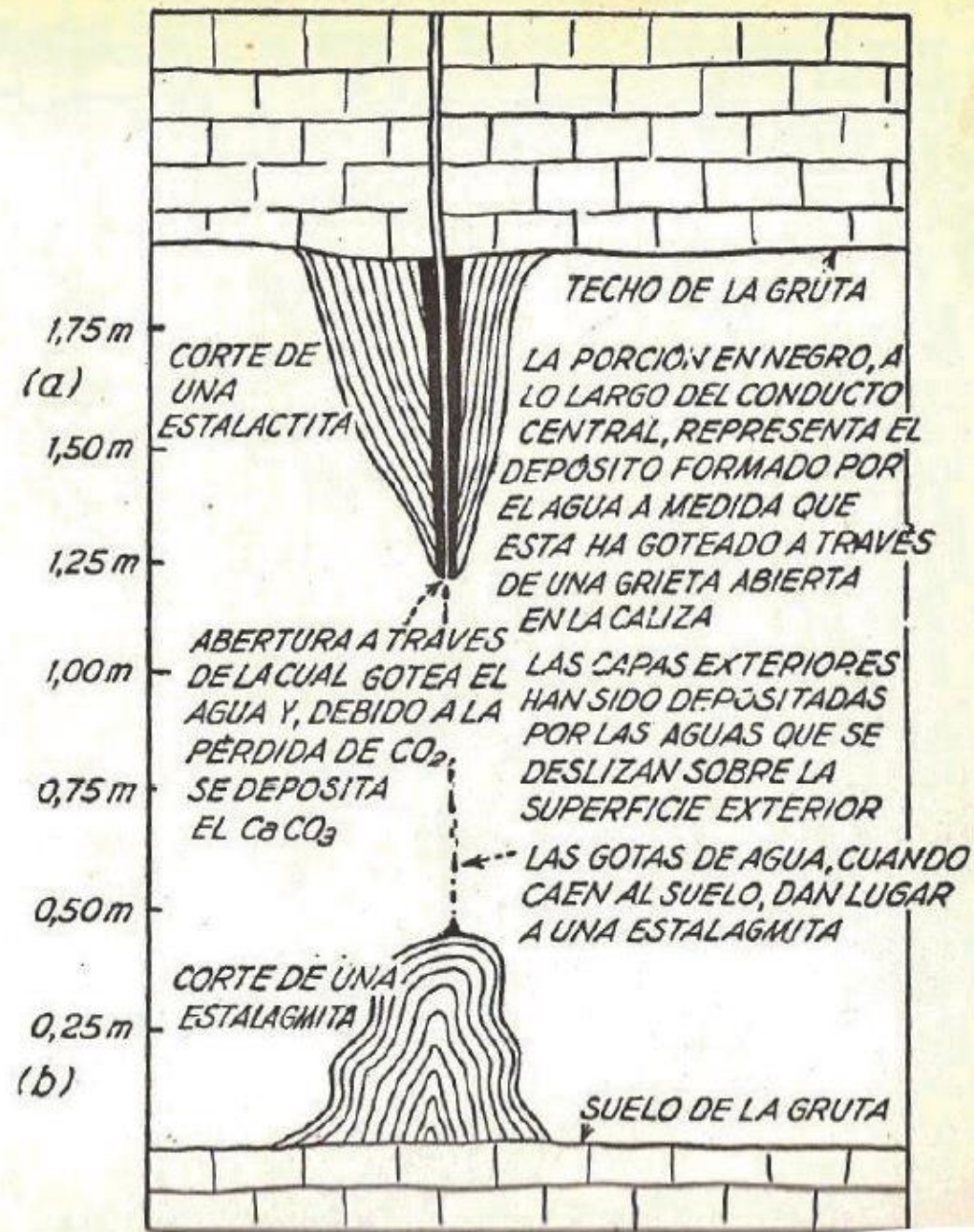
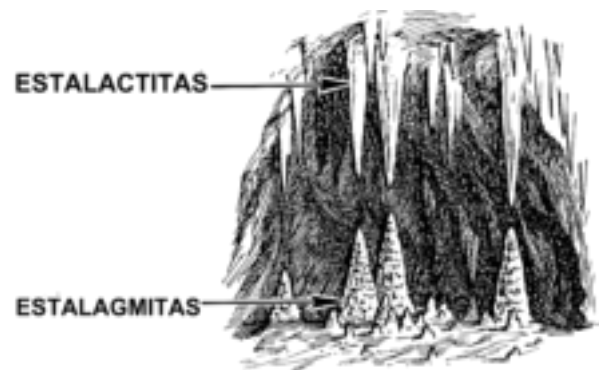
Travertino generado por la precipitación de carbonato cálcico alrededor de raíces de plantas herbáceas



La **toba calcárea** se forma por la precipitación del carbonato cálcico disuelto en el agua sobre la vegetación.

Algunos autores denominan tobas a las variedades muy porosas y poco compactas de travertinos.

Estalactitas y estalagmitas



Las rocas carbonatadas

Se componen de carbonatos y suelen contener fósiles.

- **Las calizas.** Están formadas por **calcita (CaCO_3)**. Se forman por precipitación del ion bicarbonato (HCO_3^-) cuando cambian las condiciones fisicoquímicas, de manera que se libera parte del CO_2 disuelto en el agua. Así se forman las estalactitas y estalagmitas, los travertinos y las tobas calcáreas.
- **Las dolomías.** Están formadas por dolomita (carbonato de calcio y magnesio). Se originan a partir de calizas por sustitución de iones de calcio por iones magnesio.

Caliza



Dolomía



Dolomía



PRINCIPALES ROCAS NO DETRÍTICAS

Las rocas carbonatadas

Se componen de carbonatos y suelen contener fósiles.

- **Las calizas.** Están formadas por **calcita (CaCO_3)**. Se forman por precipitación del ion bicarbonato (HCO_3^-) cuando cambian las condiciones fisicoquímicas, de manera que se libera parte del CO_2 disuelto en el agua. Así se forman las estalactitas y estalagmitas, los travertinos y las tobas calcáreas.
- **Las dolomías.** Están formadas por dolomita (carbonato de calcio y magnesio). Se originan a partir de calizas por sustitución de iones de calcio por iones magnesio.

Caliza



Dolomía



Las rocas salinas

Halita



Se componen de un solo mineral, que coincide con su nombre, como el **yeso** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la **halita** (NaCl) o la **silvina** (KCl) y muy pocas impurezas. Se forman por precipitación asociada a una elevada evaporación, por lo que son típicas de climas áridos y cuencas sedimentarias endorreicas (mares y lagunas interiores).

En el caso de que existan varias sales disueltas, estas precipitan formando estratos, de forma que los inferiores corresponden a las sales de menor solubilidad.

Las rocas salinas

Halita



Se componen de un solo mineral, que coincide con su nombre, como el **yeso** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la **halita** (NaCl) o la **silvina** (KCl) y muy pocas impurezas. Se forman por precipitación asociada a una elevada evaporación, por lo que son típicas de climas áridos y cuencas sedimentarias endorreicas (mares y lagunas interiores).

En el caso de que existan varias sales disueltas, estas precipitan formando estratos, de forma que los inferiores corresponden a las sales de menor solubilidad.



Wikipedia
Yeso (mineral) - Wikipedia, la encic...



Asturnatura
Yeso



Geologiaweb
> YESO Mineral [Característ...



Geologiaweb
> YESO Mineral [Característi...



Wikipedia
Yeso (mineral) - Wikipedia, la en...



Geoaprendo
Yeso (Gypsum) - Mineral



Foro FMF
FMF - Foro de Mineralogía Formativa :: Ver...



Asturnatura
Yeso



Región de Murcia Digital
Rocas- Yeso - Región de Murcia Digital



Reino Minerales
Piedra Yeso - Virtudes



Variedades de yeso

Las rocas salinas

Halita



Halita



Se componen de un solo mineral, que coincide con su nombre, como el **yeso** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la **halita** (NaCl) o la **silvina** (KCl) y muy pocas impurezas. Se forman por precipitación asociada a una elevada evaporación, por lo que son típicas de climas áridos y cuencas sedimentarias endorreicas (mares y lagunas interiores).

En el caso de que existan varias sales disueltas, estas precipitan formando estratos, de forma que los inferiores corresponden a las sales de menor solubilidad.



Silvina