

# Mineralogía

## Temas 6. Sistemática mineral



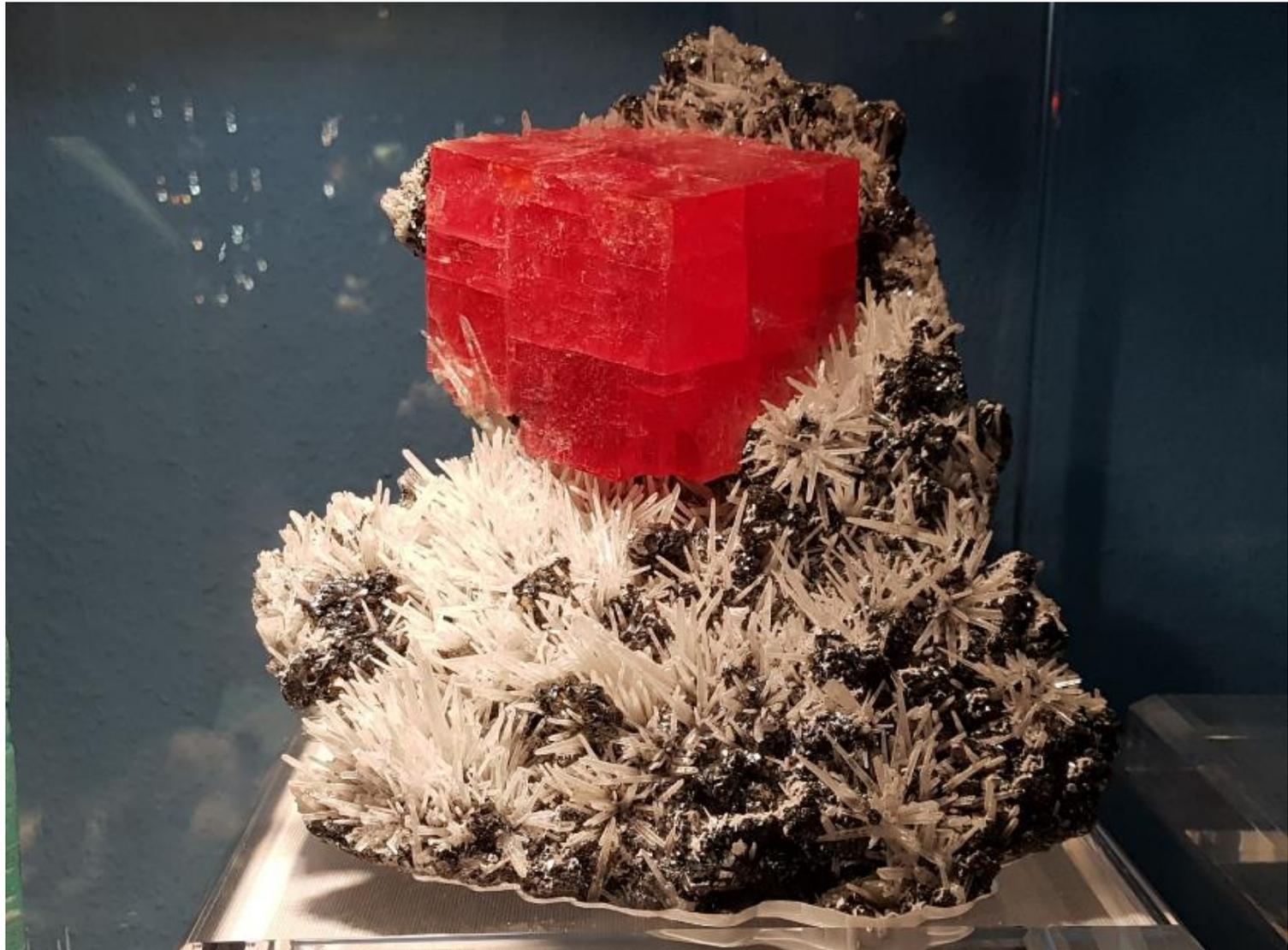
**Gema Fernández Maroto**

Departamento de Ciencias de la Tierra y  
Física de la Materia Condensada

Este tema se publica bajo Licencia:

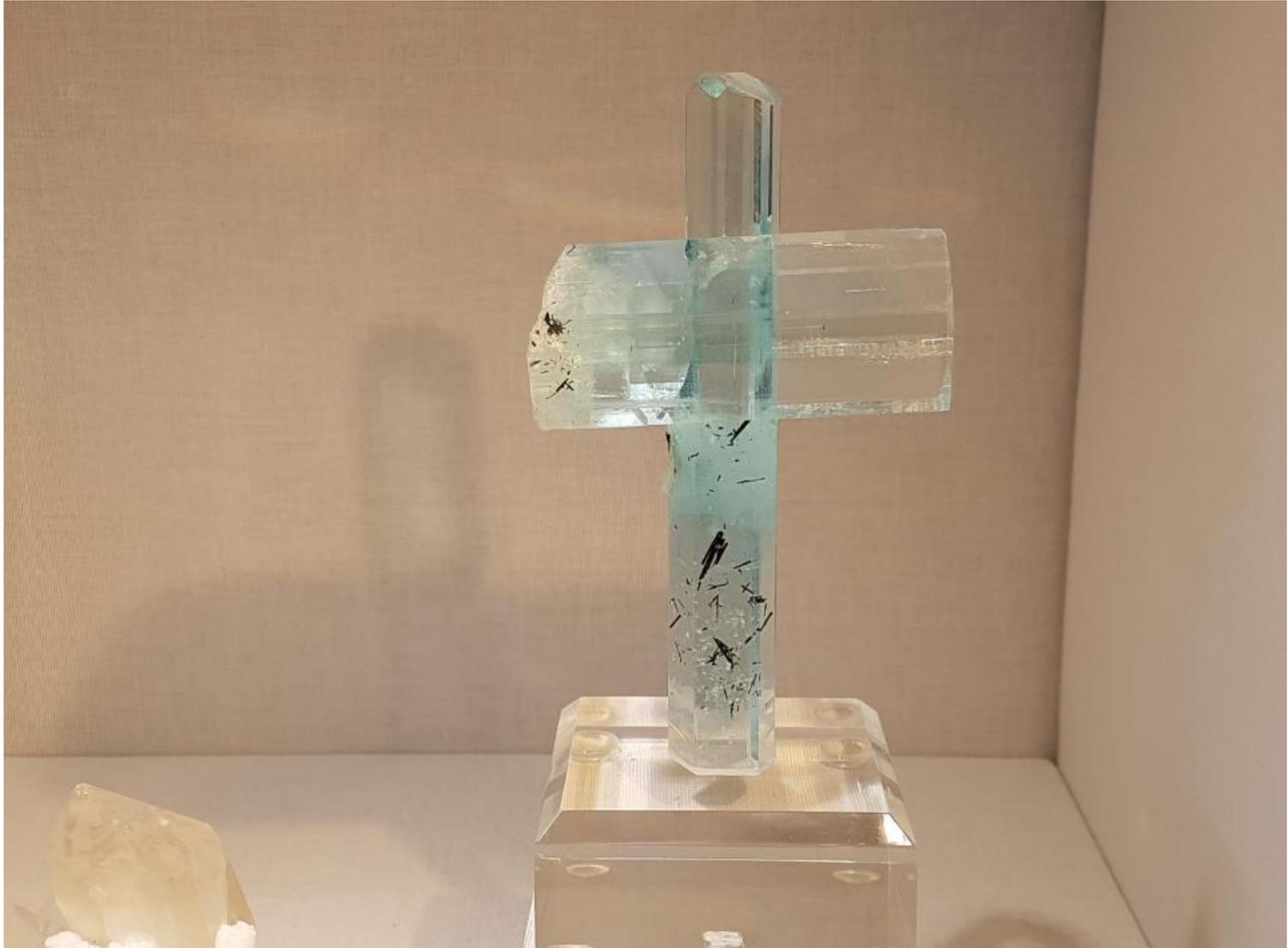
[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)





Gema Fernández Maroto

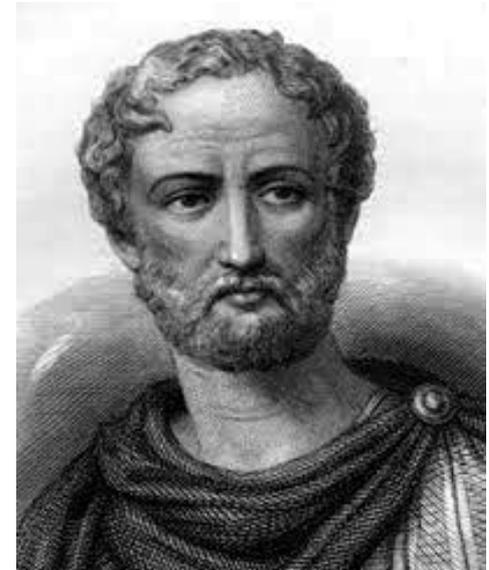




# Clasificación mineral

## Clasificación mineral

- Los primeros intentos de clasificación de los minerales se remontan a los tratados clásicos de la antigüedad, tales como el de **Plinio el Viejo** (Gayo Plinio Cecilio Segundo, siglo I dC). No obstante, los principios de la clasificación actual de los minerales, basados en la química de los minerales, fueron establecidos por el químico y mineralogista sueco **Berzelus** entre 1779 y 1848.
- El mismo concepto fue posteriormente desarrollado en la clasificación de minerales de **J. D. Dana** a mitad del siglo XIX, cuando todos los minerales fueron divididos en clases, **en función de sus aniones o grupos de aniones predominantes.**



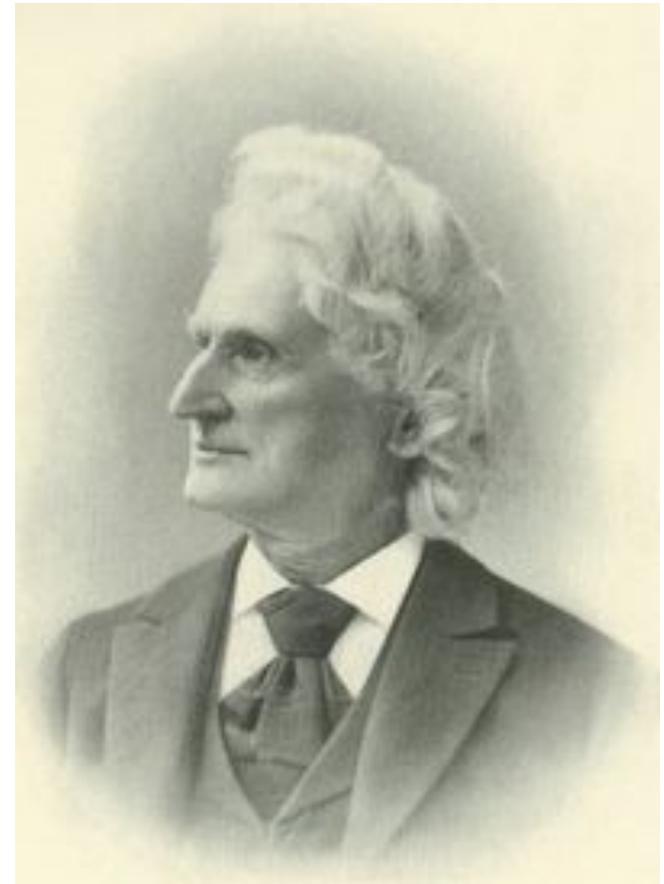
Plinio el Viejo.

## Clasificación mineral

- La clasificación de los minerales se basa en la composición química del mineral y en la estructura interna ordenada de sus átomos, que son determinantes en las propiedades físicas de los minerales.
- Clasificación de Strunz (1910-2006), que agrupa los minerales en 8 Clases Minerales, basada en la clasificación de Dana (1813-1895).

## James Dwight Dana (1813-1895)

- Fue un geólogo, mineralogista, zoólogo y botánico estadounidense. Aportó importantes contribuciones sobre la formación de las montañas, la actividad volcánica y a la estructura de los continentes y de los océanos.



James Dwight Dana.

## Clasificación mineral según Dana

1. Elementos nativos.
2. Sulfuros.
3. Sulfosales.
4. Óxidos e Hidróxidos.
5. Haluros.
6. Carbonatos.
7. Nitratos.
8. Boratos.
9. Fosfatos.
10. Sulfatos.
11. Volframatos.
12. Silicatos.



## Karl Hugo Strunz (1910-2006)

- Como conservador del museo de minerales de la *Universidad Humboldt de Berlín*, Strunz se dedicó a ordenar la colección geológica del mismo en función de las propiedades químicas y cristalográficas de los ejemplares. Sus tablas mineralógicas, publicadas por primera vez en 1941, han sufrido diversas modificaciones a lo largo del tiempo, siendo publicada la novena edición en 2001.



Karl Hugo Strunz.

# Clasificación mineral según Strunz

- Clase 1.** Elementos nativos.
- Clase 2.** Sulfuros.
- Clase 3.** Sulfosales.
- Clase 4.** Óxidos e Hidróxidos.
- Clase 5.** Haluros.
- Clase 6.** Carbonatos.
- Clase 7.** Nitratos.
- Clase 8.** Boratos.
- Clase 9.** Fosfatos.
- Clase 10.** Sulfatos.
- Clase 11.** Volframatos.
- Clase 12.** Silicatos.

# Clase 1.

# Elementos nativos

## Elementos nativos

- Grupo poco numeroso de minerales formados por una sola especie de átomos que se encuentran en la naturaleza en estado nativo.
- Presentan gran variedad de enlaces que les confieren propiedades muy variadas.
- Solamente existen veinte elementos que se encuentran en estado nativo (con excepción de los gases libres de la atmósfera).
- **Esta clase se subdivide en:**
  - Metales nativos (Grupo del Au, Grupo del Pt y Grupo del hierro): Au, Ag, Cu, Fe, Hg, Pt y Pb.
  - Semimetales (Grupo del Arsénico, Antimonio y Bismuto y el Grupo del Selenio y Teluro).
  - No metales (Azufre, Diamante y Grafito).

## Elementos nativos: metales nativos

### • Tres grupos:

#### 1. Grupo del Oro: Au, Ag, Cu y Pb (enlace metálico):

- Todos lo suficientemente inertes para encontrarse en estado elemental en la naturaleza.
- Blandos, maleables, dúctiles y sectiles.
- Buenos conductores de la electricidad y del calor.
- Brillo metálico.
- Puntos de fusión más bien bajos.
- Cúbicos y densidades muy elevadas.

## Elementos nativos: metales nativos

### • Tres grupos:

#### 2. Grupo del Platino: Pt:

- Cúbico.
- Más duros y puntos de fusión más elevados que los del Oro.

#### 3. Grupo del Hierro: Fe y dos especies de ferroníquel (Kamacita y Taenita) corrientes en los meteoritos.

## Cobre nativo

- Dureza:  $2^{1/2}$  - 3.
- Peso específico: 8,9.
- Fractura astillosa.
- Muy dúctil y maleable.
- Brillo metálico.



## No metales

### Azufre (S)

- Ortorrómbico.
- Fractura concoidea.
- Dureza.
- Peso específico.
- Brillo resinoso.
- Color amarillo azufre.
- Mal conductor del calor.



## No metales

### Diamante (C)

- Cúbico.
- Brillo adamantino.
- Dureza: 10.
- Peso específico: 3,52.
- Enlace covalente.

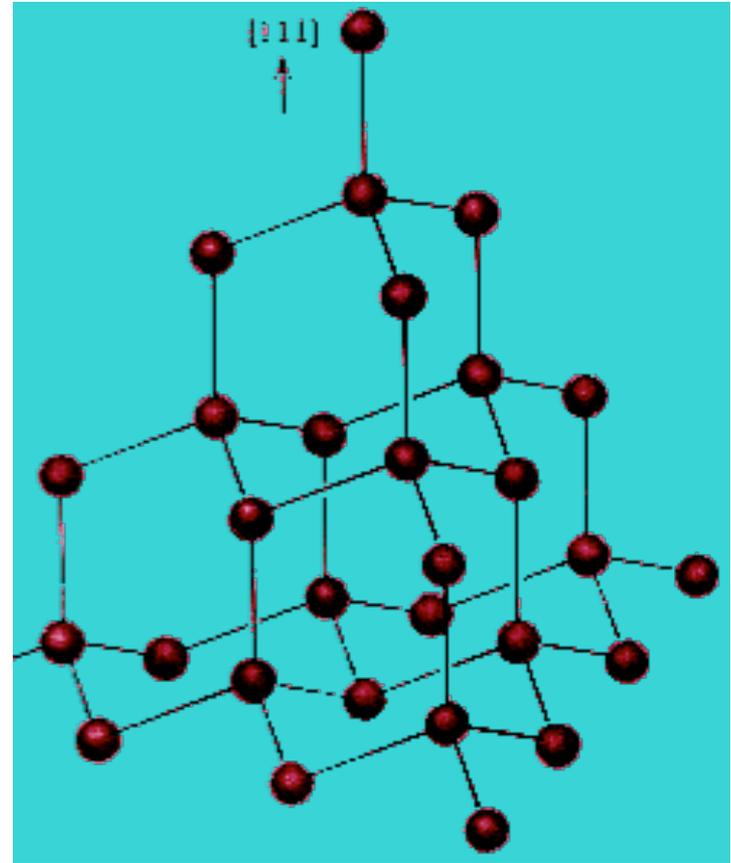
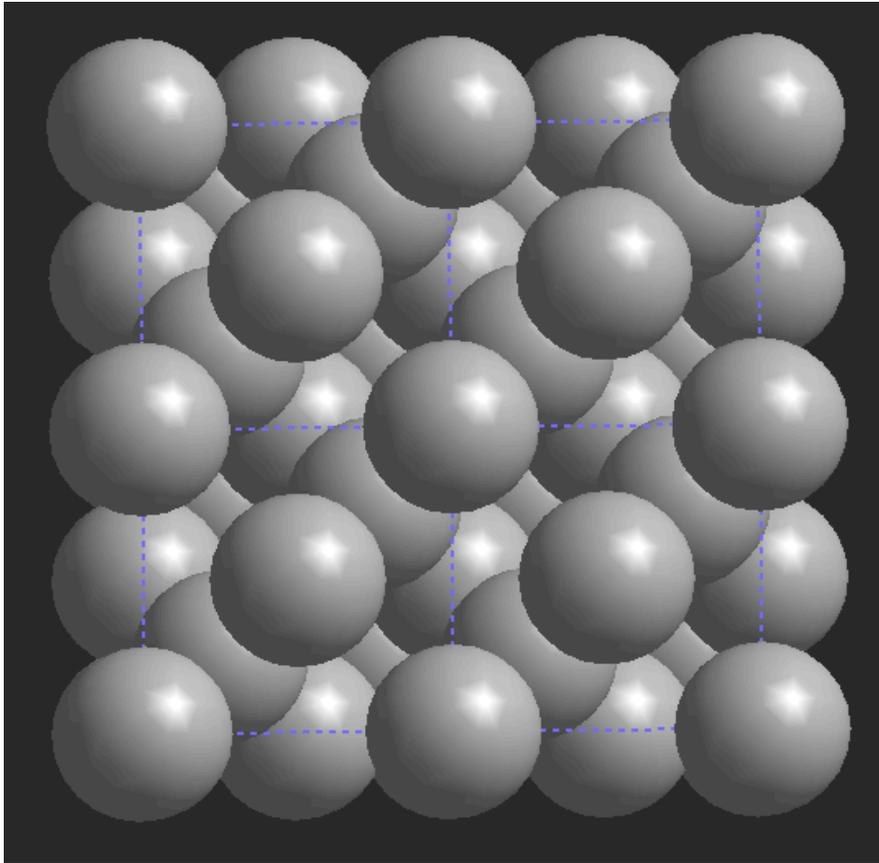


## Grafito

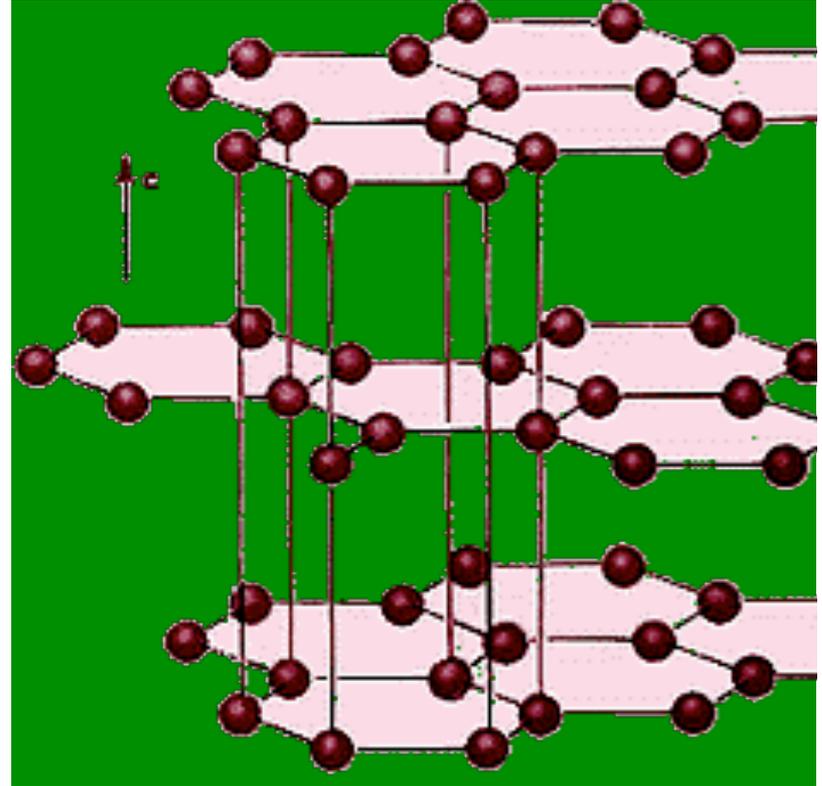
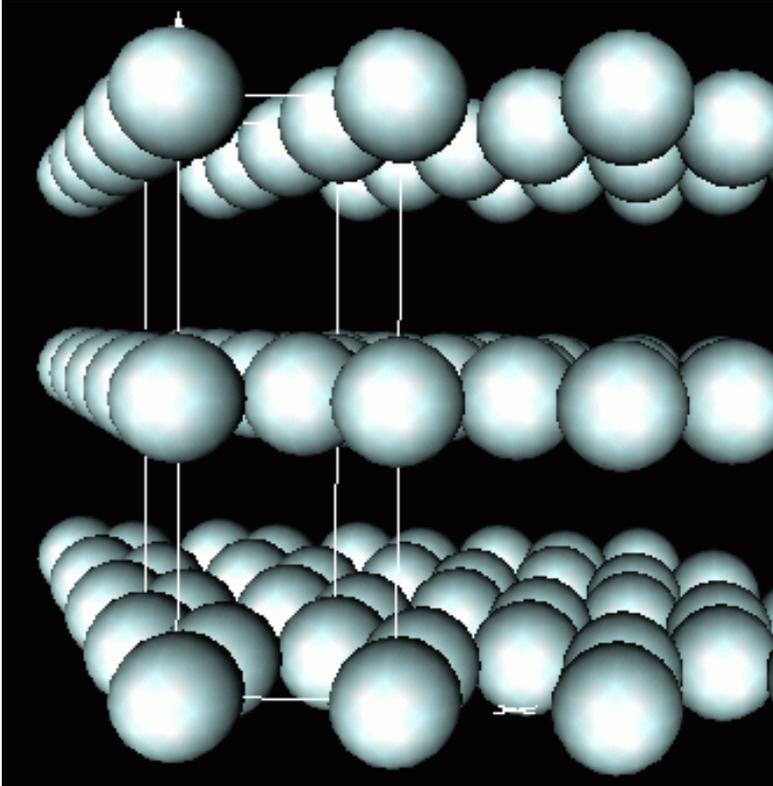
- Hexagonal.
- Dureza: 1 - 2.
- Peso específico: 2,23.
- Exfoliación perfecta.



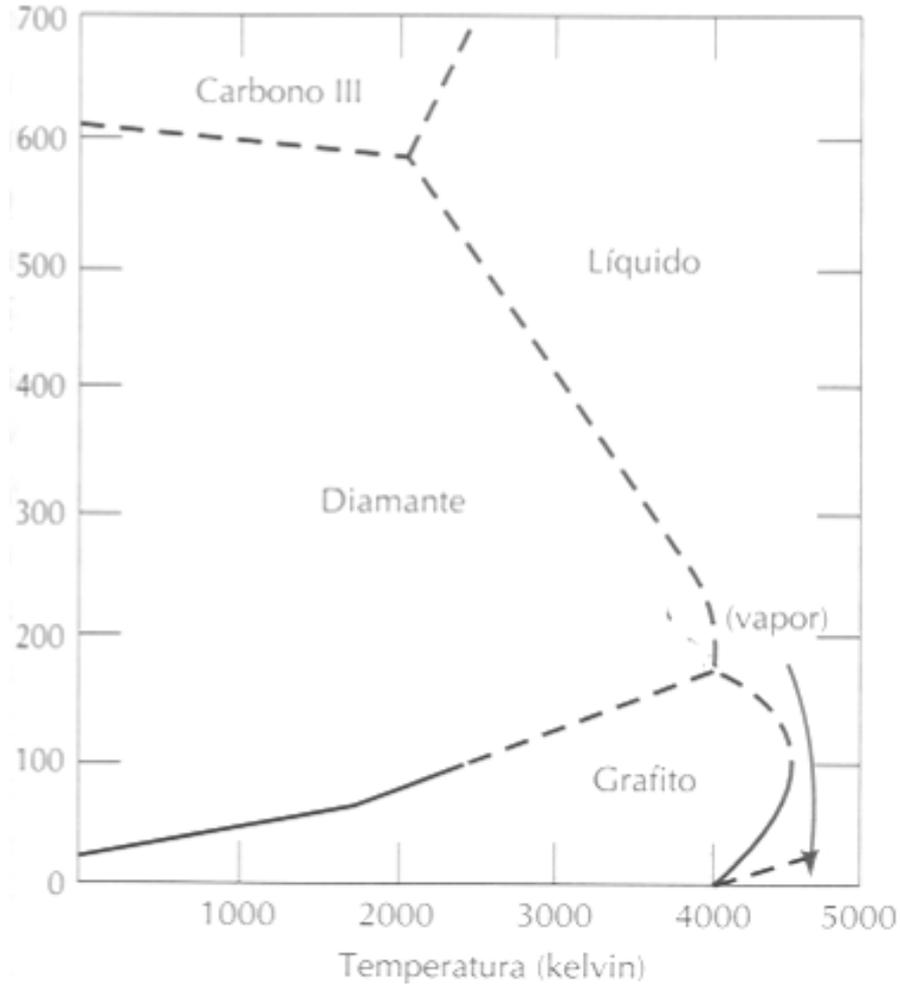
### Diamante: C



## Grafito: C



### Diagrama de fase del carbono



## Usos

- **Diamante**: aunque se pueden preparar diamantes en el laboratorio desde hace algún tiempo, en Gemología se consideran sólo los naturales, mientras que los sintéticos presentan diversas **aplicaciones industriales (abrasivos, cortadoras, pulidoras, etc.)**.
- **Grafito**: es un mineral relativamente abundante, que se explota para la fabricación de **lubricantes sólidos, refractarios y hornos, escobillas de motores, lapiceros, etc.**
- **Azufre**: es también un mineral abundante que se conoce desde tiempos muy antiguos. Presenta diversas aplicaciones en la **industria química, como la fabricación de ácido sulfúrico, productos para la agricultura, vulcanización de cauchos y en las industrias textiles y papeleras.**

## Usos

- **Platino:** es un metal muy apreciado por sus características químicas, ya que es muy inerte ante los ácidos y resistente al calor (funde a  $1772^{\circ}\text{C}$ ), por ello se emplea en la **fabricación de material de laboratorio y de cirugía de gran resistencia química y térmica**. Interviene como **catalizador en numerosos procesos químicos**. Su gran conductividad eléctrica le da **aplicaciones en Electrónica**. Muchas veces se emplea aleado con otros metales nobles. Es también muy apreciado en **Joyería**.



## Usos

- **Oro**: junto con el *Cobre*, fue uno de los elementos que primero se conoció. Por sus propiedades físicas y *químicas* se le conoce como "**rey de los metales**". El número de aplicaciones es muy grande, aunque las más conocidas derivan de su valor económico (**Joyería y ornamentación, patrón monetario, etc.**). **Electrónica (buen *conductor eléctrico*)**, fabricación de pan de oro, medicinas (**oro coloidal**), etc.
- **Plata**: aunque aparece en estado nativo, son mucho más abundantes sus sales, pues es algo menos resistente que el *Oro* y se altera superficialmente, ennegreciéndose. Por ello gran parte de la *Plata* que se usa proviene de la metalurgia de otros metales (galenas argentíferas, etc.). Además de su uso en **Joyería y ornamentación**, tiene algunas aplicaciones parecidas a las del *Oro*. Sus compuestos presentan también un amplio rango de aplicaciones.

# Clase 2.

# Sulfuros

# y sulfosales

## Clase 2. Sulfuros y sulfosales

- Los **Sulfuros** son minerales formados por la combinación del Azufre (S) con metales y semimetales, presentando tanto enlaces iónicos, como covalentes y metálicos. Constituye una importante clase de minerales que incluye a la mayoría de las menas metálicas.



## Sulfuros

- Los sulfuros son muy importantes ya que comprenden la mayoría de las menas minerales.
- En esta clase se incluyen los **Sulfoarseniuros**, los **Arseniuros** y los **Telururos**, los cuales son similares a los sulfuros pero más raros.
- **Se reconocen por:**
  - Su brillo es metálico.
  - Opacos.
  - Colores distintivos.
  - Raya de colores característicos.
  - No opacos: Cinabrio, el Rejalgar y el Oropimente.

## Sulfuros

- Unos 250 minerales compuestos de S, y en menor medida de Se y Te, As, Bi o Sb.
- No formadores de rocas.
- **Menas minerales.**
- + Abundante: Pirita.
- Brillo metálico y color propio: opacos.
- Dureza 2 - 4 y peso específico entre 4 - 7.
- Fe, Ni, Co y Pt dan las mayores durezas. Cu y Zn durezas medias. Ag, Pb, Hg, Sb, Bi durezas bajas.

## Sulfuros

- El tipo de enlace que presentan estos compuestos es, sobre todo **covalente**, aunque muchos de ellos poseen un marcado carácter metálico (algunos son casi aleaciones). También existen sulfuros (los más simples) con un cierto carácter iónico.

## Sulfuros

- **Las propiedades físicas de estos minerales pueden resumirse en los puntos siguientes:**
  - Aspecto y brillo metálico.
  - Densidades elevadas (hasta 9).
  - Opacos. Algunos transmiten la luz en los bordes.
  - Coloraciones características.
  - Gran conductividad calorífica y eléctrica.
  - Algunos son semiconductores.
  - La dureza depende de la estructura. Los sulfuros con estructuras en cadena y los estratificados son los más blandos (1 a 2), mientras que los covalentes son los más duros (6 a 7).

## Sulfuros

- El número de especies que forman esta clase es superior a 300, aunque tan sólo 30 pueden considerarse importantes, por encontrarse en grandes cantidades y estar más o menos difundidos.
- El resto suele poseer un interés muy limitado al coleccionismo o a alguna actividad científica concreta.
- Entre los sulfuros importantes y que están considerados como menas metálicas:

MINERAL	MENA
Proustita	Ag
Mispíquel	As
Rejalgar	As
Oropimente	As
Esmaltina	Co y Ni
Cleantita	Co y Ni
Skutterudita	Co y Ni
Niquelina	Ni
Antimonita	Sb
Bismutinita	Bi
Greenockita	Cd

MINERAL	MENA
Blenda	Zn
Calcosina	Cu
Calcopirita	Cu
Tetraedrita	Cu
Tenantita	Cu
Galena	Pb
Cinabrio	Hg
Molibdenita	Mo
Argentita	Ag
Pirargirita	Ag

- La **Pirita** no se utiliza como Mena de Hierro, pues no se obtiene un metal de buena calidad, sin embargo, se utiliza como materia prima para la obtención del ácido sulfúrico.

### Pirita



## Sulfuros

- Galena:  $SPb$
- Blenda:  $SZn$
- Calcopirita:  $S_2CuFe$
- Pirrotina:  $SFe_{1-x}$
- Cinabrio:  $SHg$
- Rejalgar:  $SAs$
- Oropimente:  $S_3As_2$
- Pirita:  $S_2Fe$
- Marcasita:  $S_2Fe$
- Estibina:  $S_2Sb_3$
- Calcosina:  $Cu_2S$

# Mineralogía

Temas 6. Sistemática mineral

## Galena



## Cinabrio



## Cinabrio

- Además de ser una fuente importante de mercurio, también se utiliza en instrumental científico, aparatos eléctricos.
- En la antigüedad, fue utilizado para preservar huesos humanos y en pinturas rupestres (como las descubiertas cerca de Almadén). Tal vez siguiendo esa tradición como preservador de huesos, los alquimistas utilizaron el cinabrio para preparar un elixir que, suponían, aseguraba la longevidad.
- En medicina china, se denomina metafóricamente cinabrio a la energía sexual o energía de vida, recibida de los padres en el momento de la concepción y que se va agotando a lo largo de la vida.
- En la Edad Media se utilizó para iluminar manuscritos. Otro de los usos fue como colorante para el lacre, que era un sólido (mezcla basada principalmente por cera de abejas) quebradizo y de punto de fusión bajo para sellar las cartas o documentos de la realeza.

## Marcasita



### Estibina



## Blenda acaramelada

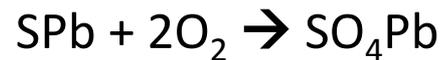


## Alteración de los sulfuros

- La mayor parte de los sulfuros, arseniuros y sulfosales son sensibles, en mayor o menor medida, a la acción de los agentes químicos de la alteración.
- Los sulfuros que mejor resisten estos procesos son los más estables frente al agua, los ácidos y los medios oxidantes, es decir los de metales más nobles (cinabrio).
- Pero la mayor parte de los minerales de esta clase son inestables frente a las condiciones de meteorización.
- La alteración de los sulfuros conduce a la formación de sulfatos, carbonatos, óxidos e hidróxidos.

## Alteración de los sulfuros

- Por ejemplo, la Galena se oxida a Anglesita en presencia de oxígeno en un proceso en el que interviene el anhídrido carbónico disuelto las en aguas naturales:



- Como el sulfato de plomo es insoluble, la anglesita suele aparecer asociada a la galena cuando ha sido sometida a procesos de oxidación. También pueden acompañar a la galena otros productos de alteración, como la Cerusita.
- La Pirita, en contacto con la atmósfera se transforma en hidróxido de hierro (Limonita).



## Sulfosales

- Las **Sulfosales** comprenden un grupo muy diverso y relativamente grande de minerales con más de 100 especies.
- Son sulfuros complejos en los que el Arsénico, el Antimonio y el Bismuto juegan un papel más o menos semejante al de los metales.



## Sulfosales

- En este grupo de minerales el Azufre toma el lugar del oxígeno en los ácidos oxigenados más comunes y más conocidos, como el ácido carbónico, ácido sulfúrico o el ácido fosfórico. Las sulfosales son importantes porque nos pueden indicar cierto número de minerales de azufre diferentes a los sulfuros.
- Muchas especies de este grupo son raras, están íntimamente asociadas con otros minerales similares y con frecuencia están imperfectamente cristalizadas.
- Las sulfosales se presentan normalmente como minerales secundarios en filones hidrotermales asociados con los sulfuros más corrientes. En raras ocasiones son compuestos que contienen Plata, Cobre o Plomo, pero sólo unos pocos son lo suficientemente abundantes para servir de menas de estos metales.

## Sulfosales

**S + metal y semimetal. Minerales secundarios.**

**Pirargirita ---- Proustita.**



**Isoestructurales.**

# Clase 3.

# Halogenuros

## Halogenuros

- Forman parte de esta clase los minerales en cuya composición los *elementos halógenos* se combinan con *metales* formando **sales**.
- Desde el punto de vista químico, estos minerales vienen representados por las sales de los ácidos FH, ClH, BrH y IH.
- Los *metales* que se combinan con los *halógenos* para formar los minerales de esta clase son los **alcalinos, alcalino-térreos** y algunos **metales de transición** como **plata, cobre, hierro, mercurio y manganeso**.
- Los *halogenuros de metales alcalinos y alcalino-térreos* se caracterizan por formar estructuras con enlaces iónicos, mientras que los correspondientes a *metales pesados*, debido al gran poder polarizante que poseen, presentan enlaces covalentes.
- Importancia industrial que tienen muchos de estos minerales (**Halita, Silvinita, Fluorita, Criolita**) como materias primas de gran importancia en diversas industrias.

## Características

- Generalmente tienen poca dureza.
- Peso específico bajo.
- Brillo vítreo.
- Color variable (Fluorita).
- Algunos pueden considerarse de gran importancia económica.
- Los haluros son los ejemplos más perfectos del mecanismo de enlace iónico puro.
- Todos los haluros cúbicos tienen puntos de fusión de moderado a elevado, y en ese estado son malos conductores del calor y de la electricidad.
- La conductividad eléctrica se efectúa por electrólisis, es decir, obedece al transporte de cargas por los iones y no por los electrones y a medida que aumenta la temperatura y son liberados los iones por el desorden térmico, aumenta rápidamente la conductividad eléctrica, llegando a ser excelente en el estado de fusión.

## Halogenuros

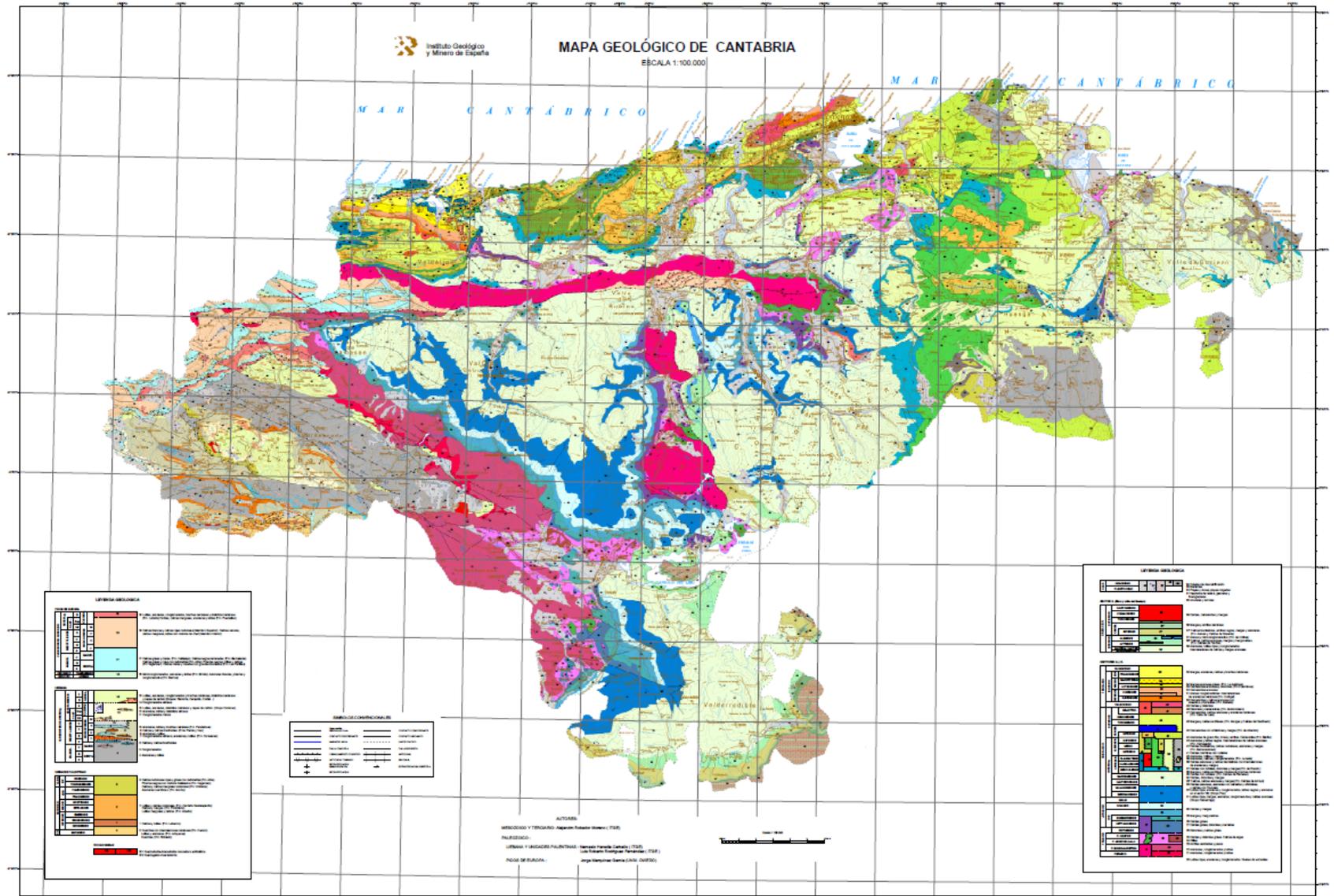
- Unos 100 minerales. Cl, F, I y Br.
- Los más importantes son los cloruros de Na, K, y los fluoruros de Ca.
- Los cloruros comunes, los fluoruros escasos y los bromuros y yoduros muy raros.
- La mayor cantidad de estos elementos se encuentra disuelta en el agua del mar. Los cloruros y los bromuros representan el 1.9% y el 0.0065% respectivamente, del peso total del mar. El yodo aparece también concentraciones apreciables. Sin embargo, el flúor no alcanza nunca concentraciones superiores a 0.0008 gr/litro.

## Halogenuros

- Los fluoruros son más duros que los cloruros. Las durezas se sitúan entre 2 y 5 para fluoruros, y entre 1 y 35 para los demás minerales.
- El catión influye en el peso específico.
- **Halita**:  $\text{ClNa}$ .
- **Silvina**:  $\text{ClK}$ .
- **Fluorita**:  $\text{F}_2\text{Ca}$ .
- **Carnalita**:  $\text{Cl}_3\text{KMg}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .



Diapiro en la playa de S. Julián. Liendo (Cantabria).



### FLUORITA



### SILVINA



### HALITA



# Clase 4.

# Oxidos e

# Hidróxidos

## Óxidos

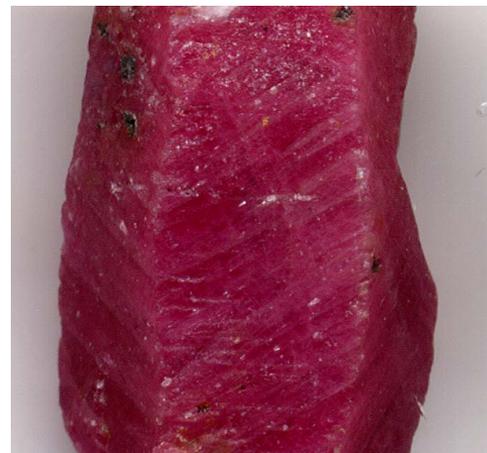
- Los óxidos son compuestos en los que el oxígeno está combinado con 1 ó más metales. Predomina en estos compuestos, el enlace iónico. Aspecto y características diversas.
- **Accesorios de numerosas rocas:**
  - Menas de Cu: Cuprita.
  - Menas de Cr: Cromita.
  - Mena de Manganeso: Pirolusita.
  - Mena de Estaño: Casiterita.

## Óxidos

- Los **óxidos**, por ejemplo, son un grupo de minerales relativamente duros, densos y refractarios; generalmente se presentan en forma accesoria en las rocas ígneas y metamórficas, y en forma de granos dendríticos resistentes en los sedimentos.
- Los **hidróxidos** tienden a ser menos duros y de menor densidad, y aparecen principalmente como aleación secundaria o como productos de meteorización, como la limonita, a partir de los compuestos de hierro.
- El tipo de enlace en las estructuras de óxidos es por lo general fuertemente iónico.

## Óxidos

- **Corindón**:  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- **Oligisto**:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- **Magnetita**:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$
- **Cromita**:  $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Fe}$
- **Pirolusita**:  $\text{MnO}_2$
- **Casiterita**:  $\text{SnO}_2$
- **Rutilo**:  $\text{TiO}_2$
- **Ilmenita**:  $\text{FeTiO}_3$



## Hidróxidos

• Son aquellos óxidos en los que el H ocupa el lugar de 1 o más metales no equivalentes:

- Goethita:  $\text{HFeO}_2$
- Bauxita: Gibbsita, Bohemita, Diáspora.



## Goethita



# Clase 5.

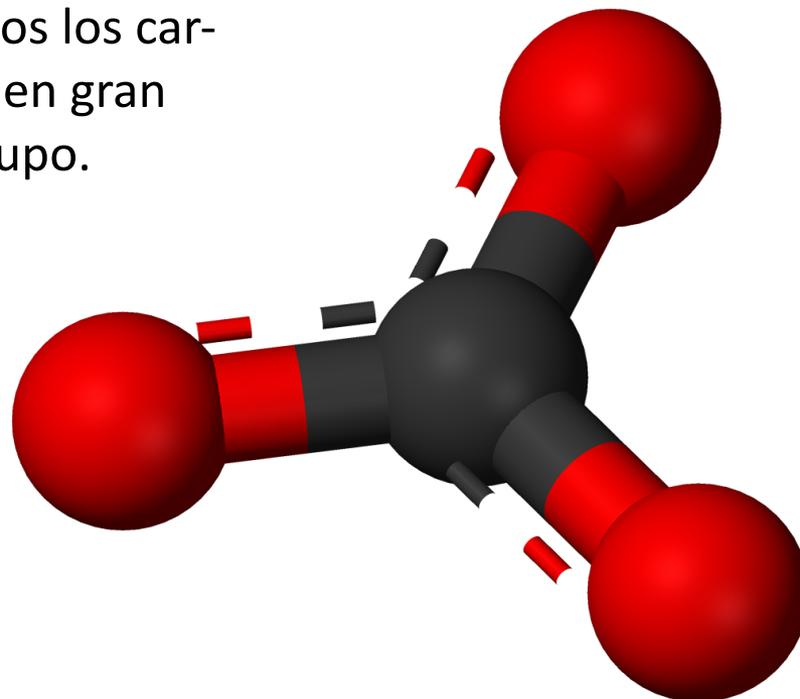
# Nitratos,

# Carbonatos

# y Boratos

## Carbonatos

- Los **Carbonatos** son los compuestos de carbono y oxígeno que tienen como unidad estructural fundamental el complejo aniónico  $\text{CO}_3^{2-}$ . Estos grupos carbonato planos, triangulares, son las unidades constructivas básicas de todos los carbonatos minerales y los responsables en gran medida de las propiedades de este grupo.



## Características de los carbonatos

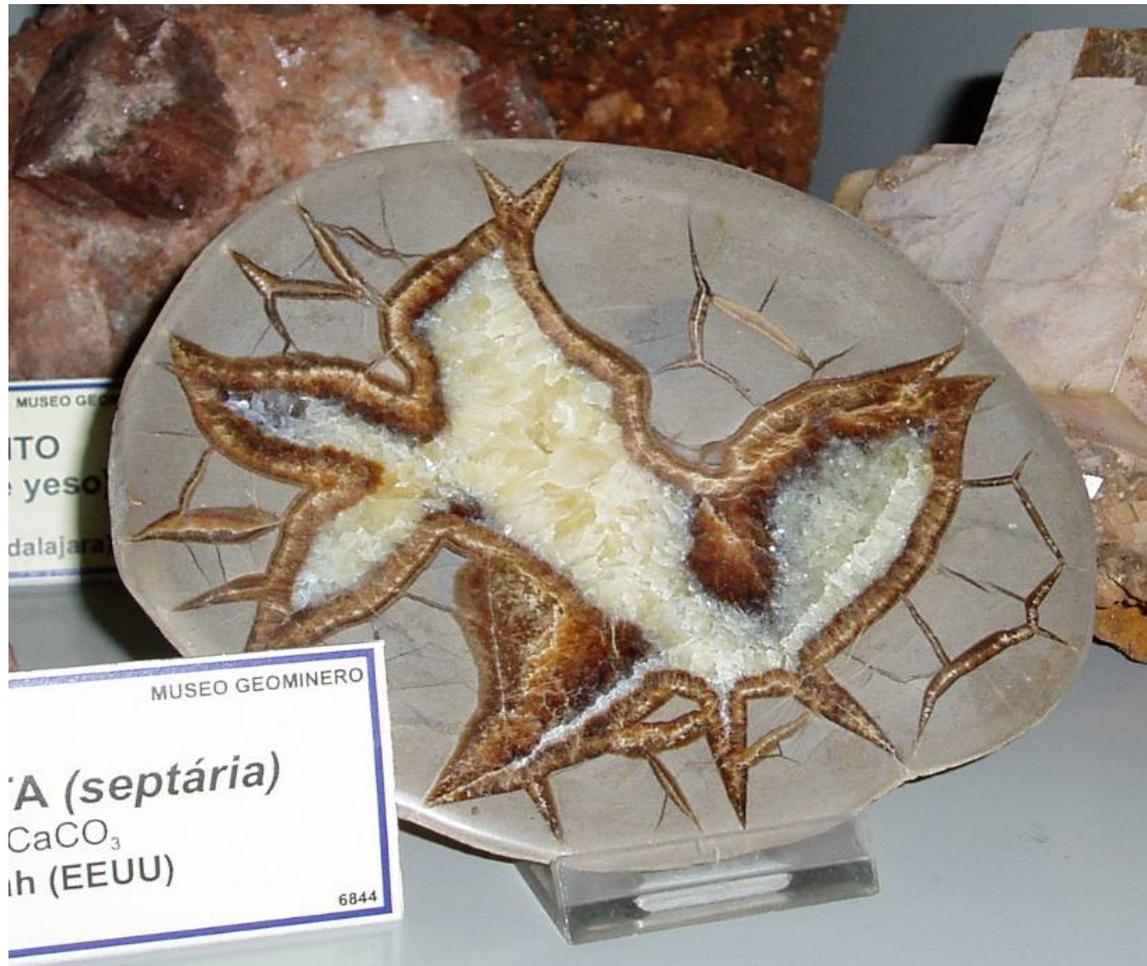
- Poseen dureza media o baja.  $< 5$ .
- Son generalmente blancos.
- Pero también pueden presentar vivos colores, a veces son transparentes o translúcidos.
- A diferencia de los minerales de otras clases, los carbonatos tienen la característica de disolverse con efervescencia en el ácido clorhídrico diluido.
- De aspecto lapídeo.
- Cristales romboédricos.

- **Los carbonatos anhidros importantes pertenecen a tres grupos isoestructurales:**
  - Grupo de la Calcita: Calcita, Magnesita, Siderita, Rodocrosita, Smithsonita.
  - Grupo del Aragonito: Aragonito, Witherita, Estroncianita, Cerusita.
  - Grupo de la Dolomita: Dolomita, Ankerita.
- Además de los minerales de estos tres grupos sólo tienen importancia los carbonatos básicos de cobre: la Azurita y la Malaquita que pertenecen al grupo de los carbonatos monoclinicos con  $(OH)^-$ .

## Grupo de la Calcita

- Min. Isoestructurales.
- Alternan capas de cationes metálicos con los aniones  $\text{CO}_3$ .
- En  $\text{CO}_3$  enlaces covalentes fuertes.
- Aniones con metales: Iónicos.
- Rodocrosita.
- Siderita.

## Septaria



## Grupo de la Dolomita

- Alternativamente Ca y Mg.
- Cristales romboédricos curvos y su color blanco lechoso.
- Dolomieu.
- Los Dolomitas son una cadena montañosa de Italia. El nombre proviene de Deodat de Dolomieu, geólogo francés que descubrió la composición de la roca en 1791.
- Declaradas Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 2009.



Deodat de Dolomieu (1750-1801). Fue un importante geólogo francés que destacó por haber sido el primero en describir la dolomía.

## Grupo de la Aragonito

- Aragonito.
- Witherita.
- Cerusita.



## Grupo de los carbonatos monoclónicos con $(OH)^-$

**AZURITA**

**MALAQUITA**



## Carbonatos

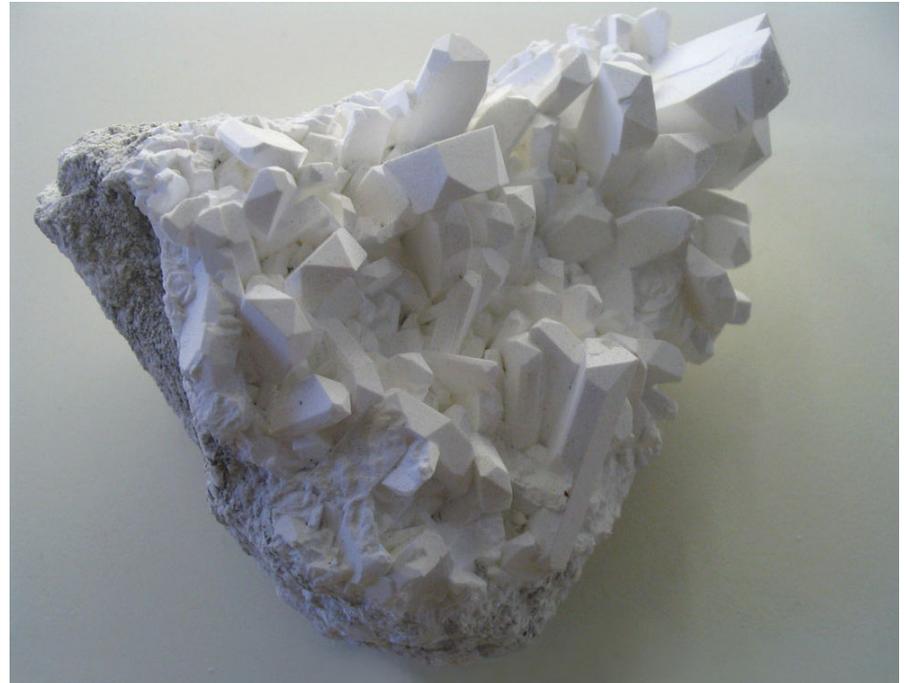
- **Algunos son menas metálicas:**
  - Siderita (Fe).
  - Smithsonita (Zn).
  - Cerusita (Pb).
  - Azurita y Malaquita (Cu)

## Nitratos

- Compuestos de N y O,  $\text{NO}_3^-$
- N-O enlace fuerte, acción de ácidos
- $\text{NO}_3\text{Na}$  → Nitratina.
- $\text{NO}_3\text{K}$  → Nitro ó Salitre.

## Boratos

- Estructuras en cadenas y hojas.  $\text{BO}_3^-$
- Redes desordenadas → Vidrios especiales de poco peso.
- 100 minerales.



# Clase 6. Sulfatos, Cromatos, Molibdatos y Wolframatos

## Sulfatos

- Comprende los minerales cuya fórmula contiene el radical  $\text{SO}_4$ , incluyendo también los que contienen  $\text{WO}_4$ , y  $\text{MoO}_4$ . Generalmente sus cationes son Fe, K, Na, Cu, Mn, Al, Ca. Entre los sulfuros anhidros más importantes se encuentra el grupo de la baritina, y de los sulfuros hidratados, el yeso es el más abundante e importante.
- Los minerales de este grupo tienen una dureza inferior a 3.5.
- La formación de sulfatos tiene lugar en las condiciones de elevada concentración de oxígeno, y a temperaturas relativamente bajas.
- Enlace S-O muy fuerte.
- Grupo de los Sulfatos Anhidros.
- Grupo de los Sulfatos Básico e Hidratados.

## Grupo de los sulfatos anhidros

- **Grupo de la Barita: SO<sub>4</sub>Ba:**

- Celestina: SO<sub>4</sub>Sr.
- Anglesita: SO<sub>4</sub>Pb.
- Anhidrita: SO<sub>4</sub>Ca.

- Grupo isoestructural.
- Sistema rómbico.
- Alto PE.
- Cristales tableados.
- Fuente principal de Ba.

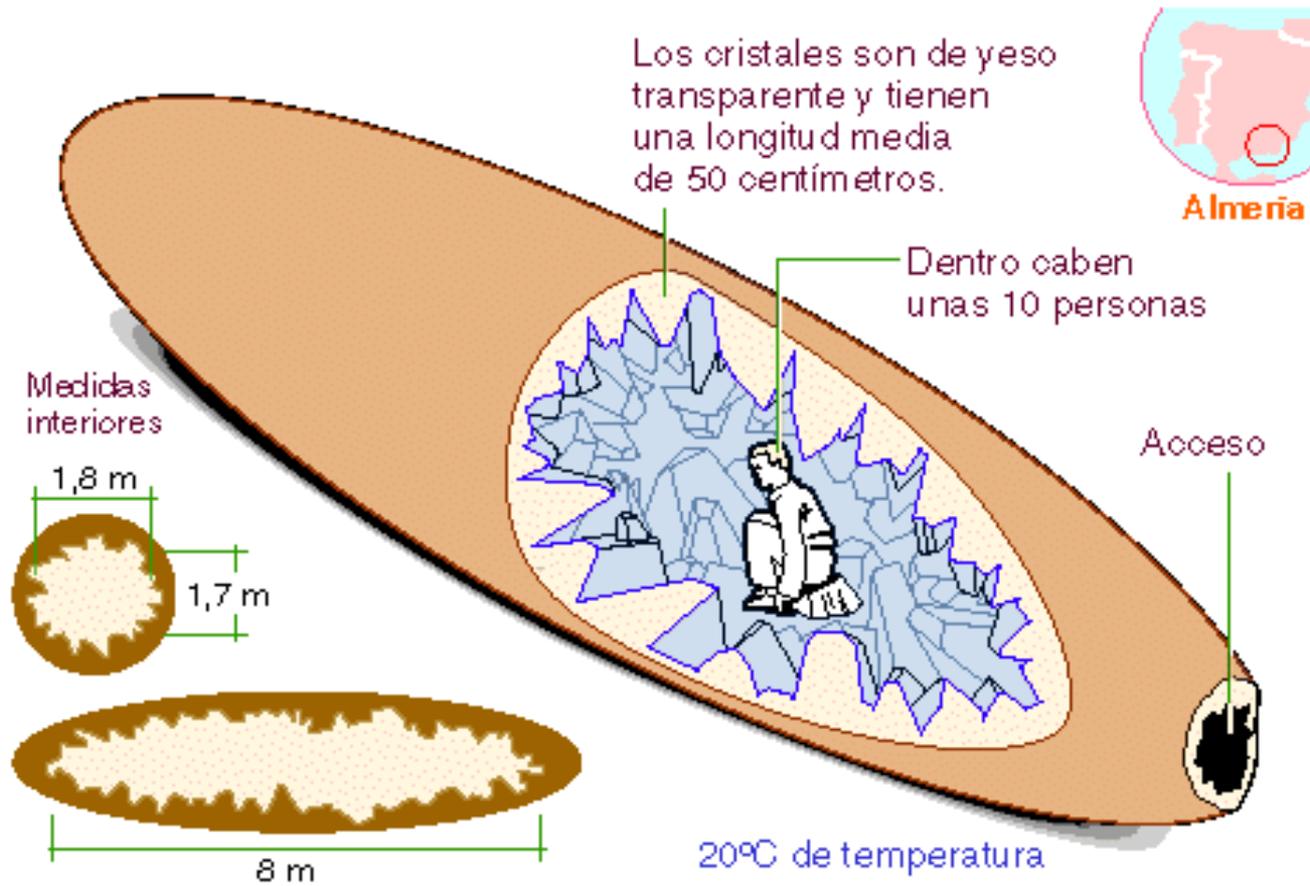
## Grupo de los sulfatos anhidros

**Yeso:  $\text{SO}_4\text{Ca} \times 2\text{H}_2\text{O}$**

- Depósitos en capas.
- Producción de escayola.
- Mezclado con arcillas = Fertilizantes.



# La geoda gigante



© Nacho Catalán. El País.

Gema Fernández Maroto

## Grupo de los sulfatos anhidros

Celestina:  $\text{SO}_4\text{Sr}$



## Wolframatos, Cromatos y Molibdatos

- **Grupo de la Wolframita:**  $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$
- **Grupo de la Scheelita:**  $\text{CaWO}_4$
- Se trata de un pequeño grupo de minerales de mena que son coloridos e interesantes.
- El Tungsteno (W) tiene un peso atómico mucho mayor (184) que el Molibdeno (96), ambos pertenecen a la misma familia de la tabla periódica y, tienen el mismo radio iónico. Debido a esto, cada uno de ellos puede sustituir fácilmente al otro como catión coordinador.
- Pero en la naturaleza es raro encontrar Wolframios primarios casi por completo exentos de molibdeno y viceversa.
- Como ejemplos de este tipo de minerales tenemos: Wolframita, Scheelita, Powellita, Wulfenita.

# Mineralogía

Temas 6. Sistemática mineral

## Scheelita



Gema Fernández Maroto

# Clase 7.

# Fosfatos,

# Arseniatos y

# Vanadatos

## Fosfatos

- Los **Fosfatos** son minerales que tienen como grupo estructural el anión  $(\text{PO}_4)^{3-}$ . Todos los fosfatos están contruidos con este anión fosfato complejo como unidad estructural fundamental. Si en lugar de fósforo, hay arsénico o vanadio los minerales son **Arseniatos** y **Vanadatos**.  $\text{PO}_4^{3-}$ . **Apatito**, **Accesorio**.
- Esta clase comprende minerales de vivos colores que son poco conocidos.
- Se caracterizan por la presencia, en el grupo aniónico, de fósforo (Fosfatos), arsénico (Arseniatos) y vanadio (Vanadatos).
- Algunos tienen una gran importancia para la extracción de elementos químicos poco comunes. Como ejemplos se pueden mencionar los siguientes: Monacita, Apatito, Piromorfita, Vanadinita, Wavelita, Turquesa.

## Vanadinita

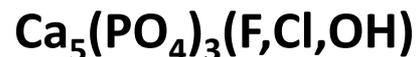
- Es una mena secundaria del clorovanadato.
- Casi siempre se le encuentra en la zona de oxidación de yacimientos de Plomo que se encuentran en climas áridos, siendo el resultado de la alteración de sulfuros y silicatos vanádicos situados en la ganga y en la roca encajante del yacimiento.



Gema Fernández Maroto

## Apatito

- Principal fuente de Fósforo y Fosfato y por lo tanto es imprescindible en la fabricación de los abonos minerales.
- El nombre de apatita deriva del griego apate (equivocarse) ya que puede ser confundido fácilmente con otros minerales como el Berilo o la Turmalina.
- **Variedades principales:**
  - Fluoro-apatito ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ): principal mineral del esmalte de los dientes.
  - Hidroxi-apatito ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ): principal mineral de los huesos.



- **Monacita-Ce**  $(\text{Ce,La,Pr,Nd,Th,Y})\text{PO}_4$
  - **Monacita-La**  $(\text{La,Ce,Nd,Pr})\text{PO}_4$
  - **Monacita-Nd**  $(\text{Nd,La,Ce,Pr})\text{PO}_4$
  - **Monacita-Sm**  $(\text{Sm,Gd,Ce,Th})\text{PO}_4$
- Todos estas especies de Monacita tienen la misma estructura cristalina, y pueden variar de color según las especies (color pardo amarillento o rojizo pardo, verdoso o casi blanco).
- La Monacita destaca como fuente natural de Torio, Lantano y Cerio.
- La Monacita-(Ce), es una fuente de cerio importante. El óxido de cerio es un compuesto básico para el pulido y se usa para pulir gemas y productos de vidrio, como cámaras, lentes y otros detalles de instrumentos ópticos.
- El Lantano que proviene del mineral de monacita, se utiliza en los catalizadores durante el proceso de refinado del petróleo.
- El Neodimio se añade al cristal para dar un color violeta.



## Wavellita

- **1805**. En honor de William Wavell, físico inglés que descubrió el mineral en una mina al norte de Devon (Inglaterra).
- Se forma como mineral secundario común en rocas metamórficas de bajo grado con aluminio, en yacimientos de fosfatos y limonita: mas rara vez se ha encontrado en vetas hidrotermales tardías. Algunos agregados globulares en masas opalinas similares a calcedonia, o en estalactitas.



## Turquesa

- Es un mineral criptocristalino y casi nunca forma cristales simples.
- El color es tan variable como el resto de sus propiedades, abarcando desde el blanco hasta el azul oscuro y el azul cielo, y desde el azul-verdoso hasta el verde-amarillento. El color azul es atribuido a cobre, mientras que el verde puede ser el resultado de impurezas de hierro o la deshidratación.
- **Criptocristalino**: agregado cristalino muy fino, en el que los cristales son tan pequeños que no se distinguen, excepto bajo muchos aumentos.

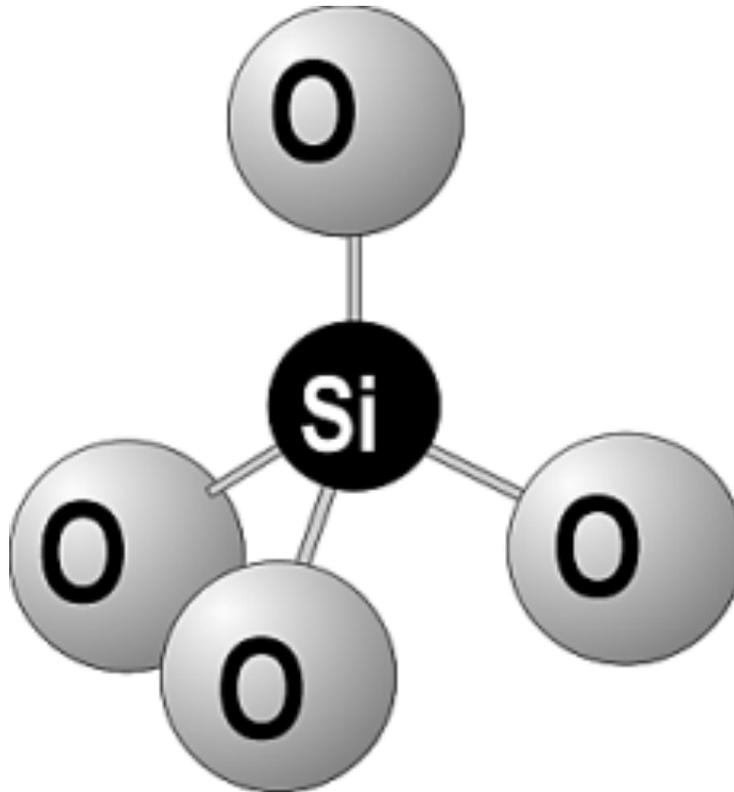


# Clase 8.

# Silicatos

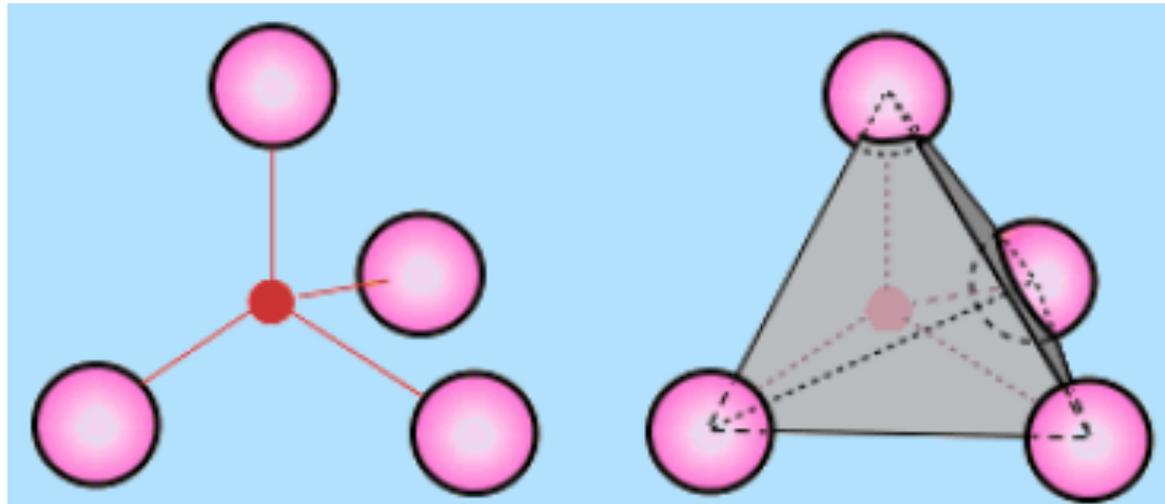
## Silicatos

- Los minerales más estudiados por su interés petrológico e industrial.
- **Unidad básica.**



## Silicatos

- 50% Iónico.
- 50% Covalente.
- **Polimerización**: > Tª de formación, más bajo grado de polimerización →
- **Factores**: P y Concentración Qª.

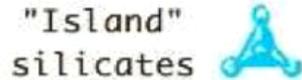


# Clasificación de los silicatos

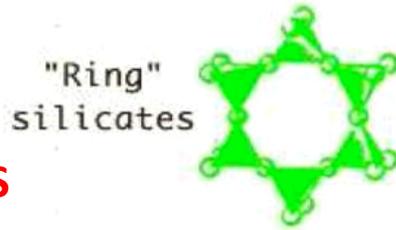
1. Nesosilicatos.
2. Sorosilicatos.
3. Ciclosilicatos.
4. Inosilicatos.
5. Filosilicatos.
6. Tectosilicatos.

# Clasificación de los silicatos

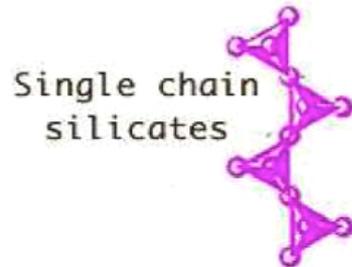
**NESOSILICATOS**



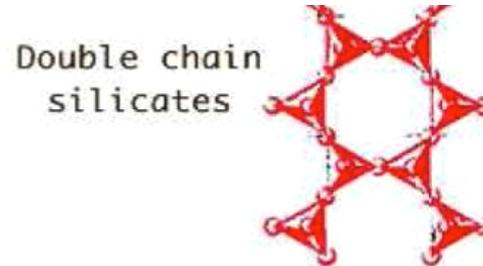
**SOROSILICATOS**



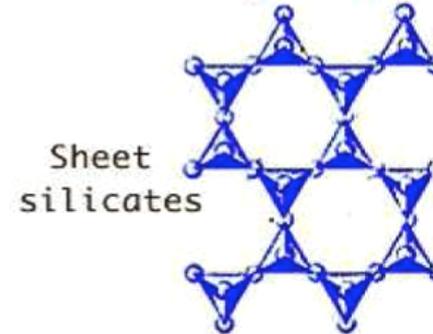
**CICLOSILICATOS**



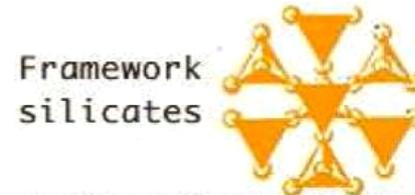
**INOSILICATOS**



**INOSILICATOS**



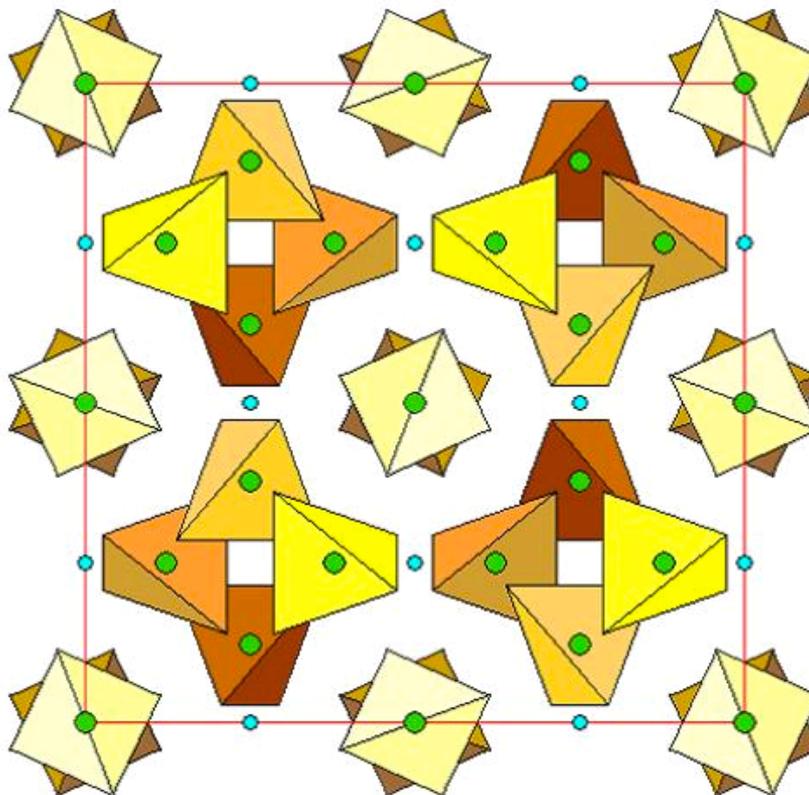
**FILOSILICATOS**



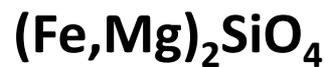
**TECTOSILICATOS**

## Nesosilicatos

- Los grupos  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  se unen mediante cationes intersticiales (E.I.) y no comparten ningún O.



## Grupo del Olivino



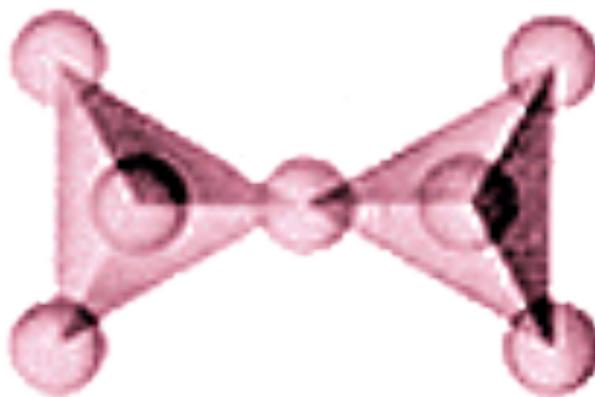




## Sorosilicatos

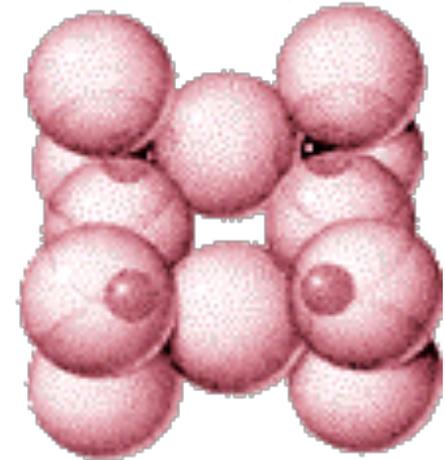
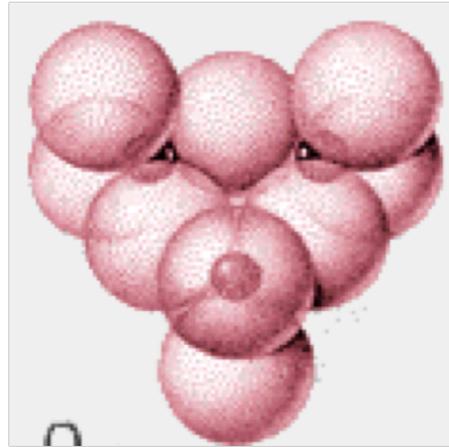


- Grupo de la Epidota: monoclinicos alargados.



## Ciclosilicatos

- Bentoita  $(\text{Si}_3\text{O}_9)^{6-}$
- Axinita  $(\text{Si}_4\text{O}_{12})^{8-}$
- Berilo  $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$



## Ciclosilicatos

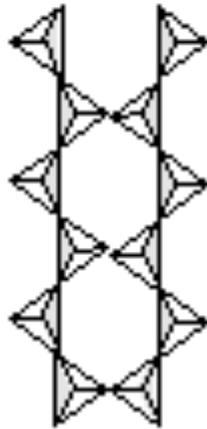
- Berilo ( $\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ): Aguamarina, Esmeralda, Berilo dorado.
- Turmalina.



## Inosilicatos

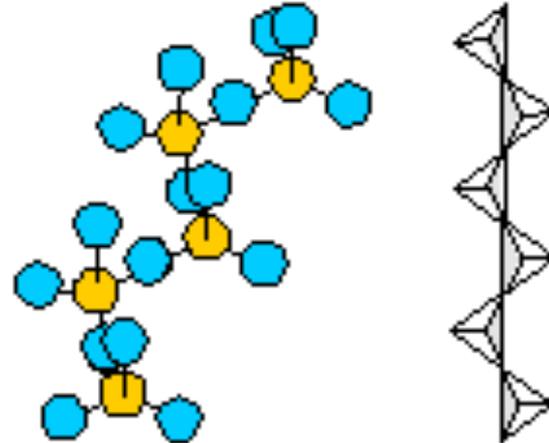
- Grupo de los Anfíbolos.
- Grupo de los Piroxenos.

### CADENA DOBLE



Ejemplo: Anfíbolos

### CADENAS



Ejemplo: Piroxeno

## Inosilicatos

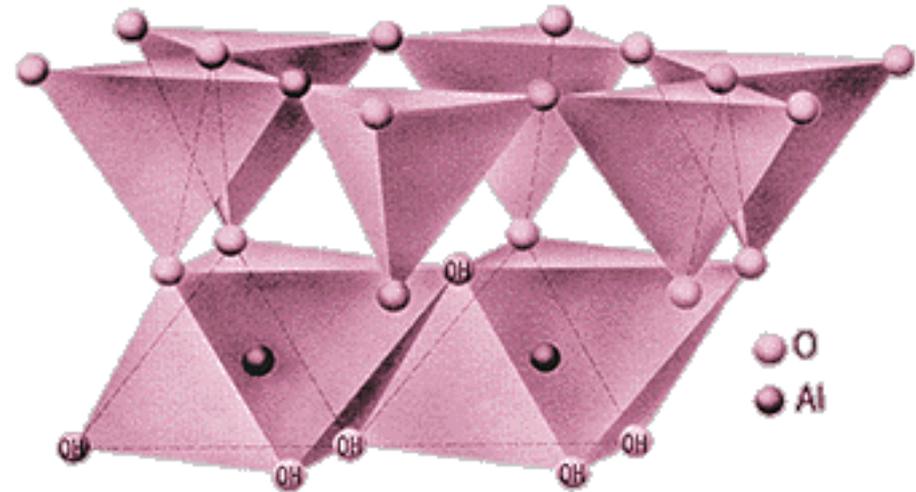
- Similitud cristalográfica y propiedades físicas y químicas.
- Piroxenos T más elevadas que los anfíboles.

**DIOPSIDO**

**HEDENBERGITA**

## Filosilicatos

- Hábito hojoso.
- Blandos.
- PE bajo.
- Láminas de exfoliación.
- Grupos OH.



# Filosilicatos

- **Grupo de Las Serpentinias:** Antigorita y Crisotilo.
- **Grupo de los Min. Arcillosos:** Talco, Caolinita.
- **Grupo de Las Micas:** Moscovita. Biotita, Lepidolita.
- **Grupo de la Clorita:** Clorita.

## Grupo de Las Serpentinias

- Fibrosa.
- Amianto.

### CRISOTILO

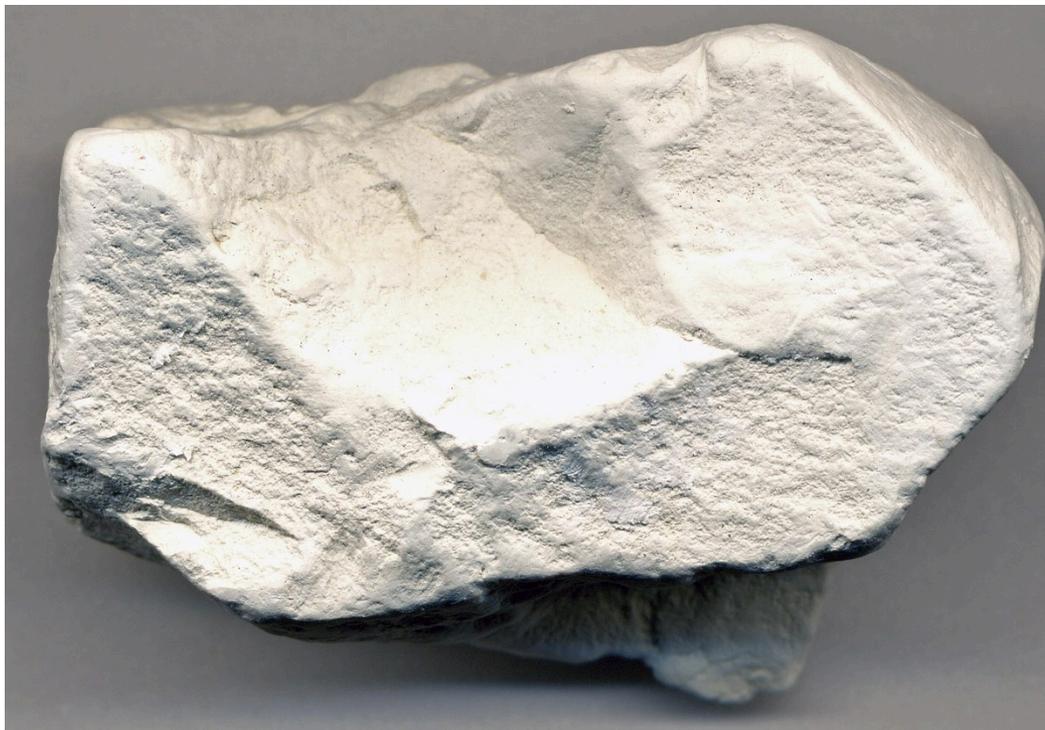


## Filosilicatos

- **Grupo de los Min. Arcillosos**: Talco, Caolinita.
- Silicatos alumínicos hidratados.
- Constituyentes de suelos.
- Propiedades.

## Caolín

- Caolinita.
- Dickita.
- Nacrita.
- Guadalajara, Lugo,  
La Coruña y Valencia.



## Talco

- Silicato de magnesio.
- Blando, tacto graso.
- León y Málaga.



## Propiedades de las arcillas

- **Derivan de:**

- Tamaño.
- Morfología laminar.
- Sustituciones isomórficas.

## Grupo de Las Micas: Moscovita, Biotita, Lepidolita

- Sistema monoclinico.
- C. Tabulares con forma de rombo o hexágono.
- Exfoliación perfecta.
- Politipismo.

## Grupo de Las Micas: Moscovita. Biotita, Lepidolita

**LEPIDOLITA**



**BIOTITA**



## Grupo de La Clorita: Clorita

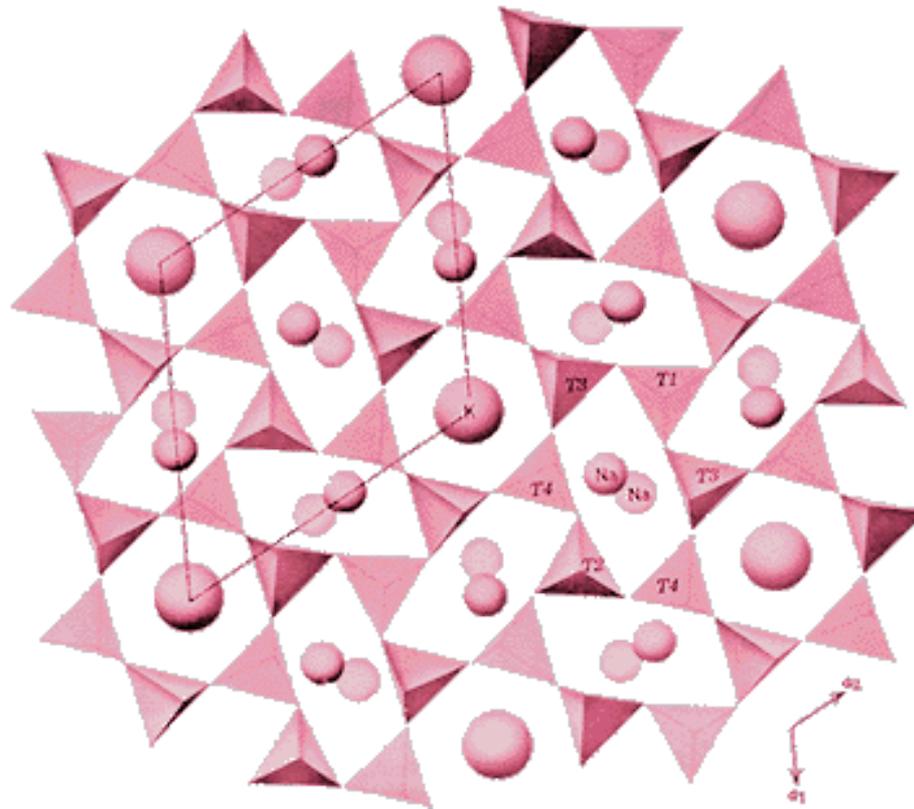
- Aluminosilicatos de Mg, Fe, Ni Fe<sup>3+</sup> y Cr<sup>3+</sup>.
- Sistema monoclinico.
- Color verde.
- Exfoliación perfecta.
- Ricas en Mg: Ortocloritas.
- Ricas en Fe: Leptocloritas.

## Tectosilicatos

- **Grupo del SiO<sub>2</sub>**: Cuarzo, Tridimita, Cristobalita.
- **Grupo de los Feldespatos**: Potásicos y Plagioclasas:  
Ortosa-Albita-Anortita.
- **Grupo de los Feldespatoides**.
- **Grupo de las Zeolitas**.

## Tectosilicatos

- Armazones tridimensionales de tetraedros.



## Tectosilicatos

- Las propiedades físicas vienen determinadas por la estructura.
- El cuarzo tiene dureza 7, los feldspatos 6 y las zeolitas baja dureza debida a la presencia de agua y a la estructura abierta que presentan.
- Las  $\frac{3}{4}$  partes de la corteza pétrea terrestre están formadas por tectosilicatos.
- Comparten los 4 oxígenos del tetraedro fundamental → Estructuras tridimensionales.
- Enlaces fuertes.
- **Grupo de  $\text{SiO}_2$ :**
  - 8 polimorfos, con morfología externa, dimensiones de la celdilla y energía reticular características.

## Usos del Cuarzo

- Las distintas formas de calcedonia y muchas de las variedades cristalinas del cuarzo se usan como gemas y otros ornamentos.
- Las rocas de cristal puro se utilizan en equipos ópticos y electrónicos.
- Como arena, el cuarzo se utiliza con profusión en la fabricación de vidrio y de ladrillos de sílice, o como cemento y argamasa.
- El cuarzo molido sirve de abrasivo en el cortado de piedras, en los chorros de arena y en el molido de vidrio.
- El cuarzo en polvo se usa para hacer porcelana, papel de lija y relleno de madera.
- Se utilizan grandes cantidades de cuarzo como fundente en operaciones de fundición. Casi todo el cristal de cuarzo natural de alta calidad, importante materia bruta en la industria electrónica, se importa de Brasil, único país con grandes yacimientos de este mineral en cantidades comerciales.

## Grupo de $\text{SiO}_2$ : 8 polimorfos

- **Cuarzo**: red más compacta.
- **Tridimita**: estructura más abierta.
- **Cristobalita**: red más dilatada.

### Variedades cristalinas

- Cristal de Roca.
- Amatista.
- Cuarzo Rosado.
- Cuarzo Ahumado.
- Citrino.
- Cuarzo Lechoso.

## Variedades cristalinas

**AMATISTA**



**CRISTAL DE ROCA**



## Variedades cristalinas

### CUARZO ROSA



### OJO DE TIGRE



### CUARZO AHUMADO



## Variedades criptocristalinas

- **Fibrosas**: Calcedonia, Cornalita, Crisoprasa, Ágata, Ónice, Heliotropo.
- **Granulares**: Silex o Pedernal, Jaspe, Plasma.

### Variedades criptocristalinas



## Grupo de los Feldespatos

- Minerales relacionados por su morfología y propiedades físicas.
- Sustitución parcial de Si por Al en el armazón de los tectosilicatos.
- Monoclínicos – Triclínicos.
- Exfoliación buena en dos direcciones.
- **Estructura**: forma de cadenas ondulantes de anillos de 4 miembros.  
Enlaces iónicos.
- **Soluciones sólidas de 3 componentes**:
  - Ortosa (AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)K.
  - Albita (AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)Na.
  - Anortita (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)Ca.  
→ Plagioclasas.

## Grupo de los Feldespatoides

- Aluminosilicatos de K, Na y Ca < sílice: 1/3 menos SiO<sub>2</sub> que los feldespatos alcalinos.

## Grupo de las Zeolitas

- Silicatos de Al con Na y Ca.
- Dureza baja-media y Pe = 2 - 2.4
- Min. secundarios: cavidades rocas ígneas.
- Estructura.
- Facilidad de intercambio iónico.