

TEMA 4. MATERIA Y MINERALES

La mayor parte de nuestro planeta está formado por rocas y, por tanto, por minerales. Los minerales han tenido siempre una importancia capital para el ser humano, dada la multitud de usos que puede dárseles. Esta importancia se ha acentuado con la revolución industrial y el desarrollo de las tecnologías de los últimos siglos. Además, el estudio de los minerales y rocas permite comprender mejor la mayoría de los fenómenos geológicos que tienen lugar en la Tierra.

1. MINERALES: COMPONENTES BÁSICOS DE LAS ROCAS

Los minerales son los componentes básicos de las rocas. Un **mineral** se define como un sólido inorgánico natural con estructura interna ordenada y composición química definida.

Una **roca** es una masa sólida de materia mineral, o parecida, que aparece de forma natural como parte de nuestro planeta. Esta definición es poco precisa. Hay rocas formadas por un solo mineral (la *caliza*, de calcita), por *agregados* de varios minerales (*granito*), e incluso por materia no mineral (*obsidiana* y *pumita*, con sustancias vítreas, no cristalinas; o el *carbón*, de origen orgánico).



1.1. COMPOSICIÓN DE LOS MINERALES

Se conocen más de 4.000 minerales, cada uno diferente en estructura y/o composición. Los componentes básicos de los minerales son los *elementos químicos*. Algunos minerales, como el oro o el azufre, están formados por uno sólo de los más de 110 elementos conocidos de la tabla periódica, pero la mayoría están formados por dos o más elementos, unidos en *moléculas* o *compuestos*.

Tabla periódica de los elementos

Tabla periódica de los elementos

masa atómica o número másico del isótopo más estable
1.e energía de ionización en kJ/mol
símbolo químico
nombre
configuración electrónica

número atómico
electronegatividad
estados de oxidación más comunes (orden de izquierda a derecha)

metales alcalinos
metales alcalinotérreos
otros metales
metales de transición
metales de transición
actínidos

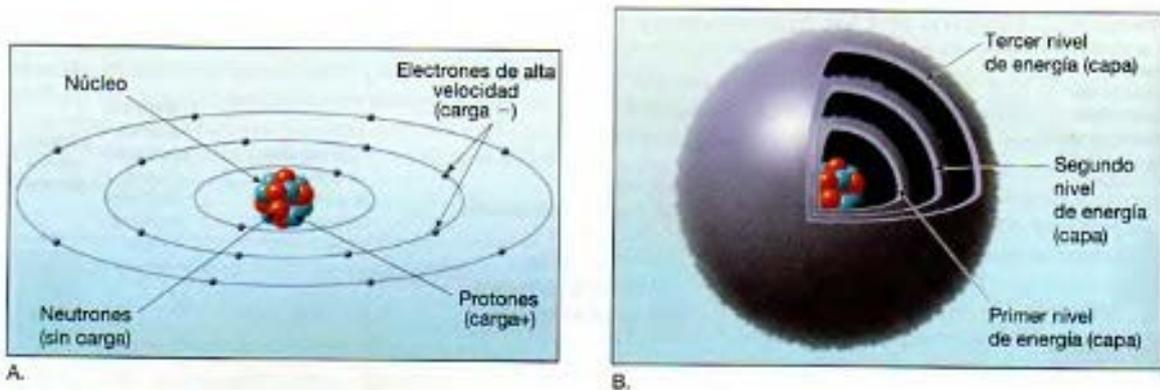
metaloides
no metales
halógenos
gases nobles
elementos desconocidos
series de elementos radiactivos (actínidos y serie de los elementos radiactivos)

bloques de configuración electrónica

notas:
* por ahora, los elementos 113, 115, 117 y 118 no tienen nombre oficial designado por la IUPAC.
* 1 kJ/mol = 96,485 eV.
* todos los elementos tienen un estado de oxidación.

1.1.1. ESTRUCTURA ATÓMICA

Los átomos están formados por un **núcleo** o zona central, con **protones**, partículas de carga positiva, y **neutrones**, partículas sin carga y de masa similar. El núcleo, al tener muchas partículas pesadas, es muy denso.



Alrededor del núcleo hay otras partículas, muy ligeras, llamadas **electrones**, con carga negativa del mismo valor que la de los protones, pero con una masa casi 2.000 veces menor.

Los electrones crean capas de carga negativa alrededor del átomo, pero como siempre hay los mismos electrones que protones, la carga total de un átomo es neutra.

Cada grupo de átomos del mismo tipo se denomina **elemento**. Los elementos de la tabla periódica (hay 92 naturales y más de 20 sintéticos) se diferencian unos de otros en el número de protones (y, por tanto, de electrones) y de neutrones. El número de protones es llamado **número atómico**.

Salvo el H y el He, todos los demás elementos se formaron en el núcleo de las estrellas.

El elemento más sencillo, el hidrógeno (H), sólo tiene un protón y un electrón, y el resto es cada vez más complejo y pesado, llegando a tener centenares de partículas.

Aunque los átomos son eléctricamente neutros, los electrones de las capas más externas, llamados **electrones de valencia**, les dan a estas capas cierta carga negativa local, lo que permite que unos elementos se unan a otros mediante un **enlace químico**.

La primera capa sólo puede tener 2 electrones. El resto puede contener hasta 8. Por ello, 8 electrones en la capa más externa proporcionan estabilidad a los átomos. Los llamados gases nobles, al tener 8 electrones ya en esa capa no suelen reaccionar con otros elementos.

1.1.2. ENLACES

Cuando dos o más átomos se unen mediante un enlace químico forman un **compuesto**. Esta unión se ve favorecida por que los compuestos son, en general, más estables químicamente que los elementos aislados. Las propiedades de los compuestos son completamente diferentes de las de los elementos que los forman. La mayoría de los *minerales* son *compuestos químicos*. Existen diferentes tipos de enlaces: **iónicos**, **covalentes**, **metálicos**, ...



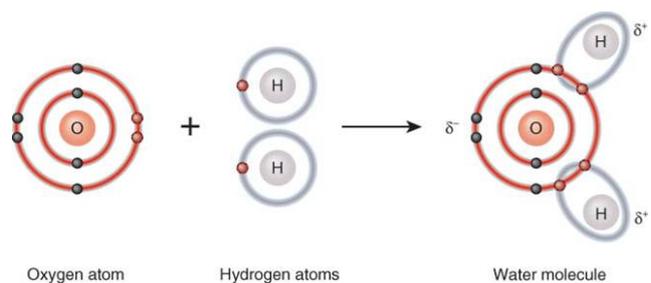
1.1.2.1. Enlaces iónicos

En este tipo de enlace un átomo cede uno o más electrones de valencia a otro átomo. De esta forma, los átomos dejan de ser eléctricamente neutros y se convierten en **iones** (átomos con carga). Uno adquiere carga positiva (pierde electrones y se llama **cación**) y el otro, negativa (gana electrones y se llama **anión**). Como las cargas de signo contrario se atraen, los iones quedan unidos gracias a esta atracción. Es el caso del cloruro sódico (NaCl), con cationes de sodio (Na⁺) y aniones de cloro (Cl⁻).

Los *compuestos iónicos* se forman por tanto por la unión de multitud de iones (cationes y aniones) que le dan al compuesto una carga global neutra.

1.1.2.2. Enlaces covalentes

No todos los elementos pueden ceder o captar electrones, a veces simplemente comparten los electrones de sus últimas capas atómicas. De esta forma estos electrones forman parte de las capas de ambos elementos, formando un **compuesto covalente**. Las moléculas de oxígeno (O₂) o de hidrógeno (H₂) se forman con este enlace.

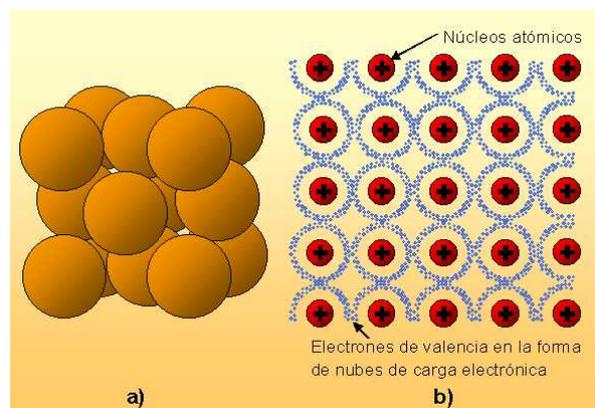


El enlace covalente es mucho más fuerte que el iónico y sus compuestos, por tanto, más estables y comunes. Así, la mayoría de minerales son silicatos, formados por enlaces covalentes entre el oxígeno, el silicio y otros elementos.

1.1.2.3. Otros enlaces

Existen enlaces híbridos, mezcla de los dos anteriores. Además, muchos compuestos, entre ellos los silicatos, tienen ambos enlaces en su estructura.

Por otra parte, existe otro tipo de enlace en que los electrones de valencia circulan libremente entre los átomos y son compartidos por todos ellos, lo que consigue mantenerlos unidos. Es el **enlace metálico**, típico de los metales (oro, plata, cobre, aluminio) y responsable de su alta conductividad térmica y eléctrica, así como de otras propiedades.



1.1.3. ISÓTOPOS Y RADIATIVIDAD

Como se ha comentado, los átomos están formados por tres tipos de partículas: protones, neutrones y electrones.

Los protones y neutrones, situados en el núcleo, tienen una masa unas 1840 veces mayor que la del electrón. Por ello, se puede considerar que toda la masa del átomo está en su núcleo y se llama **número másico** al número de protones más neutrones.

Para un determinado elemento, el número de protones (número atómico) es constante y único, pero el número de neutrones puede variar, cambiando el número másico. A los elementos que tienen igual número atómico pero diferente número másico se les llama **isótopos**.

Por ejemplo, el hidrógeno tiene tres isótopos. Uno tiene de número másico 1 (1 protón y ningún neutrón, ^1H), otro 2 (1 protón y 1 neutrón, el **deuterio**, ^2H) y otro 3 (1 protón y 2 neutrones, el **tritio**, ^3H). Igualmente, existen el C-12, C-13 y C-14.

Los diferentes isótopos de un elemento suelen aparecer juntos en el mismo compuesto.

Aunque la mayoría de los núcleos atómicos son estables, algunos isótopos no lo son y sus núcleos se desintegran emitiendo partículas subatómicas, energía o ambas cosas. Es la **desintegración radiactiva**. Los *isótopos radiactivos* se desintegran a un ritmo tan preciso que se utilizan como *relojes geológicos*.

1.2. CRISTALIZACIÓN

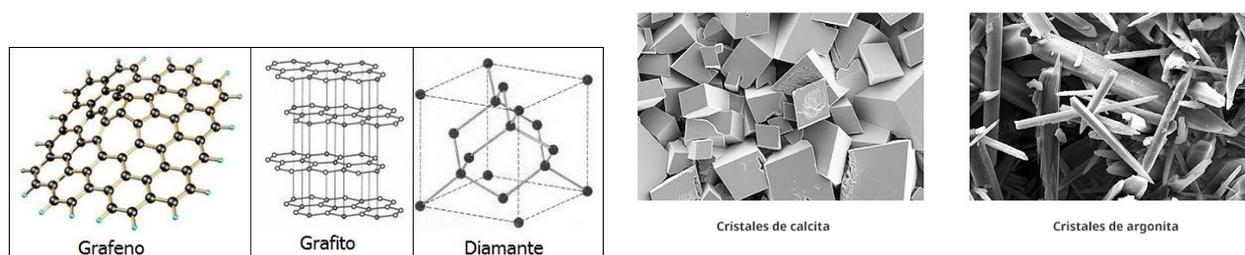
La **crystalización** es el proceso de formación de cristales (minerales). Existen varios tipos, pero los más habituales son:

- **Precipitación**: se produce al evaporarse una disolución acuosa con iones disueltos. A medida que el agua se evapora los minerales disueltos van precipitando. Así sucede con el **yeso**, la **halita** o la **silvina**. Este proceso puede darse en mares y en aguas subterráneas.

Así, el **olivino**, de fórmula $(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{SiO}_4$, puede tener una proporción Mg/Fe muy variable, ya que los iones de Mg y Fe tienen tamaños muy parecidos (incluso puede llevar Ca). Por ello, el olivino puede variar desde la **forsterita** (MgSiO_4), hasta la **fayalita** (FeSiO_4), pasando por diferentes composiciones, todas las cuales comparten la misma estructura interna y propiedades similares.

Incluso minerales de composición muy estable, como el **cuarzo** (SiO_2) y la **fluorita** (CaF_2), presentan cantidades ínfimas de otros elementos que pueden alterar notablemente su color

Por otra parte, un determinado mineral siempre tiene la misma estructura interna, pero algunos elementos pueden ordenarse de varias formas diferentes. Los minerales que presentan la misma composición química pero diferentes estructuras cristalinas se denominan **polimorfos**. El **grafito** y el **diamante** (C) son polimorfos, al igual que la **calcita** y el **aragonito** (CaCO_3). Los minerales polimorfos suelen presentar propiedades muy diferentes.



1.4. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES

Los minerales se distinguen por su composición y por su estructura interna, que les dan ciertas **propiedades físicas**, más fáciles de determinar con la simple observación o mediante sencillas pruebas.

1.4.1. FORMA O HÁBITO

Un mineral tiene **forma cristalina** si expresa externamente su estructura interna ordenada. Muchos minerales presentan una forma externa muy regular con caras y aristas bien definidas, aunque esto depende sobre todo de las condiciones de espacio, presión y temperatura en que se forma el mineral. Se habla de forma **equidimensional**, **acicular**, **fibrosa**, **tabular**, **prismática**, **laminar**, **masiva**, **botroidal**...

1.4.2. PROPIEDADES ÓPTICAS

1.4.2.1. Capacidad para transmitir luz

Distingue a minerales **opacos** (no dejan pasar la luz), **translúcidos** (dejan pasar la luz, pero no imágenes) y **transparentes** (dejan pasar tanto la luz como las imágenes).

1.4.2.2. Brillo

El **brillo** es el aspecto de la luz reflejada por la superficie de un mineral. El más característico es el **brillo metálico**, propio de los metales. El resto de minerales presentan brillo **vítreo**, **perlado**, **sedoso**, **resinoso**, **terroso**, etc.

1.4.2.3. Color

El color es fácilmente apreciable, pero no es un buen carácter diagnóstico, ya que pequeñas impurezas pueden cambiar completamente el color de un mineral. Así, hay minerales con *coloración exótica*, como el cuarzo (transparente, lechoso, amarillento, rosa, púrpura, negro, ...). Otros minerales tienen un color fijo, llamado **color inherente** (azufre).

Algunas variedades de cuarzo



1.4.2.4. Raya

La raya es el **color de un mineral en polvo**. Se obtiene frotando el mineral con una placa de porcelana. La raya no varía, aunque varíe el color del mineral, lo que la hace más fiable como diagnóstico. Además, la raya puede distinguir minerales de brillo metálico (raya densa y oscura) de los no metálicos (raya clara habitualmente).

1.4.3. FUERZA MINERAL

La **fuerza mineral** se refiere a la facilidad para la **rotura o deformación**, que depende de los enlaces químicos.

1.4.3.1. Tenacidad

Es la firmeza del mineral o resistencia a romperse o deformarse. Los minerales con enlaces iónicos (**fluorita, calcita**) tienden a ser **quebradizos**. Los de enlaces metálicos son **maleables**. El **yeso** y el **talco** son **séctiles**, es decir, pueden cortarse en virutas. Las micas son **elásticas**.

1.4.3.2. Dureza

La dureza es la **resistencia de un mineral a ser rayado**. Se mide con la **escala de Mohs**, formada por diez minerales en orden creciente de dureza, desde 1 (más blando) hasta 10 (el más duro). Para averiguar la dureza de un mineral se prueba con los de la escala. Hay que tener en cuenta que no es una escala lineal, sino relativa: un mineral de dureza 4 no es el doble de duro que uno de dureza 2.

ESCALA DE MOHS									
1 Talco	2 Yeso	3 Calcita	4 Fluorita	5 Apatito	6 Ortosa	7 Cuarzo	8 Topacio	9 Corindón	10 Diamante

1.4.3.3. Exfoliación y fractura

La **exfoliación** es la tendencia de un mineral a romperse a lo largo de planos de enlaces débiles.

La exfoliación se describe según el número de planos y el ángulo que forman. Así, las micas tienen una foliación en **láminas delgadas**, con un único plano, mientras la calcita exfolia en tres planos con ángulos no rectos.

Los minerales que no muestran exfoliación al romperse se dice que tienen **fractura**. Se debe a que los enlaces químicos tienen igual fuerza en todas direcciones. Si ésta se da en superficies curvas, la fractura es **concoidea**. Otro tipo es la fractura **astillosa** o **fibrosa**.

1.4.4. PESO ESPECÍFICO

El **peso específico** es la **densidad** de un mineral, pero expresada sin unidades, como relación entre el peso del mineral y el peso de un volumen igual de agua.

1.4.5. OTRAS PROPIEDADES

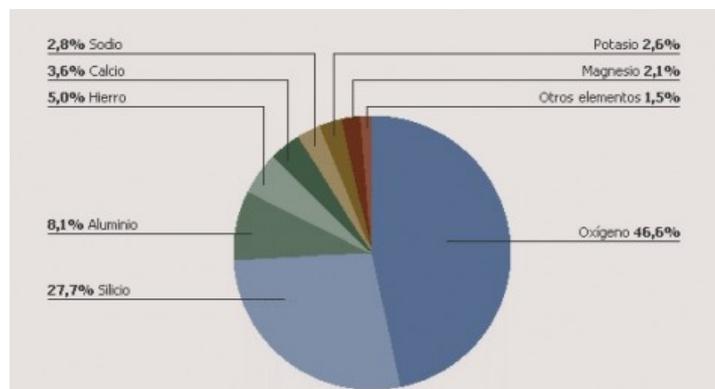
Algunos minerales presentan propiedades específicas, como el **sabor** (la halita es salada), el **olor** (azufre), la **flexibilidad** (mica), la **maleabilidad** (oro, plomo), el **tacto jabonoso** o **graso** (talco), el **magnetismo** (magnetita), propiedades ópticas especiales (**birrefringencia** de la calcita), reacción ante el ácido (calcita), etc.

Number of Cleavage Directions	Sketch	Illustration of cleavage directions	Example
1			
2 at 90°			
2 not at 90°			
3 at 90°			
3 not at 90°			
4			

Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

2. GRUPOS DE MINERALES

Aunque existen más de 4.000 minerales y cada año se descubren decenas de otros nuevos, sólo una docena son abundantes, pues forman la mayor parte de la corteza terrestre y se llaman **minerales formadores de rocas**. Además, la inmensa mayoría está formada por sólo 8 elementos de la tabla periódica, constituyendo el 98% en peso de la corteza continental: oxígeno (O), silicio (Si), aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K) y magnesio (Mg).



Debido a la enorme abundancia del oxígeno y el silicio, la mayoría de los minerales son **silicatos**. Las **rocas ígneas**, las más abundantes de la Tierra, son casi en su totalidad silicatos y las **sedimentarias**, como provienen en buena parte de meteorización de las ígneas, también. Incluso las rocas **metamórficas** suelen presentarlos.

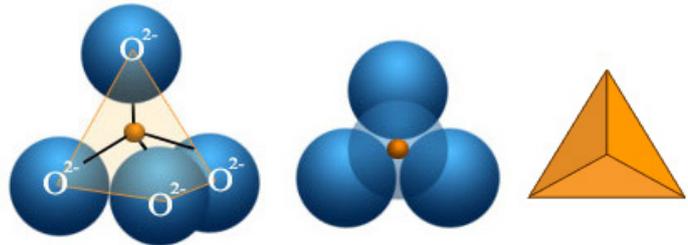
Dentro de los minerales **no silicatos** algunos tienen gran importancia económica. Entre ellos están los **carbonatos**, **sulfatos** y **haluros**.

Los minerales suelen clasificarse en **especies minerales** (según la estructura y composición) y éstas en **clases minerales** (según los aniones o complejos de aniones que contengan). Algunas especies se clasifican en **variedades** (según el color, por ejemplo).

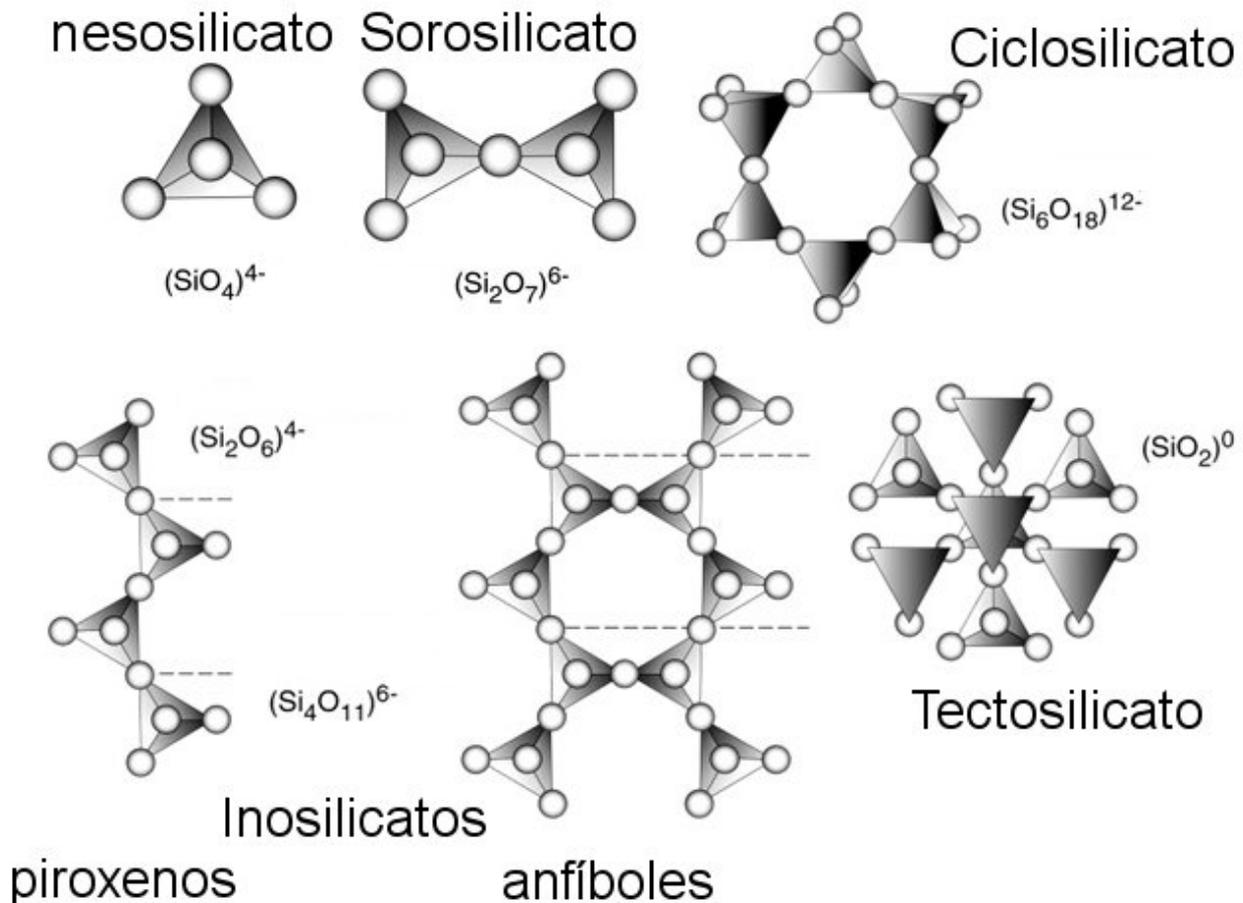
2.1. SILICATOS

Todos los silicatos llevan silicio y oxígeno y (salvo el cuarzo) otros elementos que les dan su gran variedad.

El componente básico de los silicatos es un **tetraedro de silicio-oxígeno** (cuatro iones de oxígeno rodeando a uno de silicio) que forma un ión complejo: **SiO₄⁴⁻**. Las 4 cargas negativas le permiten unirse a otros iones.



Además, los tetraedros pueden unirse entre sí dando **cadena sencillas**, **cadena dobles** o **estructuras laminares**. Cuanto más compleja es la estructura, mayor es la proporción de silicio frente a la de oxígeno, por ello los silicatos se describen a menudo como con **alto** o **bajo** contenido en silicio (o sílice).



Como estas estructuras complejas no son químicamente neutras, suelen llevar cationes en su interior. Los más abundantes son hierro (Fe^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^{1+}), sodio (Na^{1+}), aluminio (Al^{1+}) y calcio (Ca^{2+}).

Para expresar un mineral con varios elementos se utiliza una fórmula química. Así, el olivino sería $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$, lo que indica que puede llevar hierro y magnesio en proporciones variables.

Silicatos con tetraedros independientes (nesosilicatos)

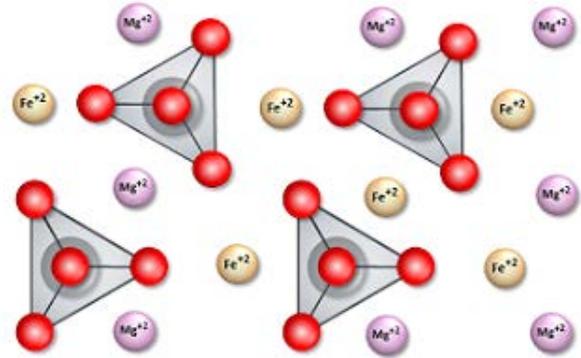
Es la estructura más sencilla: **olivino, granates.**

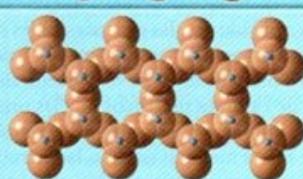
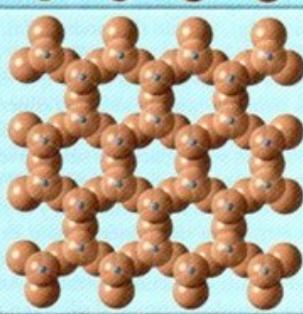
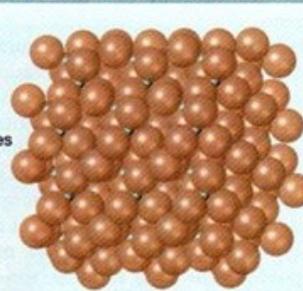
Silicatos con estructura laminar o en cadena (sorosilicatos, inosilicatos, ciclosilicatos)

Cada tetraedro comparte 1, 2 o 3 oxígenos con otros tetraedros (**polimerización**).

Silicatos con esqueleto tridimensional (tectosilicatos)

Cada tetraedro comparte sus 4 oxígenos con otros adyacentes (cuarzo). Al compartir oxígenos, aumenta la proporción de Si en la molécula. Según la relación Si/O los silicatos se describen como con alta o baja proporción de Si (los tetraedros la tienen baja, el cuarzo (tridimensional) tiene la mayor).



Mineral	Fórmula idealizada	Exfoliación	Estructura de silicatos
Olivino	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$	Ninguna	Tetraedro simple 
Grupo de los piroxenos (augita)	$(\text{Mg, Fe})\text{SiO}_3$	Dos planos en ángulos rectos	Cadenas sencillas 
Grupo de los anfíboles (hornblenda)	$\text{Ca}_2(\text{Fe, Mg})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Dos planos a 60° y 120°	Cadenas dobles 
Micas	Biotita $\text{K}(\text{Mg, Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ Moscovita $\text{KA}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	Un plano	Láminas 
Feldspatos	Ortosa KAlSi_3O_8 Plagioclasa $(\text{Ca, Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	Dos planos a 90°	Redes tridimensionales 
Cuarzo	SiO_2	Ninguna	

2.1.1. SILICATOS COMUNES

Los silicatos son un grupo de minerales muy variado. La mayoría de ellos son **feldespatos**, con estructura tridimensional. La estructura y composición de los silicatos depende en gran parte de las condiciones de presión y temperatura en que se formaron y, por tanto, su estudio puede indicar las circunstancias en que se formaron las rocas que los contienen.

2.1.1.1. Silicatos claros

Los **silicatos claros** o **no ferromagnesianos** tienen color claro y peso específico bajo. Ello se debe a que tienen poco hierro y magnesio en su composición.

- A. **Grupo de los feldespatos:** es el grupo más común de silicatos y suponen un 50% de la corteza terrestre. Se forman en una amplia gama de temperaturas, lo que explica su abundancia, tienen dos planos de exfoliación con unos 90° y son bastante duros. Suelen ser rectangulares y con caras brillantes y lisas.

Los feldespatos tienen una estructura tridimensional de silicio y oxígeno en la que hasta la mitad de los silicios son sustituidos por aluminio. Como el silicio tiene carga +4 y el aluminio +3, la diferencia se compensa con iones de K (+1), Na (+1) o Ca (+2). Así, se distingue entre **feldespatos potásicos** (ortosa, microclina, anortoclasa, hialofano) y el resto (**plagioclasas**: albita, labradorita, anortita, oligoclasa)



- B. **Cuarzo:** es el único mineral formado sólo por silicio y oxígeno, llamándose **sílice** al cuarzo puro. Su estructura tridimensional carece de enlaces débiles, por lo que el cuarzo es duro y sin exfoliación. Su fractura suele ser **concoidea**. La forma pura cristaliza en prismas hexagonales transparentes con puntas piramidales. Sin embargo, con frecuencia muestra impurezas que le dan diversas tonalidades: cuarzo **lechoso** (blanco),

ahumado (gris), **rosa** (rosa), **amatista** (púrpura) y **crystal de roca** (transparente).

- C. **Moscovita:** mica clara, de brillo perlado y exfoliación perfecta en hojas transparentes y flexibles.
- D. **Minerales de la arcilla:** son minerales microscópicos, de estructura laminar, formados en su mayor parte de la meteorización química de otros silicatos. Son el componente fundamental del suelo, teniendo gran importancia en agricultura, construcción y formación de rocas sedimentarias (como **pizarras** y **lutitas**).

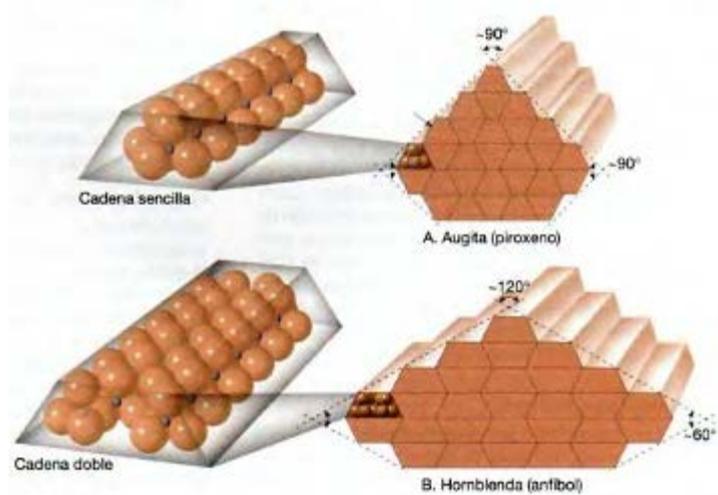
Uno de los más abundantes es la **caolinita**, usado para fabricar porcelana, papel satinado e, incluso, espesante alimentario por su capacidad para absorber agua.

2.1.1.2. Silicatos oscuros

Los **silicatos oscuros** o **ferromagnesianos** contienen gran cantidad de Fe y/o Mg. Suelen ser pesados y de color oscuro.

A. **Grupo del olivino:** silicatos formados a altas temperaturas, con color de negro a verde, brillo vítreo y fractura concoide. Suele formar cristales pequeños y redondeados que dan a las rocas aspecto granular (**olivino, zircón, granate**).

B. **Grupo de los piroxenos:** minerales complejos, de color muy oscuro, que forman **cadena sencillas**. Suelen tener dos direcciones de exfoliación cortadas en 90°. El más común es la **augita**, mineral negro dominante en el **basalto**, la principal roca volcánica. Otros son diópsido, espodumena, broncita, hiperstena, enstatita.



C. **Grupo de los anfíboles:** minerales complejos, muy oscuros, que forman cadenas dobles. Presentan dos direcciones de exfoliación con ángulos de 60° y 120°. El más común es la **hornblenda**, de color verde oscuro a negro, con cristales alargados y abundantes en rocas continentales. Otros: actinolita, edenita, cummingtonita, pargasita, tremolita, richterita.

D. **Biotita:** mica de color negro brillante y exfoliación perfecta en láminas. Muy común en rocas continentales, como el granito.

E. **Granate:** muy similar al olivino es estructura (tetraedros individuales) y propiedades, aunque suele ser de color marrón o rojizo. Suelen aparecer en rocas metamórficas y se usan como piedras preciosas si son transparentes.

2.2. MINERALES NO SILICATADOS

Se clasifican en clases, según el anión presente en su estructura. Por ello cada clase presenta minerales de estructura y propiedades similares. Son poco abundantes en general, pero tienen gran importancia en las rocas sedimentarias y algunos son de elevado interés económico. **Carbonatos, sulfatos y haluros** son los más comunes.

Los **carbonatos** (CO₃²⁻) tienen una estructura simple. Destacan la **calcita** (carbonato de calcio, CaCO₃) y la **dolomita** (carbonato de calcio y magnesio, CaMg(CO₃)). Son muy similares, con brillo vítreo y exfoliación romboédrica. Forman las rocas **caliza** y **dolomía**, respectivamente, aunque suelen estar juntas en las mismas rocas y el nombre depende de la proporción de una u otra.



Los **haluros** presentan aniones de Cl^- , F^- o Br^- . El más común es la **halita** o **sal gema** (NaCl), de sabor salado y origen marino. La **fluorita** (CaF_2) se usa en la fabricación de acero. **Silvina** (KCl).

Entre los **sulfatos** destaca el **yeso** ($(\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O})$), también de origen marino. **Anhidrita** (CaSO_4), **baritina** (BaSO_4).

Los demás minerales no silicatados son escasos, pero a veces muy valiosos. Se puede destacar:

- **Óxidos:** (O^{2-}) como **hematites** y **magnetita**, menas de hierro, el **corindón** (gema y abrasivo) o la **uraninita (pechblenda)**, fuente de uranio. **Hielo** (H_2O). **Coltán = columbita** (óxido de columbio (niobio) + Fe y Mn) + **tantalita** (óxido de tantalio + Fe y Mn).
- **Sulfuros:** (S^{2-}) menas importantes de minerales como la **galena** (plomo), la **esfalerita** (cinc) y la **calcopirita** (cobre). **Pirita** (FeS_2). **Cinabrio** (HgS).
- **Elementos nativos:** están formados por un único elemento, como el **oro**, la **plata**, el carbono (**diamante**, **grafito**), el **cobre nativo** o el **platino**.

Contenido

1. MINERALES: COMPONENTES BÁSICOS DE LAS ROCAS	1
1.1. COMPOSICIÓN DE LOS MINERALES.....	1
1.1.1. Estructura atómica	2
1.1.2. Enlaces	3
1.1.2.1. Enlaces iónicos	3
1.1.2.2. Enlaces covalentes	3
1.1.2.3. Otros enlaces	4
1.1.3. Isótopos y radiactividad	4
1.2. CRISTALIZACIÓN	4
1.3. ESTRUCTURA DE LOS MINERALES	5
1.4. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES.....	6
1.4.1. Forma o hábito.....	6
1.4.2. propiedades ópticas.....	6
1.4.2.1. Capacidad para transmitir luz.....	6
1.4.2.2. Brillo	6
1.4.2.3. Color	7
1.4.2.4. Raya	7

- 1.4.3. fuerza mineral 7
 - 1.4.3.1. Tenacidad 7
 - 1.4.3.2. Dureza 7
 - 1.4.3.3. Exfoliación y fractura 7
- 1.4.4. Peso específico 8
- 1.4.5. Otras propiedades 8
- 2. GRUPOS DE MINERALES 8
 - 2.1. SILICATOS 9
 - 2.1.1. Silicatos comunes 11
 - 2.1.1.1. Silicatos claros 11
 - 2.1.1.2. Silicatos oscuros 11
 - 2.2. MINERALES NO SILICATADOS 12