

A large, layered rock formation resembling a giant's head, set against a clear blue sky. The rock is composed of distinct horizontal layers, with a rounded top and a slightly protruding nose-like shape. The overall appearance is that of a natural rock sculpture. The sky is a uniform, clear blue. The rock formation is the central focus of the image, with other smaller rock formations visible in the background and foreground.

MINERALES

M^a PILAR GARCÍA MADRUGA

Algunos conceptos de química básicos:

Átomo (unidad que constituye la materia)

Elemento (cada una de las variedades de átomos, o sustancia pura que no se puede descomponer en ninguna otra utilizando procedimientos químicos de separación, formada por átomos del mismo tipo)

Molécula (agrupación de átomos mediante enlaces químicos)

Compuesto (sustancia pura formada por moléculas del mismo tipo que se puede descomponer en otras más simples, los elementos, aplicando métodos químicos de separación)

Enlace (fuerza que mantiene unidos los átomos de una molécula)

Ion (átomo cargado positivamente cuando pierde electrones o negativamente cuando los gana)

Isótopo (átomo de un elemento que contiene distinto número de neutrones, normalmente inestables, capaces de emitir radiación)

A: n° másico (p+n)

X

Z: n° atómico (p=e)

Las **reacciones químicas** implican siempre a los electrones de los átomos: ganancia, pérdida, atracción ... y suponen cambios en la naturaleza de los compuestos implicados en ellas

Las **reacciones nucleares** son las únicas que pueden modificar el número atómico de los átomos y suponen cambios en la naturaleza de los elementos implicados en ellas)

Tipos de enlaces

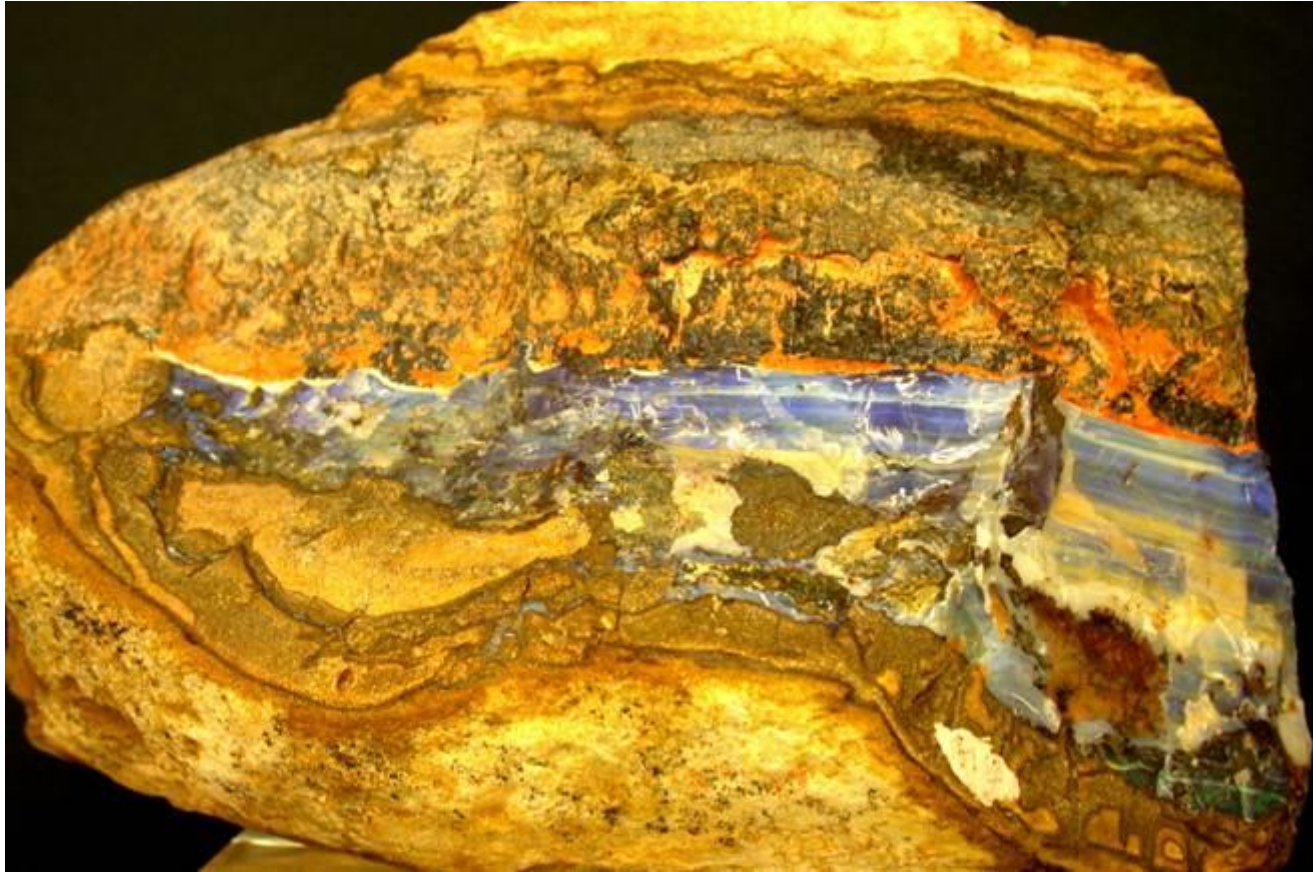
- **Iónico:** cede-acepta electrones
Ej NaCl
 - **Covalente:** comparten electrones
Ej. C (grafito)
 - **Metálico:** nube común de electrones
Ej. Ag
-

DEFINICIÓN DE MINERAL, CRISTAL Y ROCA

MINERAL

- **Sólido**
- **Natural**
- **Homogéneo**
- **De origen inorgánico**
- **Con una composición química definida (no siempre fija o estequiométrica)**
- **Con estructura cristalina (con un alto ordenamiento a escala atómica)**

Esta definición excluye: **los mineraloides** como el ópalo, ámbar y vidrios volcánicos; las sustancias en estado líquido como el mercurio; las sustancias en estado gaseoso como el metano; y las sustancias de origen orgánico como el petróleo (líquido además) o la calcita de las conchas de los moluscos que también pueden ser de aragonito, algunas bacterias pueden producir pirita y magnetita, las diatomeas producen ópalo y los seres humanos producimos apatito (en huesos y dientes) y oxalatos de calcio (en los cálculos renales)



ÓPALO

CRISTAL:

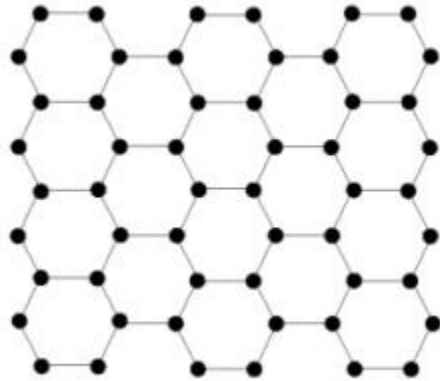
Sólido homogéneo geométrico y regular limitado por caras y aristas que forman ángulos determinados. Es la forma externa ideal de un sólido cristalino en el que los componentes (iones, átomos o moléculas) se unen por distintas fuerzas de enlace (iónico, covalente o metálico) que las mantienen en posiciones estables

En un cristal existe siempre una unidad (estructural) que se repite periódicamente (orden interno)

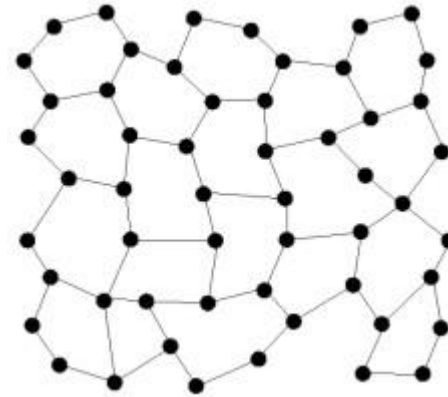
CRISTAL



**V
I
D
R
I
O**



Cristal



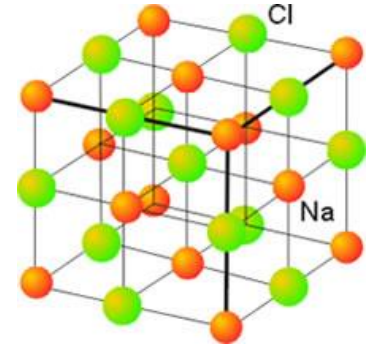
Vidrio



¿Cristal?

ORDENAMIENTO TRIDIMENSIONAL

- Este ordenamiento atómico se llama estructura cristalina, y requiere ciertas condiciones químicas, de espacio y de tiempo



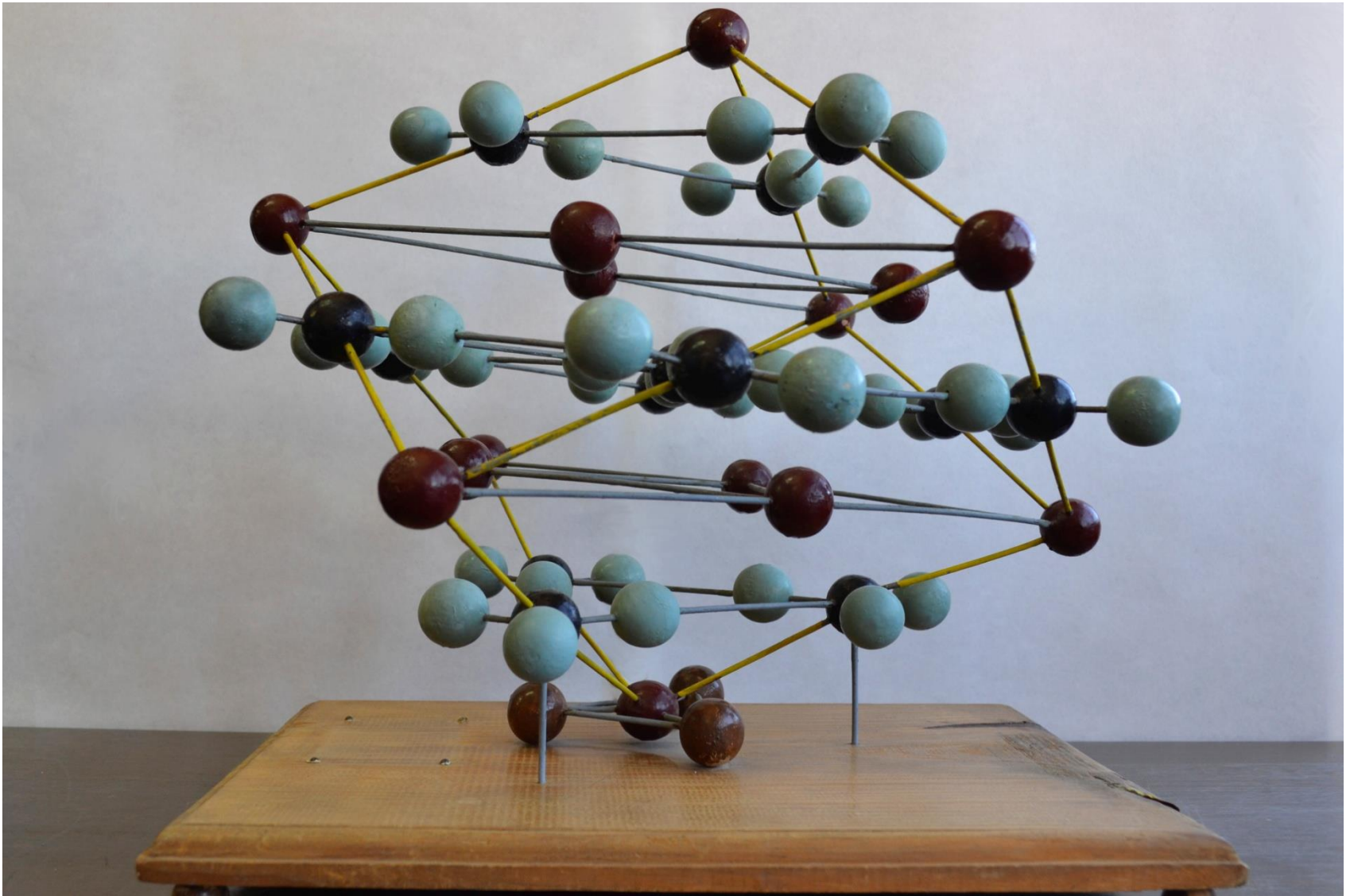
ORDENAMIENTO ATÓMICO

- Otras veces no se manifiesta externamente
- Si se manifiesta externamente: **crystal**



- Cuando no hay estructura cristalina es un mineral amorfo, vítreo (mineraloide) ej.





ESTRUCTURA DE LA CALCITA (C, negro, O, azul y Ca, granate)

calcita

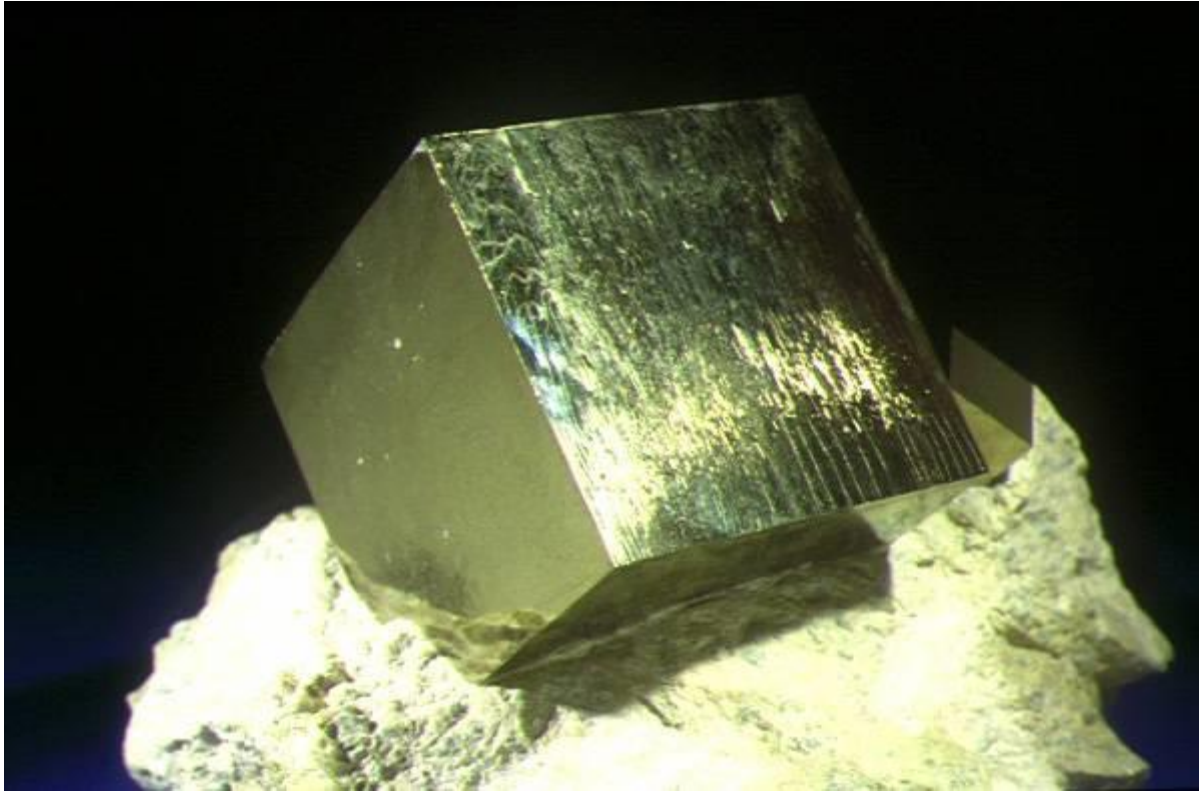


es MINERAL

carbón



**no es MINERAL
(roca)**



PIRITA



ÁMBAR

ROCA:

**Agregado compacto de minerales de la misma especie (mármol)
o de distinto tipo (granito)**

Esta definición excluye las rocas magmáticas volcánicas como la pumita y la obsidiana que carecen de estructura cristalina

Todas las rocas están formadas por algunas combinaciones de ciertos minerales denominados: **Minerales petrogenéticos**



GRANITO

FORMACIÓN DE MINERALES

- Por **cristalización** a partir de fluidos:
 - Solidificación de materiales fundidos de origen magmático (olivino, ortosa)
 - Sublimación de gases de origen volcánico (azufre)
 - Precipitación de una disolución acuosa (halita, yeso)
 - Por **transformación en estado sólido** debido a cambios en las condiciones ambientales sobre todo de Presión y Temperatura (recristalización por procesos metamórficos) o por alteración de minerales por meteorización
 - Los cristales desarrollan su forma externa durante su cristalización, proceso según el cual los elementos constituyentes (átomos iones o moléculas) se disponen de forma ordenada en función de que varíen o no las condiciones ambientales y en función del tiempo y el espacio de que se disponga, así será el tamaño del cristal
 - A pesar de esto, la estructura interna cristalina se ajustará exactamente a la disposición de las partículas de forma ordenada según ciertos edificios cristalinos
-

Hay minerales que se forman por enfriamiento de materiales fundidos de origen magmático



OLIVINO

Hay minerales que se forman por precipitación química de una disolución acuosa



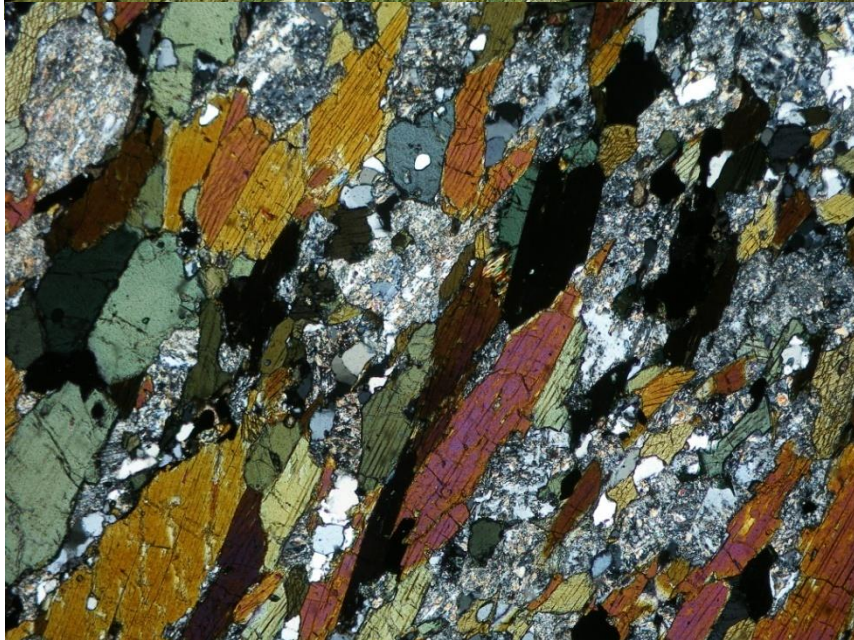
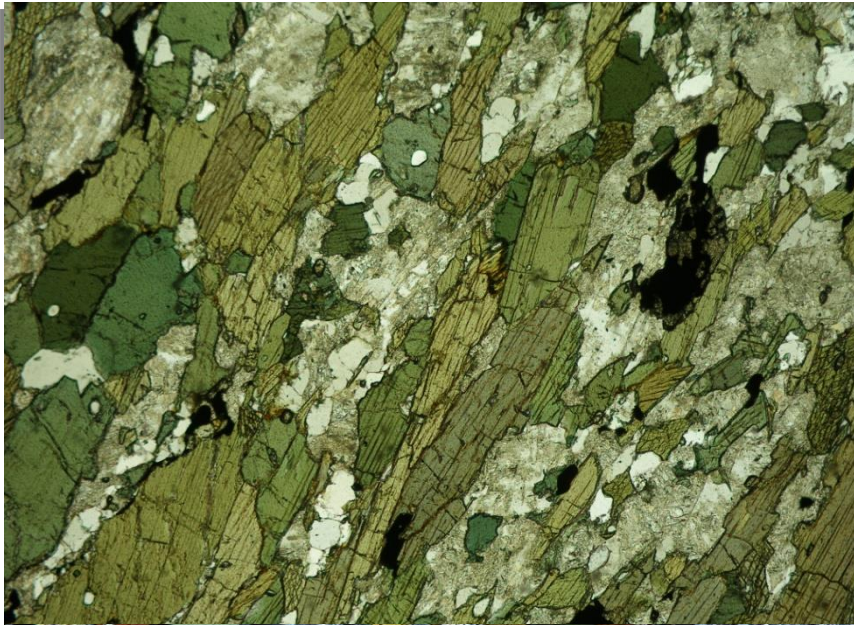
HALITA

El estudio de los minerales

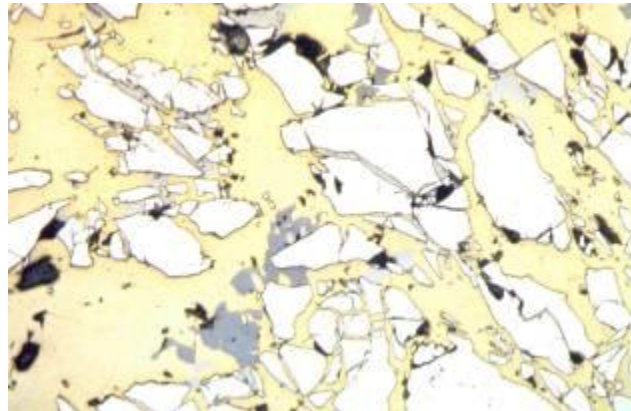
- Se realiza en función de sus características externas
 - A veces su clasificación definitiva no es posible atendiendo sólo a sus características externas y es necesario recurrir al microscopio petrográfico
-

La mineralogía determinativa se ocupa de la **identificación** de los minerales. Para ello, los geólogos utilizan distintas herramientas: como la **identificación macroscópica** o *visu*, el **microscopio** de luz **polarizada** transmitida (en la imagen), el **microscopio** de luz **polarizada reflejada**, la difracción de **rayos-X** y el **microscopio electrónico**, entre las más comunes. Para identificar los minerales en el microscopio de luz transmitida es preciso **cortar** una **lámina de roca** con un grosor máximo de **30 micras** y observarla entre dos lentes polarizadoras.

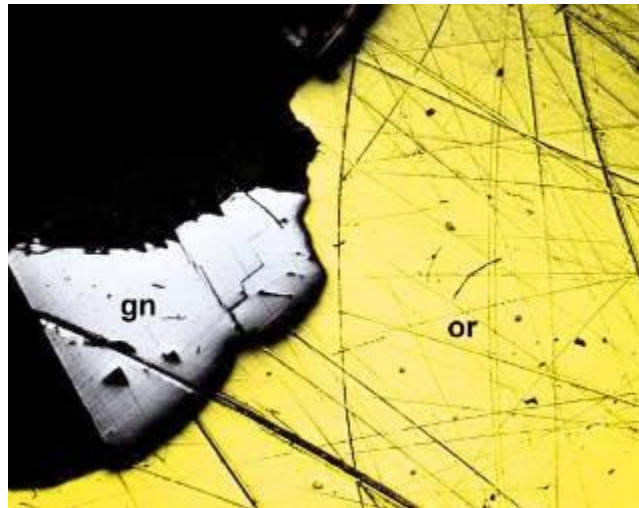




Arriba se muestra una lámina delgada de una **anfibolita** observada con polarizadores paralelos; abajo, con polarizadores cruzados.



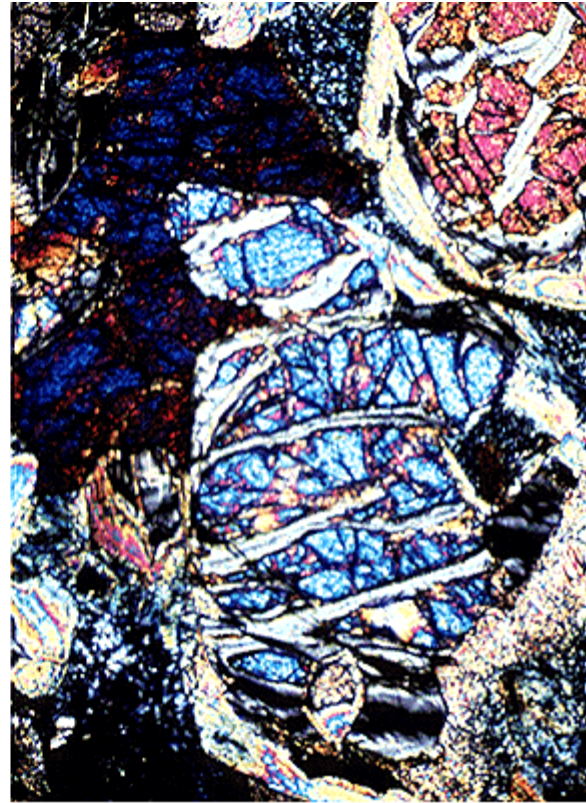
Microfotografía con pirita (blanco), calcopirita (amarillo) y con algo de esfalerita (gris)



Diferencia en la dureza de pulido entre un mineral muy blando, con muchas rayas de pulido (oro, or) y un mineral de mayor dureza relativa (galena, gn)

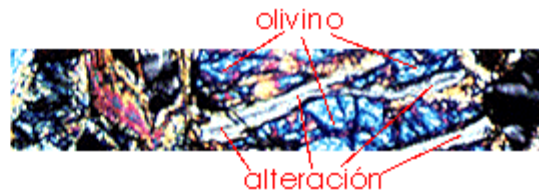


sólo polarizador



olivino alterado

polaroides cruzados

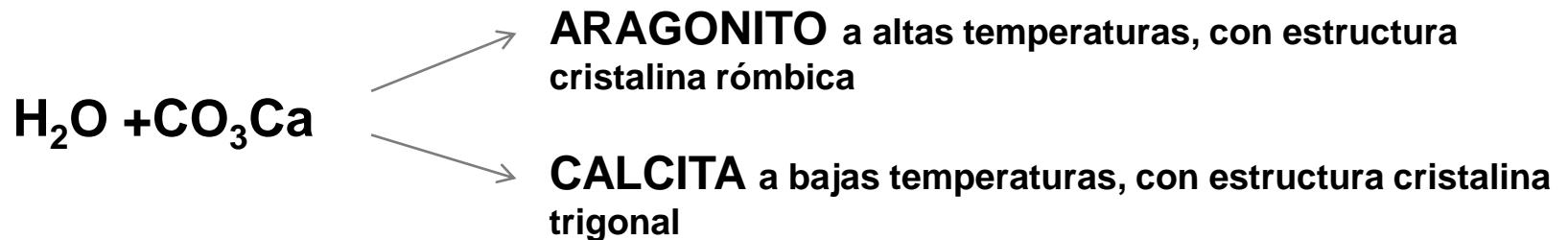


¿Para qué estudiar los minerales?

- Valor económico de ciertos yacimientos:
Piedras preciosas o menas metálicas
 - Proporcionan información a cerca de las condiciones en las que se formaron (tanto los minerales como las rocas que los contienen), podríamos deducir las condiciones de Presión y Temperatura que se dan a mucha profundidad o en épocas pasadas
-

Definición físico-química

- **MINERAL:** forma estable de ordenación que tienen los elementos que lo constituyen bajo condiciones de presión, temperatura y ambiente químico existente en el momento de su formación



- **ROCA:** conjunto estable de minerales cuando la roca se forma las condiciones de formación hacen que aparezcan ciertos minerales estables o compatibles entre sí según esas condiciones (salvo las rocas sedimentarias detríticas que se han formado por la unión de fragmentos rocosos)

- Una vez formados tienen un campo de estabilidad más o menos amplio, aunque varíen las condiciones, pero si varían mucho (metamorfismo, actividad tectónica, aumento de la temperatura...) los minerales dejan de ser estables y sufren alteraciones, se forman otros minerales que son estables en las nuevas condiciones
- El cuarzo es uno de los minerales más estables
- El grafito se puede transformar en diamante si aumenta lo suficiente la presión



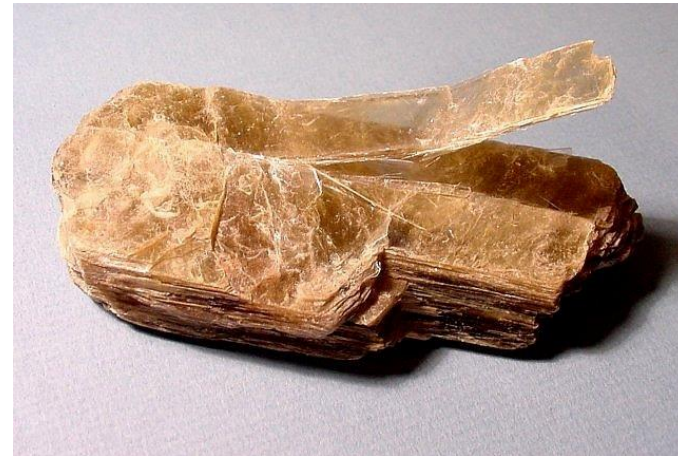
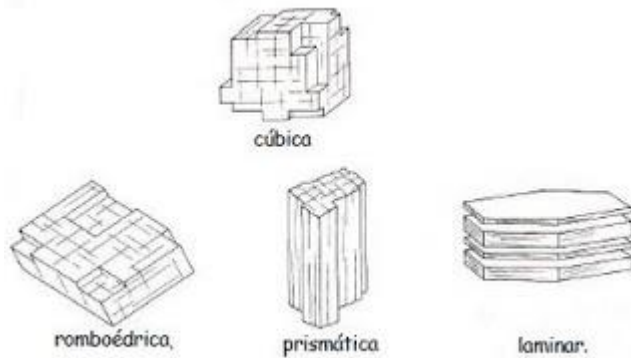
Propiedades Físicas y Químicas de los minerales

Son el resultado de su ordenación cristalina interna

- ❑ Mecánicas: exfoliación, fractura, dureza, cohesión
 - ❑ Ópticas: color, raya, brillo, diafanidad
 - ❑ Peso específico
 - ❑ Otras: sabor, tacto, magnetismo
 - ❑ Reacción al HCl
-

Exfoliación y fractura

- Un mineral es exfoliable cuando se parte según uno o varios planos preferentes



- Un mineral es fracturable cuando se parte en secciones irregulares

Fractura concoidea



Fractura irregular



Fractura fibrosa o astillosa



En la **fluorita** de la imagen se observan **tres familias** de planos de exfoliación que forman entre sí ángulos de **60°**



Dureza

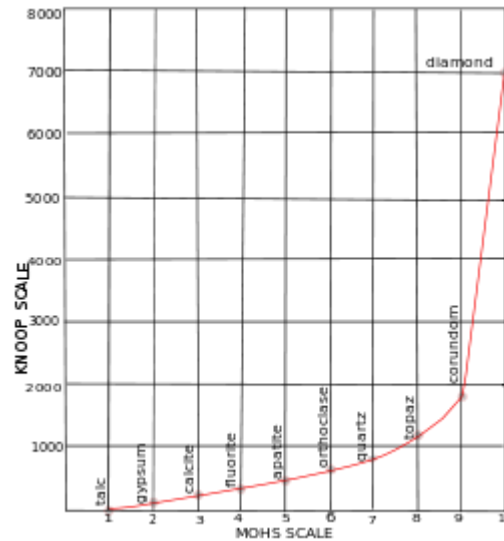
- La dureza es la resistencia que ofrece la superficie lisa a ser rayada
- La dureza de un mineral se calcula mediante la escala de Mohs (1822) **es una escala no lineal del 1 al 10**

El Talco tiene dureza 1



El Diamante tiene dureza 10





Escala de Dureza de Mohs

Dureza	Mineral	Se raya con / raya a	Composición química
1	Talco	Se puede rayar fácilmente con la uña	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
2	Yeso	Se puede rayar con la uña con más dificultad	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre	$CaCO_3$
4	Fluorita	Se puede rayar con un cuchillo de acero	CaF_2
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con un cuchillo	$Ca_5(PO_4)_3(OH-, Cl-, F-)$
6	Ortosa	Se puede rayar con una lija para el acero	$KAlSi_3O_8$
7	Cuarzo	Raya el vidrio	SiO_2
8	Topacio	Rayado por herramientas de carburo de wolframio	$Al_2SiO_4(OH-, F-)_2$
9	Corindón	Rayado por herramientas de carburo de Silicio	Al_2O_3
10	Diamante	El más duro, no se altera con nada excepto otro diamante.	C

La dureza se mide utilizando la escala de Mohs, que está formada por diez minerales ordenados de menor a mayor dureza. El valor de dicha dureza viene dado por un número del 1 al 10



Para conocer la dureza de un mineral comprobamos qué mineral de la escala lo raya, y cuál es rayado por él. Por ejemplo, si tenemos un mineral que raya al yeso, pero es rayado por la fluorita, podremos decir que su dureza es 3.

Hay un método casero para calcular la dureza de un mineral:



Muy blandos: se rayan con la uña. Su dureza es 1-2



Si no se raya con la uña pero sí lo hace con un vidrio, su dureza está entre 2,5 y 5,5.



Si no se raya con el vidrio pero sí lo hace con papel de lija, su dureza es 6 ó 7.



Si no se raya con ninguno de los elementos anteriores, su dureza está entre 8 y 10.



Las uñas pueden rayar los minerales con dureza Mohs igual o inferior a **2**, como el **yeso** de la imagen. El **vidrio** tiene una dureza de entre **5 y 6**; el **acero** de una navaja, entre **6 y 7**

La evaluación de la dureza de productos industriales se evalúa mediante **escalas absolutas**, como las durezas Vickers y Knoop

Tenacidad o cohesión

- Es el grado de resistencia a la rotura, deformación, curvatura, aplastamiento o pulverización.
 - *Frágil*
 - *Maleable (láminas)*
 - *Dúctil (hilos)*
 - *Flexible (no recobra)*
 - *Elástico (recobra)*

Maleable
Se amolda al
golpe,
aplastándose



Color

- Color del mineral
- Hay minerales de color
 - Constante ej. Azufre.
 - Variable ej. Cuarzo. Por impurezas o imperfecciones en la red



Color de la raya

- Es el color del mineral finamente pulverizado sobre una placa de porcelana blanca sin vitrificar





Puede determinarse **frotando** el ejemplar sobre un objeto más duro que él, como una placa de cerámica blanca o una piedra de afilar. En algunos casos la **raya** es una propiedad determinativa que permite diferenciar minerales que en otros aspectos son **muy parecidos**, como por ejemplo goethita, con raya **marrón** y hematites, con raya **roja**.

En otros casos, **no** es una propiedad determinativa. Por ejemplo: casi todos los **silicatos** tienen raya blanca, por lo que esta propiedad **no** es útil para **diferenciar** unos de otros

Brillo

- **El brillo es el resultado de la reflexión y la refracción de la luz en la superficie de un mineral**



Metálico



Vítreo



Nacarado



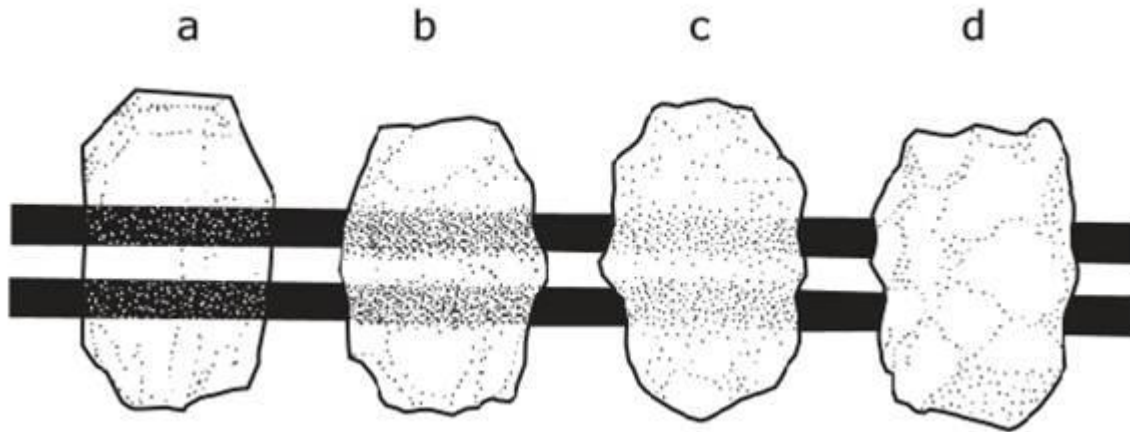
Graso



Mate

Diafanidad

- Si es transparente, translúcido u opaco



Peso específico o densidad

- Densidad = masa de un mineral por unidad de volumen (m/V).
- Si se expresa en relación con la densidad del agua, se denomina **peso específico**
- Su valor sirve para reconocer algunos minerales más pesados



Otras propiedades

- **SABOR:** No todos los minerales tienen sabor, se pueden reconocer algunos minerales más solubles
- **TACTO:** sirve para reconocer minerales untosos
- **MAGNETISMO:** existen minerales que son atraídos por un imán común, por lo que pueden ser identificados fácilmente de esta forma
- **REACCIÓN CON ÁCIDO CLORHÍDRICO:** Reacción entre grupo CO_3 y el ácido desprende burbujas de CO_2
 - En calcita (y aragonito) en frío
 - En otros carbonatos en caliente

HÁBITO

- **Hábito o morfología de crecimiento**, de un mineral es la manera relativa en que se desarrollan sus caras cristalinas

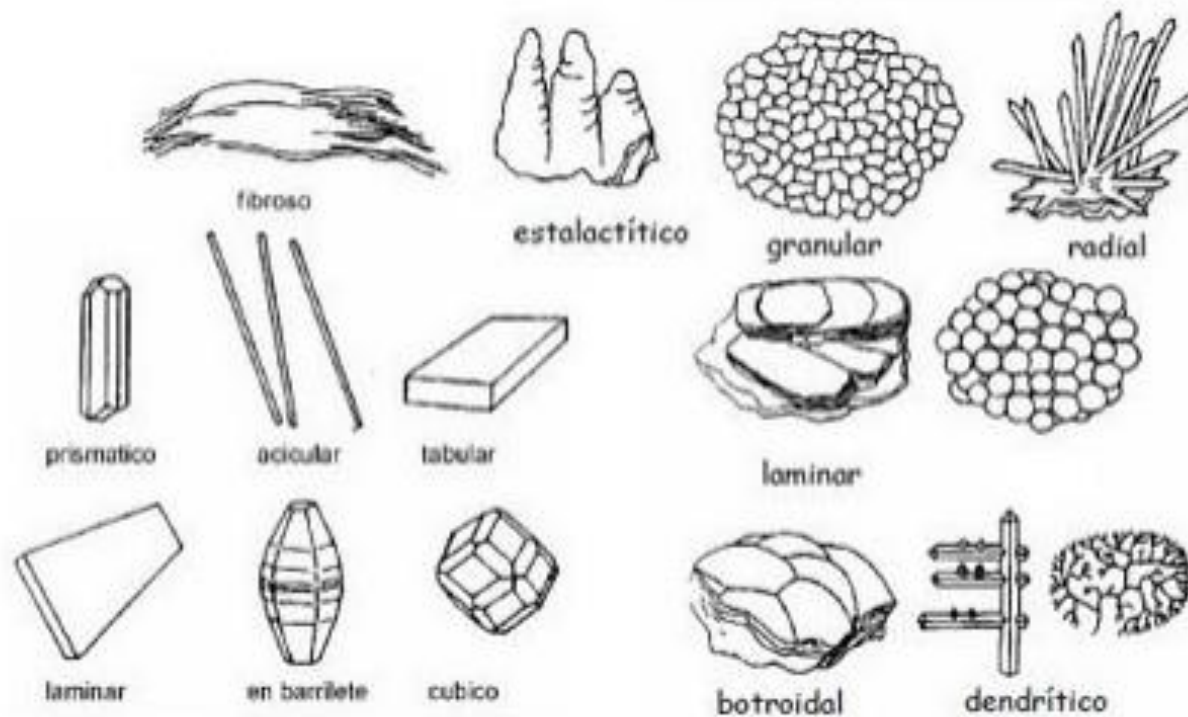


Fig. 1. Hábitos más comunes de cristales individuales y agregados cristalinos

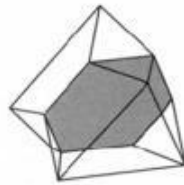


En la imagen se observan ejemplares de **yeso** con distintos hábitos: un agregado en «**rosa del desierto**» (1) formado por cristales lenticulares, un agregado de cristales con **hábito fibroso** (2) y un monocrystal **tabular** (3).

MACLAS

- MACLA es la agrupación simétrica de cristales idénticos. La simetría puede ser especular respecto del plano de **macla** o por el giro de sus elementos alrededor del eje de **macla** en 60° , 90° , 120° o 180° .

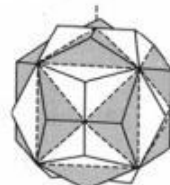
MACLAS DE CONTACTO Y DE PENETRACIÓN



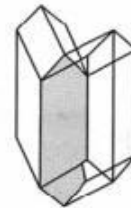
Espinela



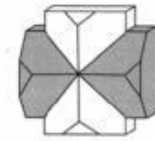
Fluorita



Pirita
(cruz de hierro)



Yeso



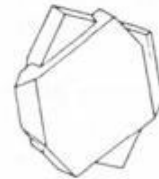
Estauroлита



Estauroлита



Ortosa
(ley de Carlsbad)



Ortosa
(ley de Carlsbad)

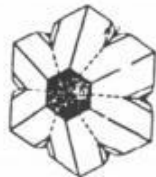


Cuarzo
(ley de Delfinado)



Cuarzo
(ley de Japón)

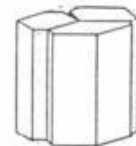
MACLAS MÚLTIPLES



Crisoberilo
(cíclica)



Rutilo



Aragonito
(cíclica)

MACLAS POLISINTÉTICAS

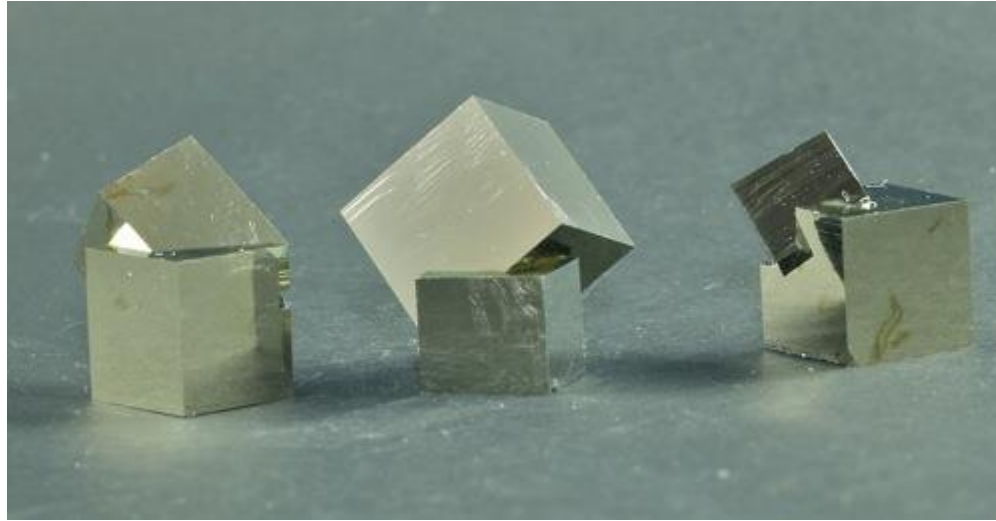


Calcita



Albita

Macla en cubo Pirita



PIRITA: FeS_2



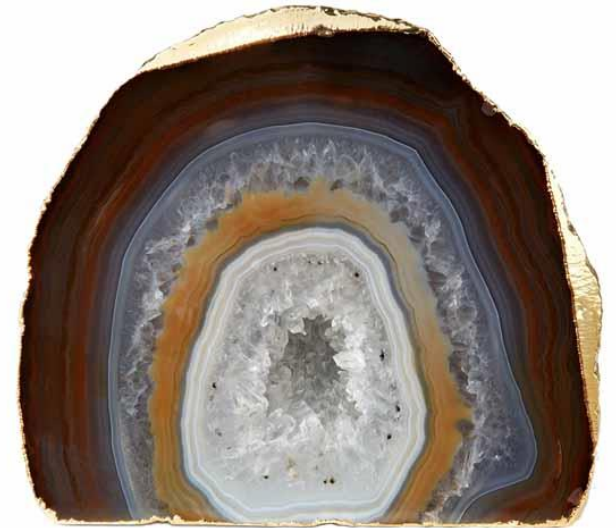
Macla "cruz de hierro"



Macla en punta de flecha yeso

Geodas

- Cavidad rocosa, normalmente cerrada, presenta minerales cristalizados, que han llegado disueltos en agua y cuyos cristales suelen ser de bastante tamaño



Nociones básicas de cristalografía y cristalografía química

SIMETRÍA CRISTALINA

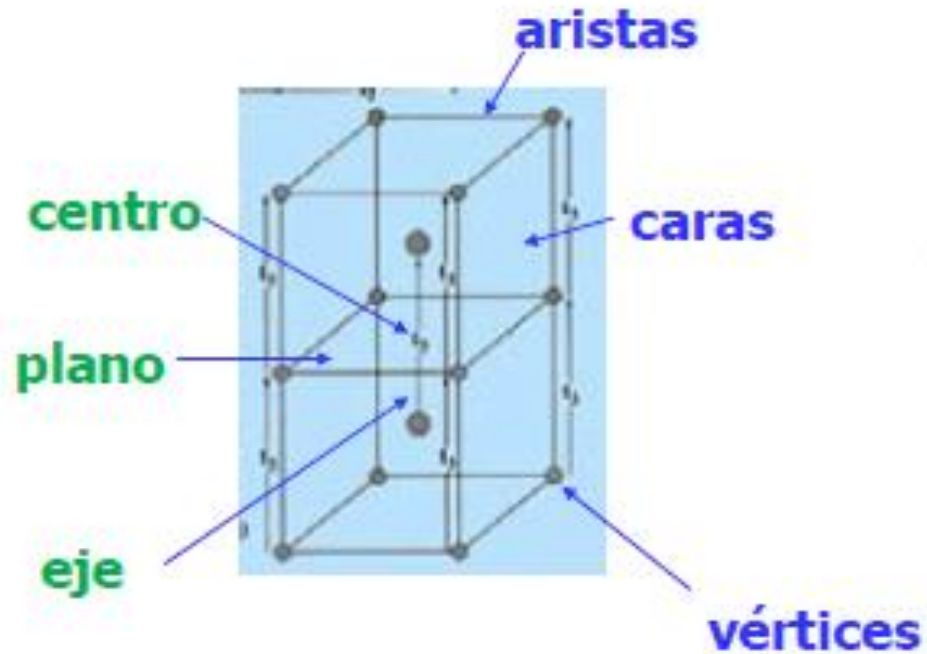
La disposición ordenada de los constituyentes de los minerales hace que aparezcan elementos geométricos de simetría (formas equilibradas a cada lado)

- **EJES DE SIMETRÍA** líneas imaginarias que atraviesan el cristal en una posición tal que al girarlo 360° se repite un mismo motivo un determinado número de veces

BINARIO 2 TERNARIO 3 CUATERNARIO 4 SENARIO 5

-
- PLANOS DE SIMETRÍA Dividen al cristal en dos partes iguales que son imágenes especulares
 - CENTRO DE SIMETRÍA Punto del plano de simetría en el que existe alrededor la misma disposición del material
-

ESTRUCTURA CRISTALINA

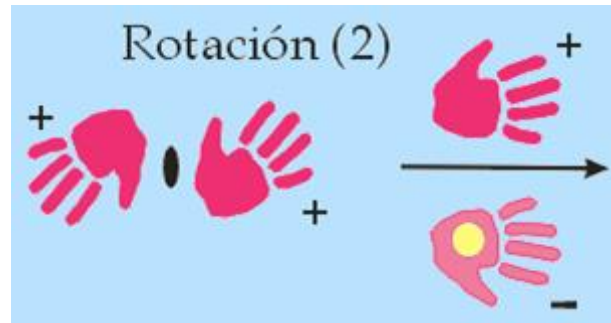


SIMETRÍA CRISTALINA

Plano de simetría



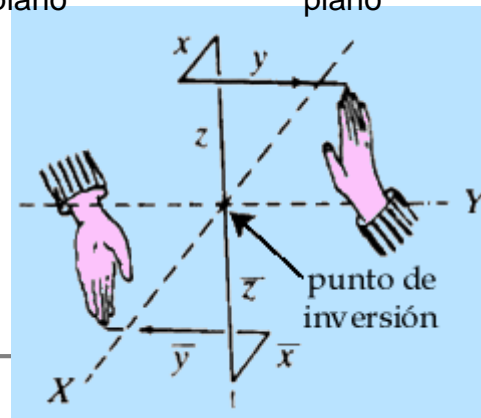
Ejes de simetría



Binario, perpendicular al plano

Binario, paralelo al plano

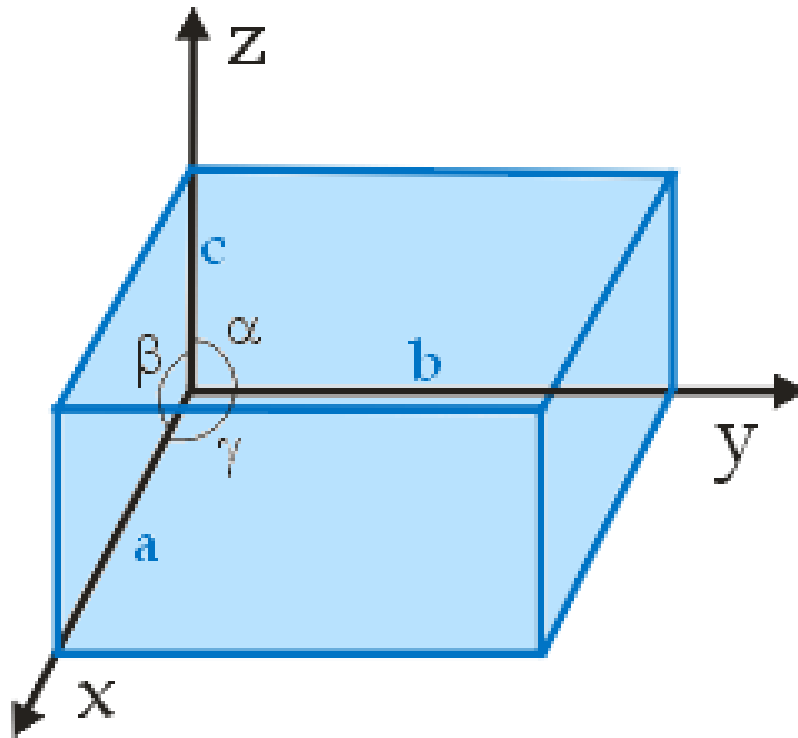
Centro de simetría



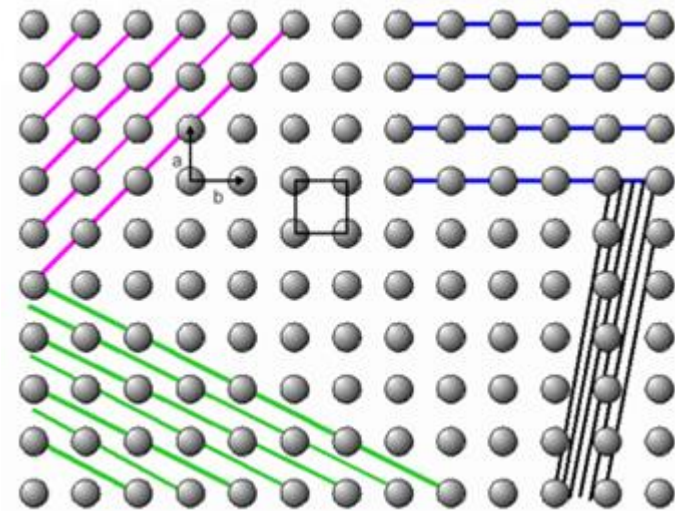
RED ESPACIAL DE UN CRISTAL

- Ordenamiento en el espacio de las partículas que forman los minerales, se produce formando una red espacial cristalina
 - Se forma por repetición en el espacio de una unidad fundamental: la celda unidad o poliedro fundamental que se define por tres vectores y tres ángulos
-

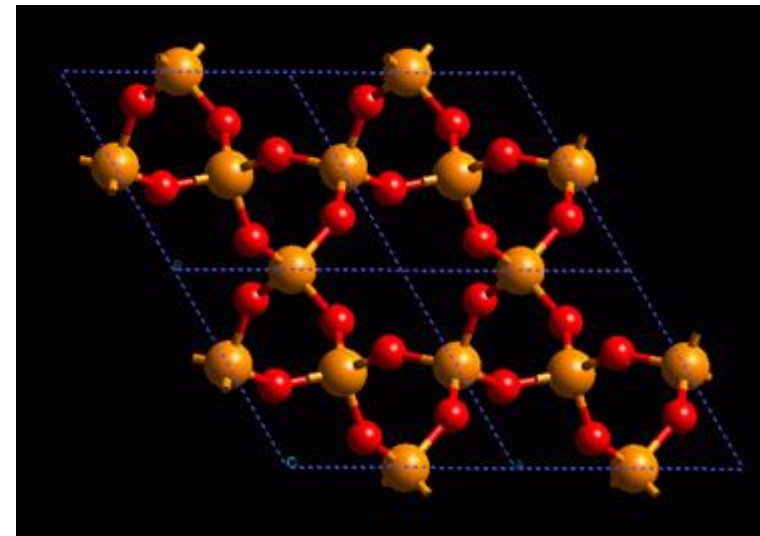
RED ESPACIAL



CELDA UNIDAD



Red plana cuadrada

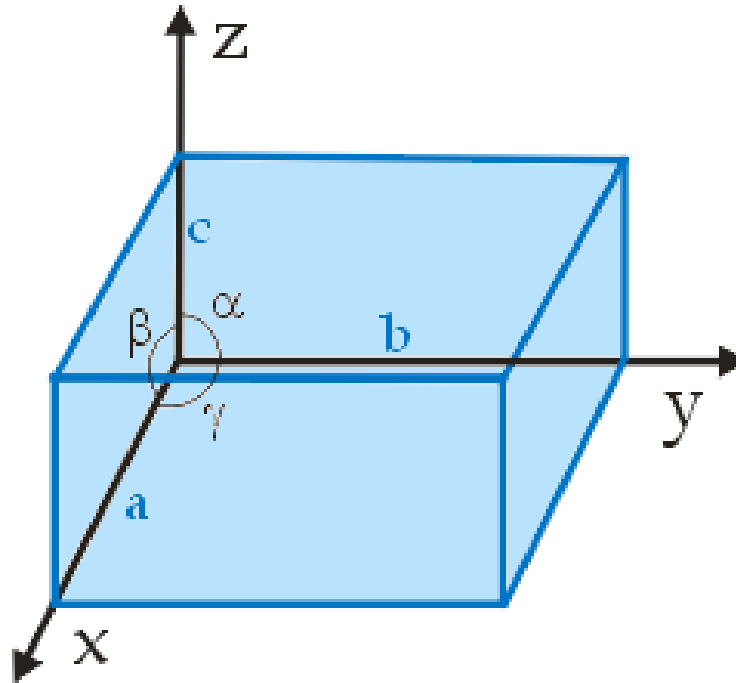


Red tridimensional cuarzo

REDES DE BRAVAIS

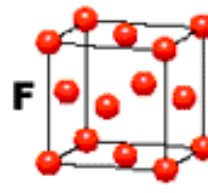
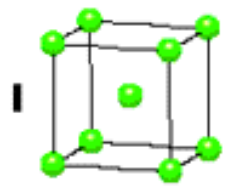
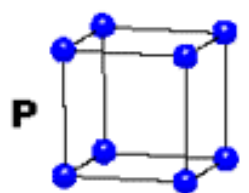
Matemático del s. XIX estudió las ordenaciones cristalinas

Propuso que debían existir sólo 14 ordenaciones sin que se repita ningún ordenamiento en el espacio, ha sido y sigue siendo la base teórica de las características cristalográficas de los minerales. Cada punto de la red representa un átomo, una molécula o un ion



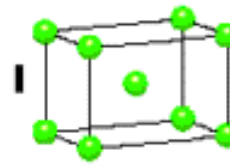
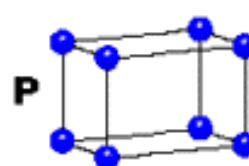
CÚBICO

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



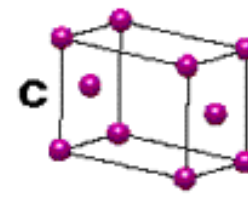
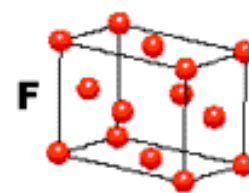
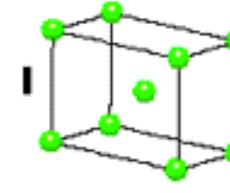
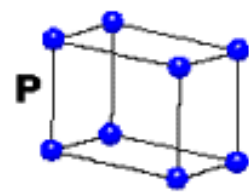
TETRAGONAL

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



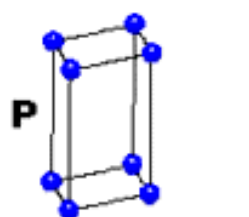
ORTORÓMBICO

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



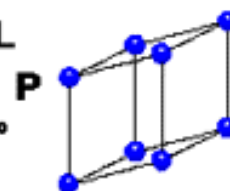
HEXAGONAL

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



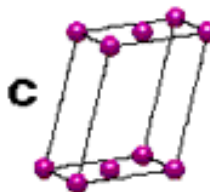
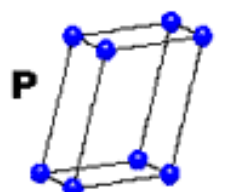
TRIGONAL

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



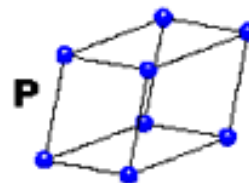
MONOCLÍNICO

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



TRICLÍNICO

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



Tipos de celdas:

P = Primitiva

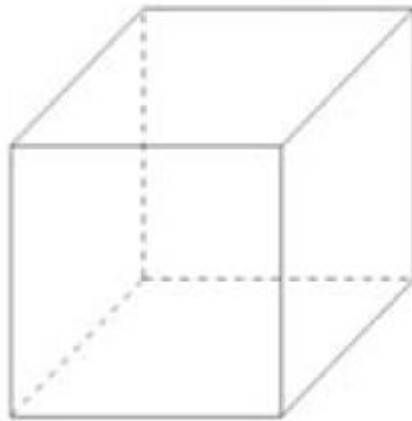
I = Centrada en interior

F = Centrada en todas las caras

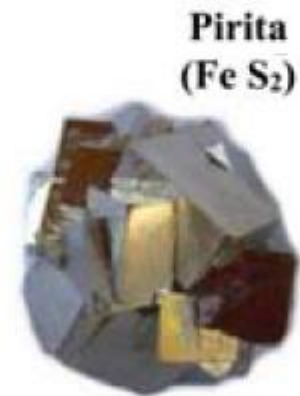
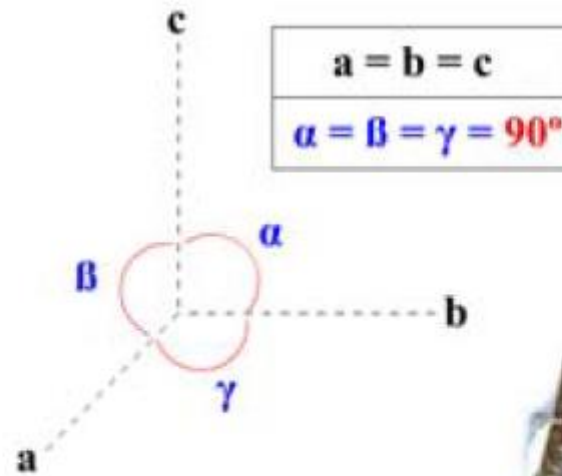
C = Centrada en dos caras

14 redes de Bravais

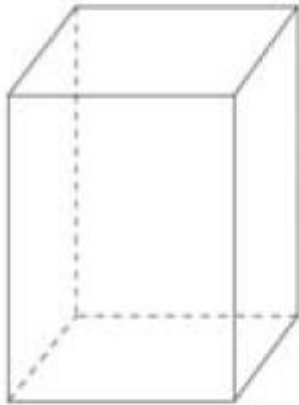
Sistema cúbico



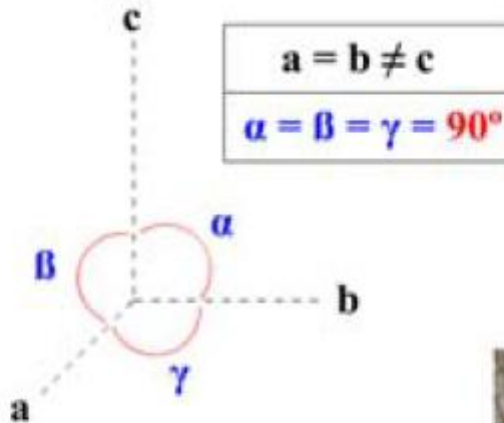
Sistema cúbico



Sistema tetragonal



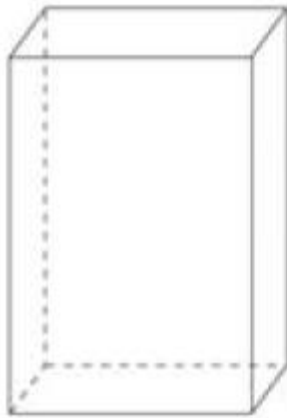
Sistema Tetragonal



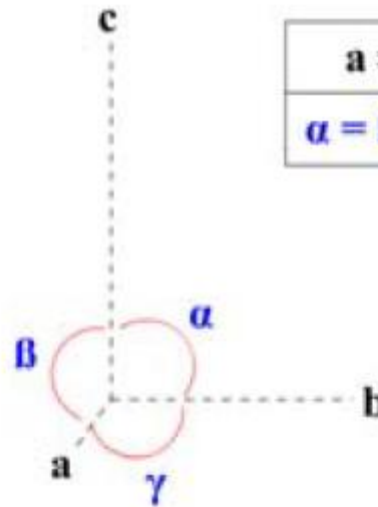
**Rutilos
(TiO₂)
en
Berilo**



Sistema rómbico



Sistema Rómbico



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

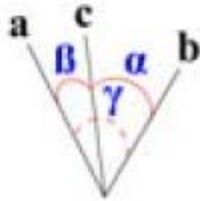
Cilindrita
($\text{Pb}_3 \text{Sn}_4 \text{Sb}_2 \text{S}_{14}$)



Sistema trigonal o romboédrico



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

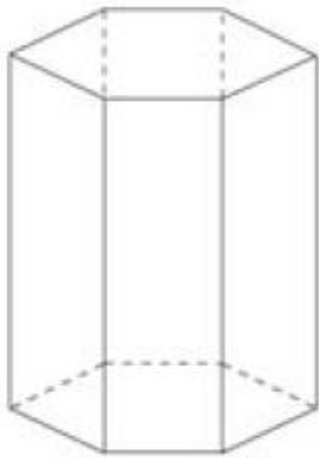


Sistema Romboédrico o Trigonal

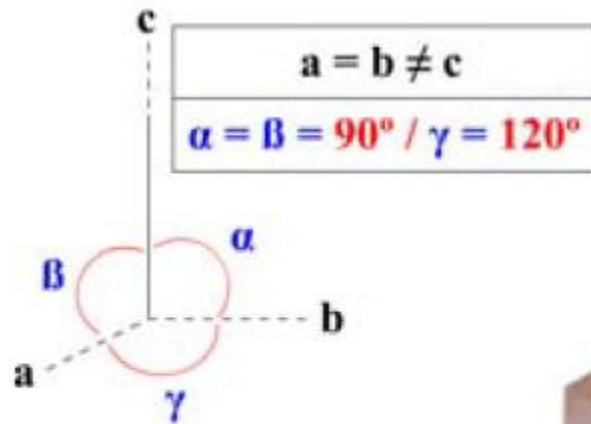
Calcita
Ca (CO₃)



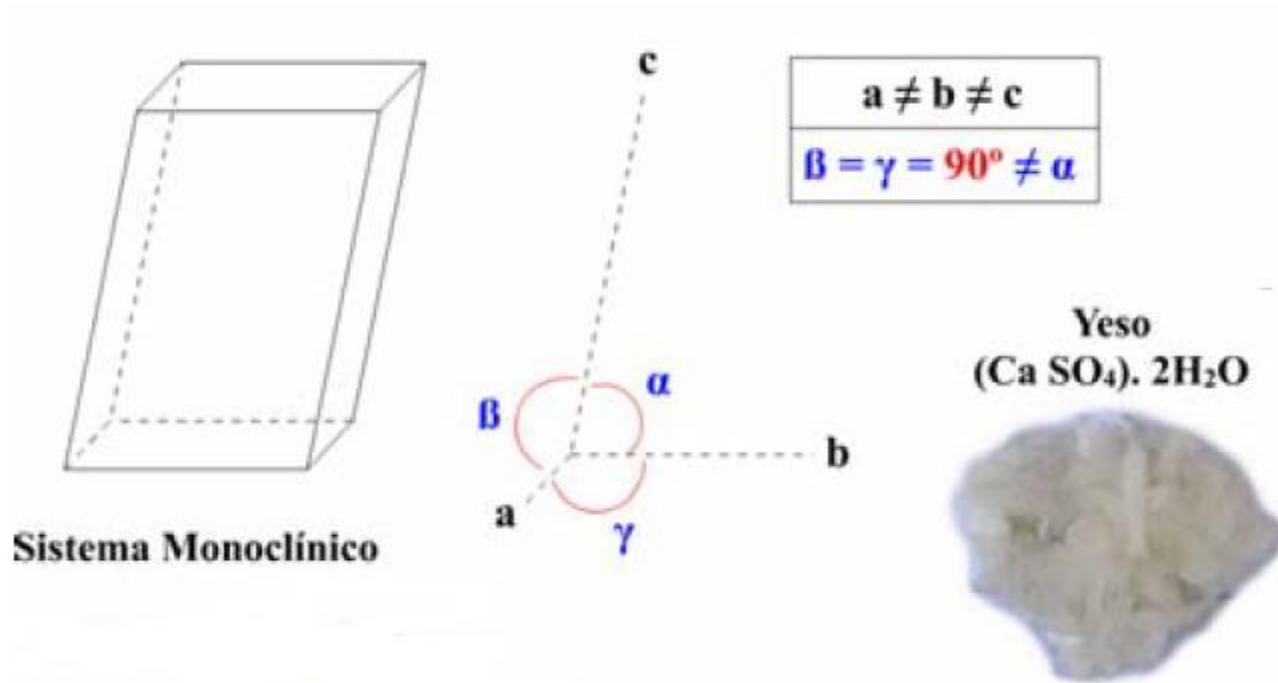
Sistema hexagonal



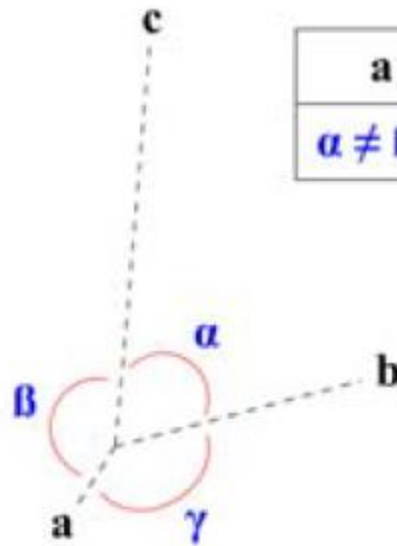
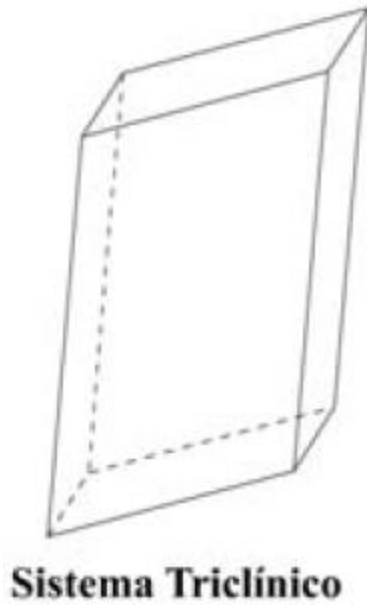
Sistema Hexagonal



Sistema monoclinico



Sistema triclinico

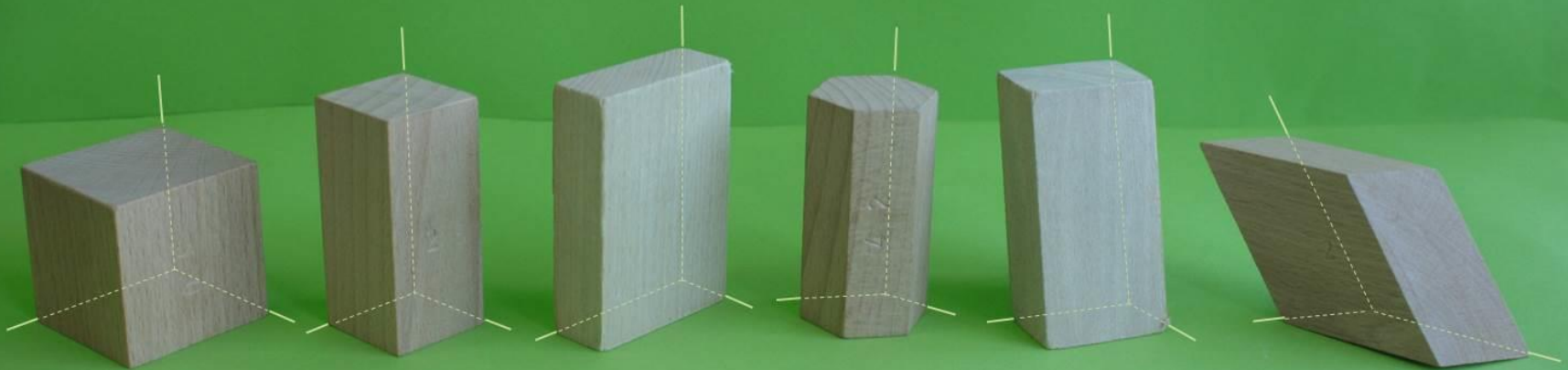
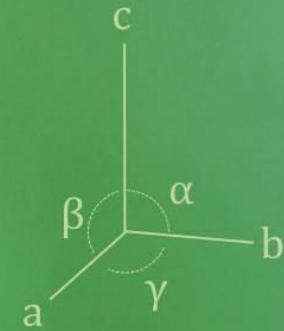


$a \neq b \neq c$
$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

Plagioclasa
(Albita: $\text{Na [Al Si}_3\text{ O}_8]$)



Los 7 sistemas cristalinos



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

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

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

**TRIGONAL Y
HEXAGONAL**
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ$

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

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

- La materia cristalina está formada por repetición de un motivo estructural en el espacio: es periódica
 - De esta propiedad depende su homogeneidad, su simetría y su anisotropía: las propiedades de un cristal no son las mismas en todas las direcciones del espacio
 - La materia amorfa es isótropa, presenta las mismas propiedades en todas las direcciones, ya que la distribución de las partículas elementales es siempre la misma, no existen direcciones privilegiadas
-

Coordinación

- Cada átomo independientemente del enlace se relaciona o coordina con los inmediatos
 - N° de Coordinación es el número de átomos o iones coordinados con relación a un átomo o ion coordinador (en el NaCl, para ambos iones es 6)
 - Llamamos poliedro de coordinación al poliedro que representa la posición de los iones coordinados con respecto al coordinador (en la halita es un octaedro)
-

-
- Los poliedros de coordinación se asocian en la estructura cristalina, en los silicatos el poliedro de coordinación fundamental es un tetraedro SiO_4^{4-} cuyas cargas negativas sirven para enlazarse con otros iones
-

Coordinación iónica

- Es la más conocida
- Cada ion rodeado en una red de tantos iones de signo contrario como permita su tamaño
- Así el número de coordinación se establece por la relación entre
 - Radio catión/Radio anión (la regla de los radios)

COORDINACIÓN IÓNICA

Relación de radios	Número de Coordinación	Disposición de los aniones
0,15-0,22	3	Vértices de un triángulo
0,22-0,41	4	Esquinas de un tetraedro
0,41-0,73	6	Esquinas de un octaedro
0,73-1,0	8	Esquinas de un cubo
1	12	Puntos medios sobre las aristas de un cubo

Coordinación 3



Coordinación 4



Coordinación 6



Coordinación 8



Coordinación 12



Si la relación de radios es $< 0,15$ el número de coordinación es 2 y los aniones se disponen linealmente

Coordinación covalente y metálica

- La coordinación covalente es muy similar a la iónica (el C en el diamante tiene coordinación tetraédrica)
- La coordinación metálica suele ser dodecaédrica ya que los cationes metálicos están muy juntos

Isomorfismo y polimorfismo

- ISOMORFISMO: formas o estructuras iguales a partir de distintos componentes químicos
 - POLIMORFISMO: formas o estructuras diferentes a partir de los mismos componentes químicos
-

Isomorfismo

- Se trata de minerales que presentan variaciones en su composición sin que se altere su estructura cristalina
 - Son minerales con una composición química parecida, que cristalizan de la misma forma en los que puede haber sustitución iónica, un ion sustituye a otro similar sin que se altere la estructura del cristal, siempre que sus radios iónicos sean similares
 - A veces cuando se parte de mezclas de sustancias en las condiciones iniciales de formación de los minerales podemos tener mezclas isomorfas o asociaciones de dos o más sustancias químicas que manteniendo sus propias características, es decir, sin combinarse, se estructura y forma del mismo modo
 - Depende de las condiciones termodinámicas
-

-
- Si las temperaturas y las presiones son elevadas (en procesos magmáticos), hay más probabilidad de encontrar mezclas isomorfas
 - Si las temperaturas y las presiones son bajas (en procesos sedimentarios), hay menos probabilidades
-

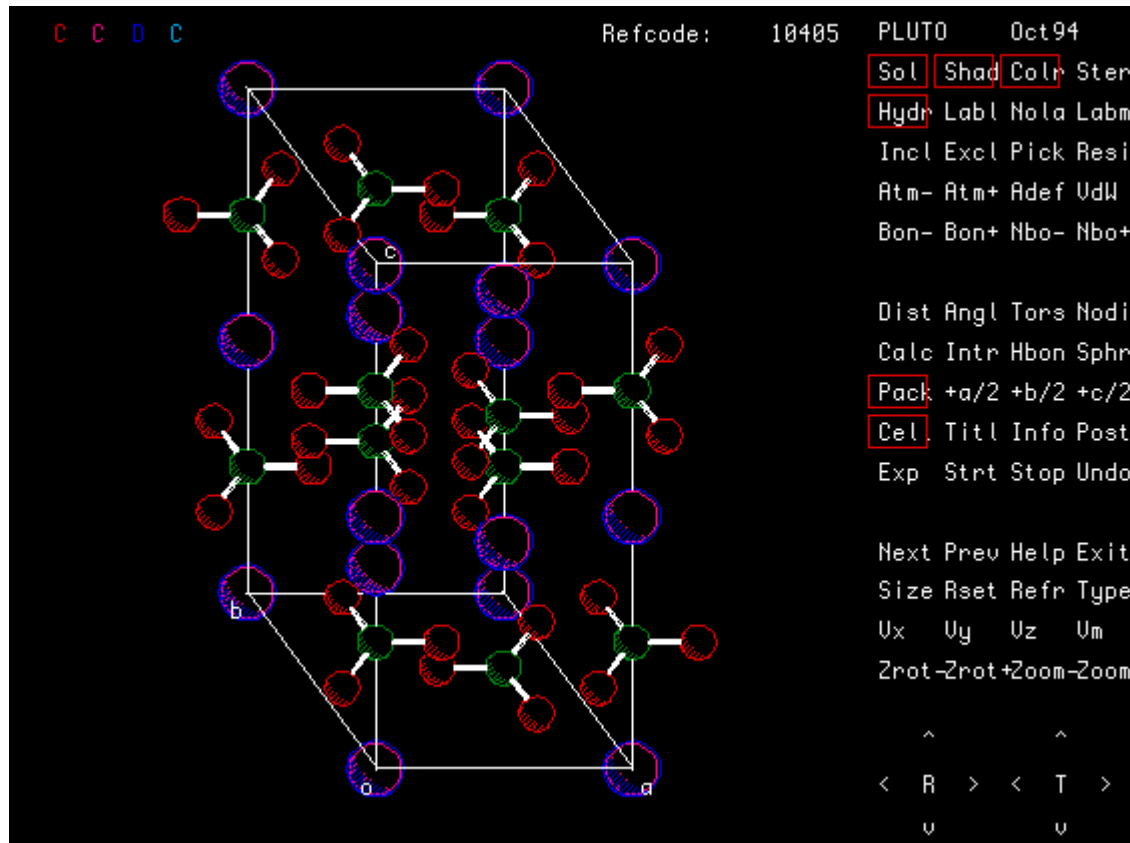
- MAGNESITA (CO_3Mg)
SIDERITA (CO_3Fe)
CALCITA (CO_3Ca)



- OLIVINO ($\text{SiO}_4(\text{MgFe})_2$)
FAYALITA (SiO_4Fe_2)
FORSTERITA (SiO_4Mg_2)



ISOMORFISMO

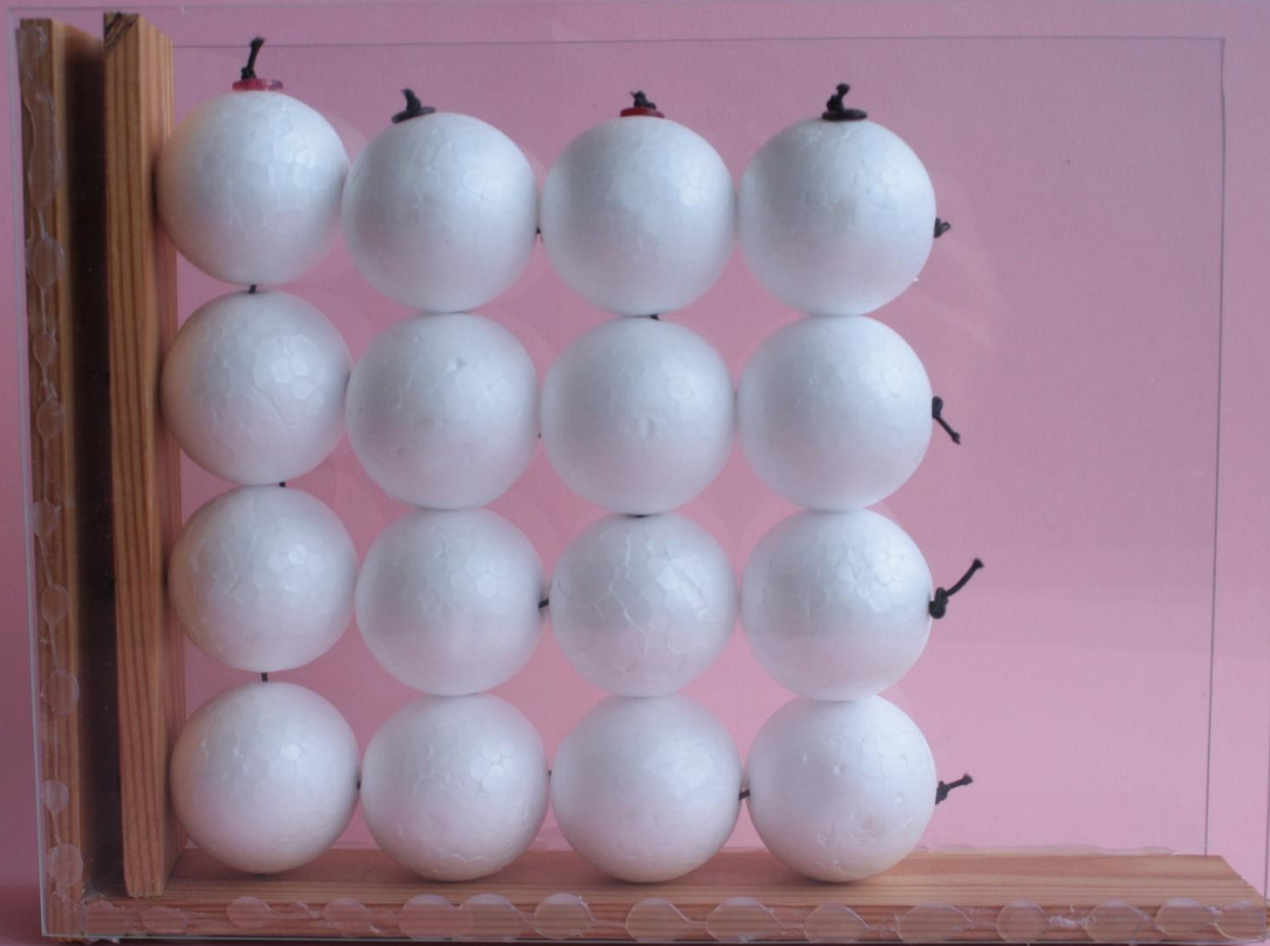


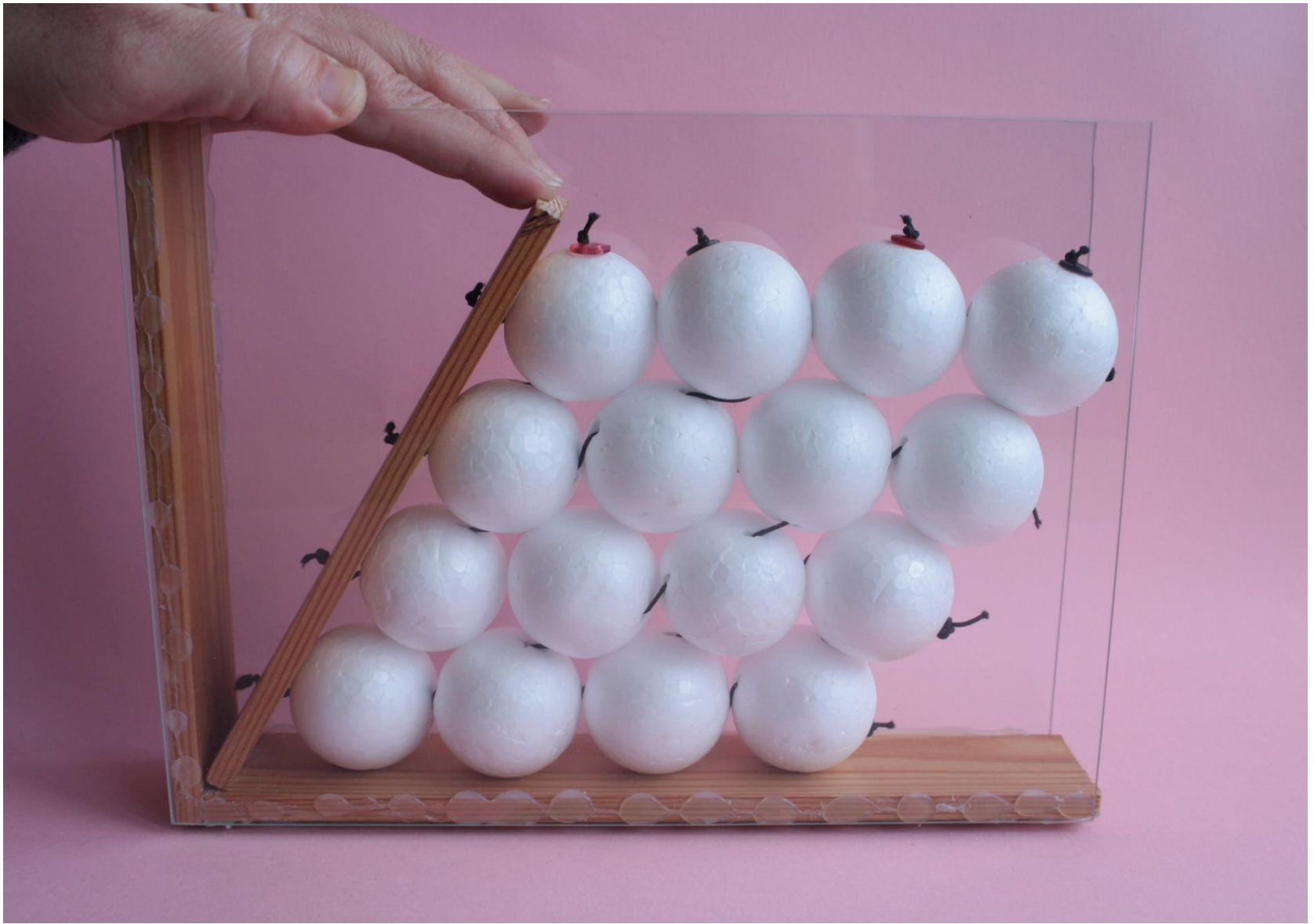
Grupo de la Calcita

Polimorfismo

- Proceso por el que una misma sustancia química puede cristalizar de distintas formas, dando origen a distintos minerales
- Al tener distinta estructura, tienen distintas propiedades físicas: forma, peso específico, dureza, etc

	DIAMANTE	GRAFITO
Dureza	10	1
Densidad (g/cm ³)	3,5	2,2



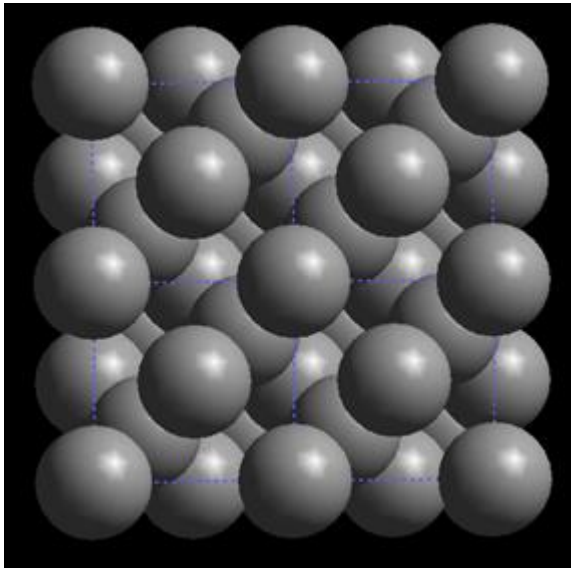


-
- Los minerales polimórficos se forman según las diferentes condiciones de presión, de temperatura y de ambiente químico (pH o iones presentes). Y su estructura cristalina es la configuración estable bajo esas condiciones
 - Por eso los minerales polimórficos son muy interesantes como indicadores geológicos, nos aportan datos a cerca del ambiente de su formación (el diamante necesita presiones y temperaturas mucho más elevadas que el grafito)
-

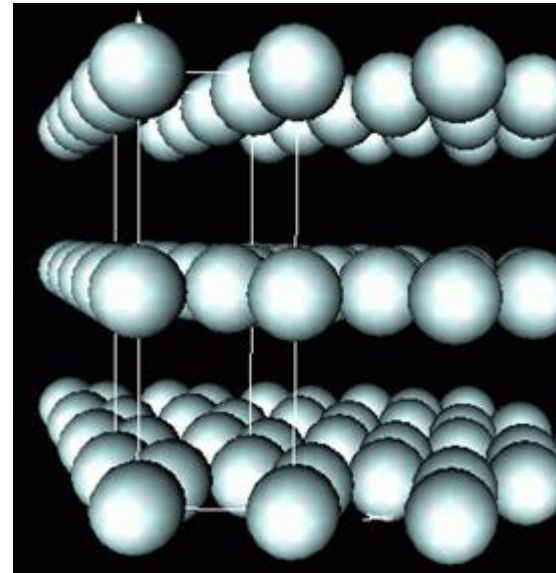
- El tiempo es además un factor fundamental; las experiencias rápidas en el laboratorio no pueden conseguir estos cambios ya que las velocidades de transformación son muy lentas en la naturaleza (m.a.)
- Los cambios estructurales pueden deberse a:
 - Cambios en el número de coordinación
 - Disposición de los iones coordinados
 - Tipo de estructura resultante

	DIAMANTE	GRAFITO
Tipo de estructura	Tetraédrica	Anillos unidos en forma de cadena
Nº Coordinación	4	3

POLIMORFISMO



Red espacial diamante
(C)



Red espacial grafito (C)



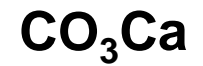
CALCITA

Tipo de estructura Trigonal



ARAGONITO

Rómbico



PIRITA

Tipo de estructura Cúbica



MARCASITA

Rómbico



SIMILITUD ENTRE MINERALES

	ISOMORFISMO	POLIMORFISMO
COMPOSICIÓN QUÍMICA	ANÁLOGA	IDÉNTICA
ORDENACIÓN CRISTALINA	IDÉNTICA	DISTINTA
EJEMPLO	HALITA-SILVINA	DIAMANTE-GRAFITO

Pseudomorfismo

- Proceso por el que un mineral se altera formando otro mineral distinto en el espacio ocupado por el primero de tal forma que se conserva la forma del mineral sustituido aunque tenga una estructura cristalina diferente
- Es una transformación de estructuras con permanencia de las formas (magmatismo)

Pirita-Limonita

Fluorita-Cuarzo

Los minerales más abundantes de la litosfera

- Los principales elementos que constituyen la materia mineral son: Si, O, Al y Fe (en la materia viva C, H, O y N)
 - Se clasifican según su composición química
-

CLASIFICACIÓN DE MINERALES

- ELEMENTOS NATIVOS
 - SULFUROS Y SULFOSALES
 - HALUROS O HALOGENUROS
 - ÓXIDOS E HIDRÓXIDOS
 - CARBONATOS Y BORATOS
 - SULFATOS, CROMATOS Y WOLFRAMATOS
 - FOSFATOS Y VANADATOS
 - SILICATOS
-

Elementos



Halogenuros



Silicatos



Sulfuros



Sulfatos



Carbonatos



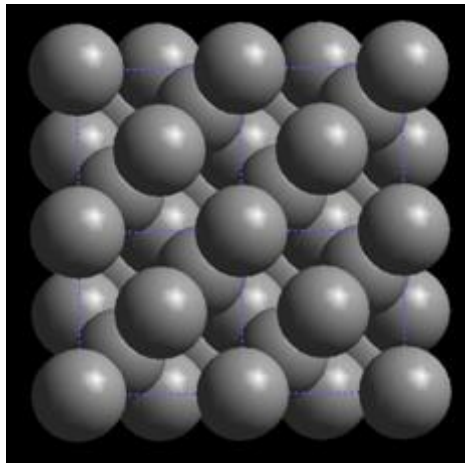
Óxidos

Fosfatos

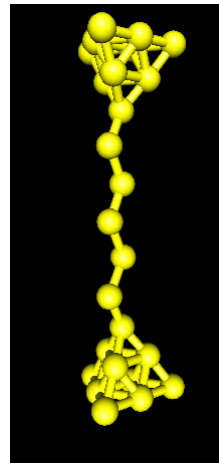


ELEMENTOS NATIVOS

- Oro (Au)
- Diamante (C)
- Grafito (C)
- Azufre (S)



Estructura del diamante



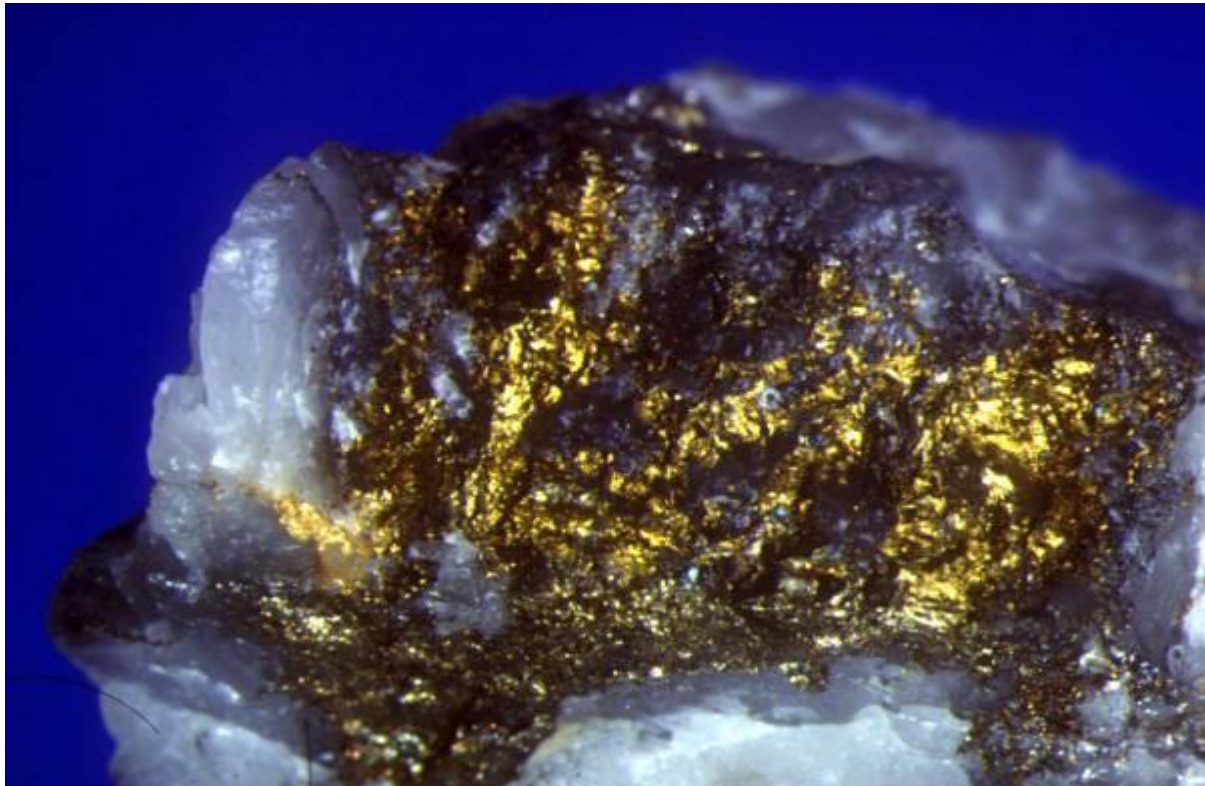
Estructura del oro

Brillo metálico, color amarillo, dúctil y maleable

Se usa en joyería y como patrón monetario, igualmente en electrónica o para aplicaciones de la industria aereoespacial.

Dureza: 2,5 Baja

Cúbico holoédrico



ORO

Brillo metálico color blanco plata,
dúctil y maleable
Se usa en joyería
Dureza: 2,5 Baja
Cúbico holoédrico



PLATA

Sin brillo, mate, aspecto terroso y masivo (sin cristales visibles), color amarillo y olor a pólvora

Se usa como abono, insecticida y en la industria química y papelera

Dureza: 2,5 Baja

Rómbico holoédrico



AZUFRE

Brillo metálico, se raya con la navaja, forma masas compactas o estratificadas, untuoso al tacto, mancha el papel de negro

Se usa como mina de lápices, para fabricar electrodos o como aislante en centrales nucleares

Dureza: 1-2 Baja

Hexagonal



GRAFITO

Brillo adamantino, incoloro, blanco o con ligeras tonalidades amarillas o azules,
imposible de rayar

Es la joya más apreciada y también se usa como abrasivo

Dureza: 10 (la más alta)

Cúbico holoédrico



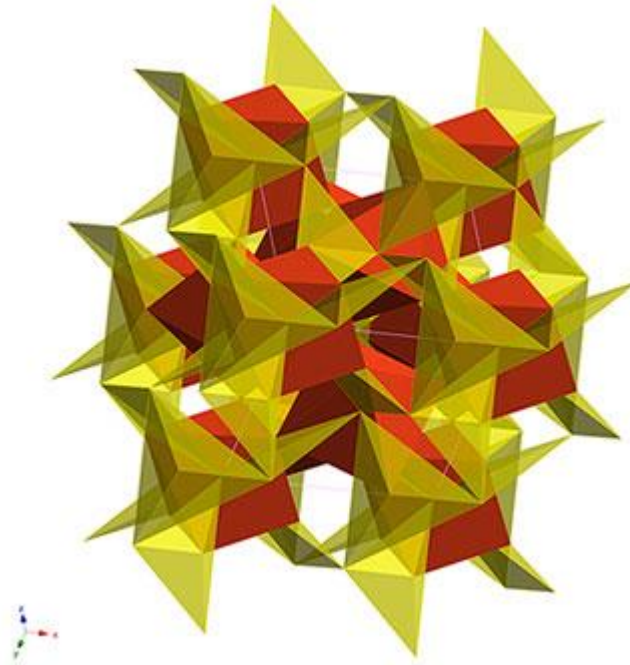
DIAMANTE (0.8 cm)



DIAMANTE (14.76 Quilates)

SULFUROS Y SULFOSALES

- Galena (PbS)
- Pirita (FeS_2)
- Calcopirita (CuFeS_2)
- Cinabrio (HgS)
- Blenda (ZnS)



Estructura de la pirita

Brillo metálico, se raya con la navaja, forma masas hojosas o granudas con cristales cúbicos de color gris plomo, muy denso

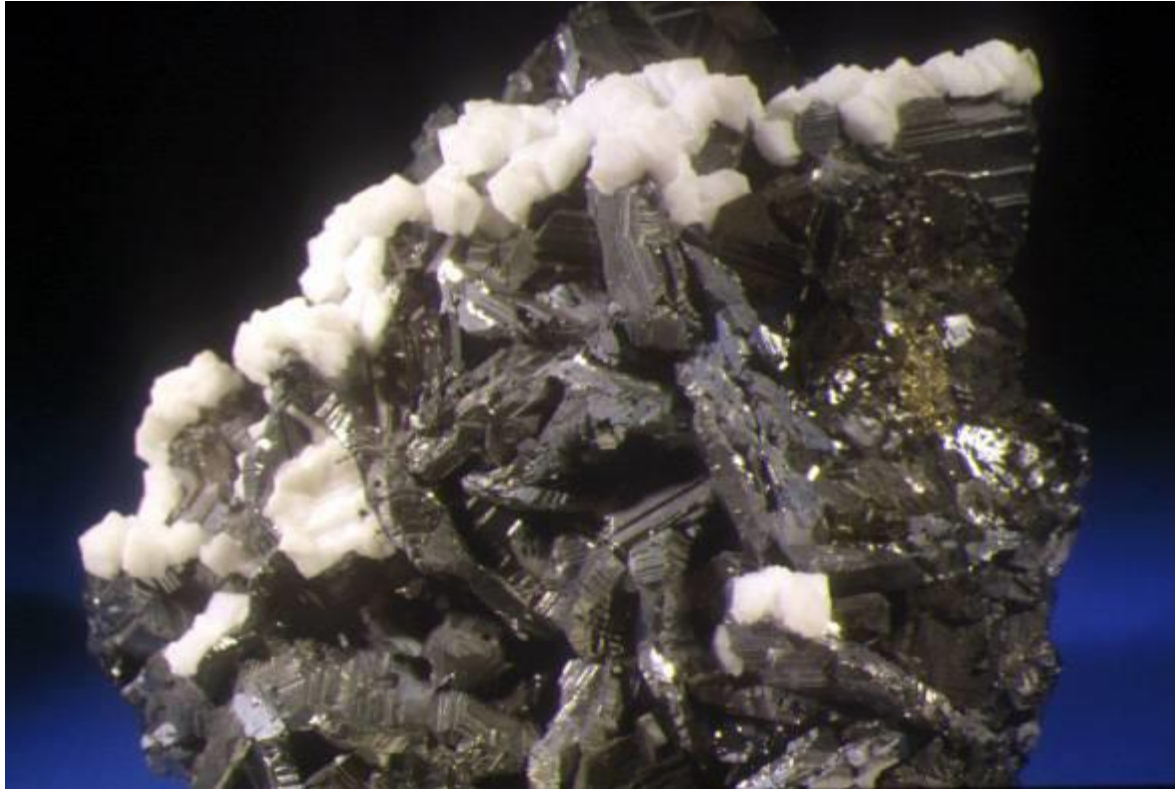
Se usa como fuente de plomo empleado como aditivo para las gasolinas (cada vez menos usado) y como protección en la manipulación de uranio

Dureza: 2,5 Baja

Isométrico



GALENA



GALENA

Brillo adamantino, resinoso o submetálico de color *Rojo bermellón*

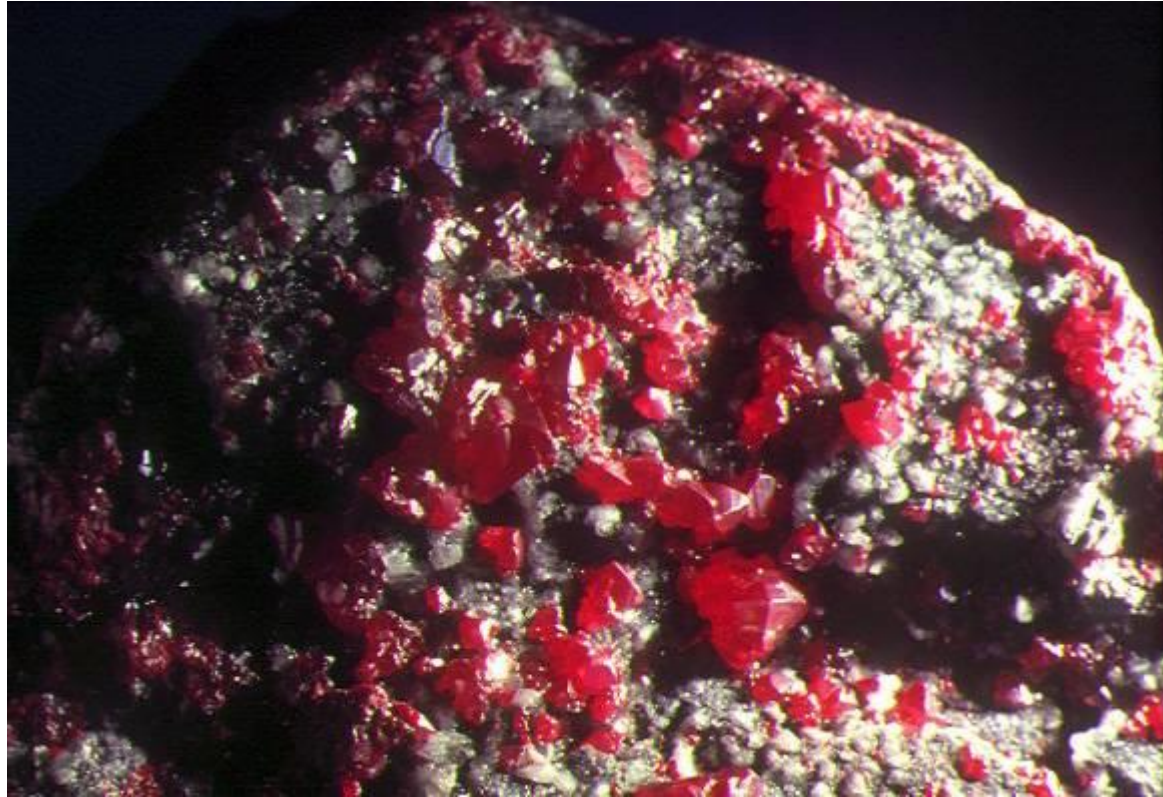
Se usa como fuente de mercurio

Dureza: 2,5 Baja

Hexagonal



CINABRIO



CINABRIO

Brillo metálico, se raya con la navaja, forma masas compactas con cristales pequeños de color amarillo latón verdoso

Se usa como fuente de cobre

Dureza: 3-5 media

Tetragonal



CALCOPIRITA

Brillo metálico, no se raya con la navaja, forma masas compactas con cristales cúbicos de color amarillo latón

Se usa como fuente de azufre

Dureza: 6,5 Alta

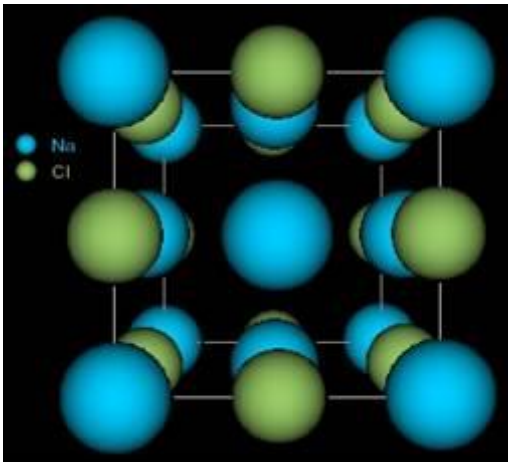
Isométrico



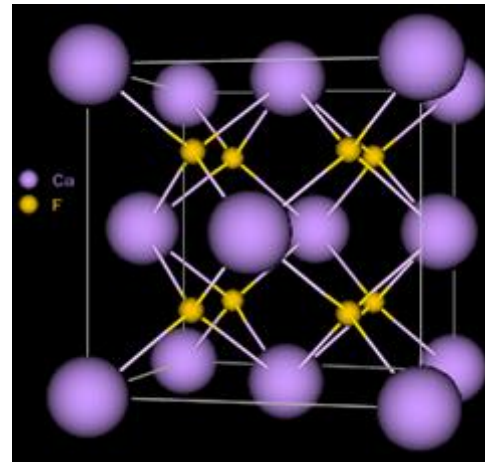
PIRITA

HALUROS

- Halita (NaCl)
- Silvina (KCl)
- Fluorita (CaF₂)



Estructura de la halita



Estructura de la fluorita

Brillo craso o sedoso, exfoliable en cubos salados, incoloro o blanco

Se usa para obtener sal y como alimento del ganado

Dureza: 2 Baja

Isométrico



HALITA

Brillo craso o sedoso, exfoliable en cubos salados muy amargos, de color naranja debido a la presencia de impurezas

Se usa para obtener potasio para fertilizantes

Dureza: 2 Baja

Isométrico



SILVINA

Brillo vítreo, de color verde o azul, no raya el cristal
Se usa como material de construcción y para hacer vidrios
Dureza: 4 media
Isométrico



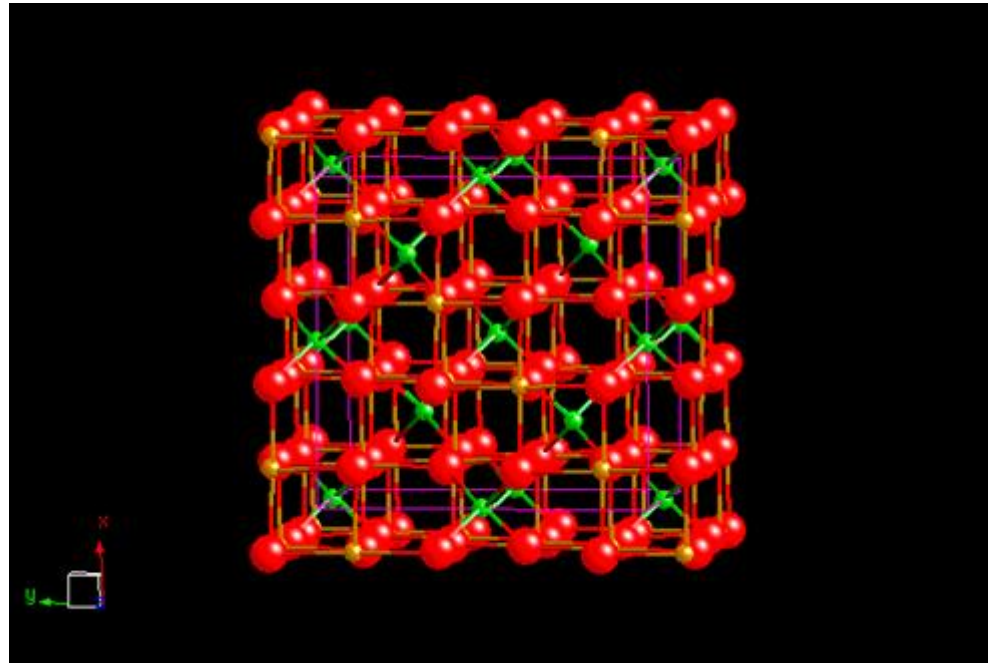
FLUORITA



FLUORITA

ÓXIDOS E HIDRÓXIDOS

- Magnetita (Fe_3O_4)
- Oligisto (Fe_2O_3)
- Goethita ($\text{Fe}(\text{OH})_2$)
- Corindón (Al_2O_3)



Estructura de la magnetita

Brillo metálico, no se raya con la navaja, forma masas compactas y granudas con propiedades magnéticas

Se usa como fuente de hierro

Dureza: 6 Alta

Isométrico



MAGNETITA

Brillo adamantino vítreo, de colores variados rojo en el rubí o azul en el zafiro, raya al cristal

Muy apreciado en joyería

Dureza: 9 Alta

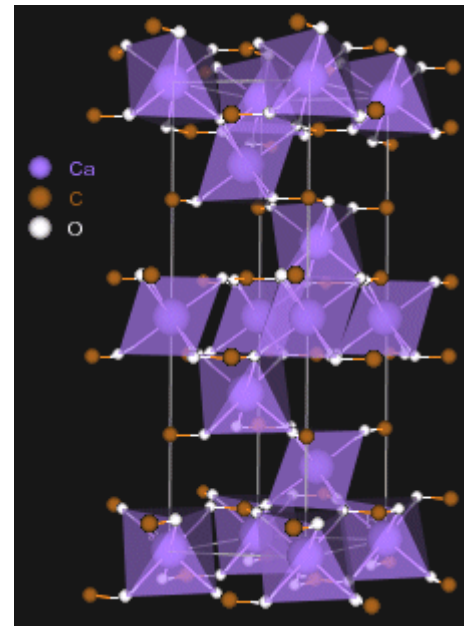
Hexagonal



CORINDÓN RUBÍ

CARBONATOS Y BORATOS

- Calcita (CaCO_3)
- Aragonito (CaCO_3)
- Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)
- Malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$)
- Azurita ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$)



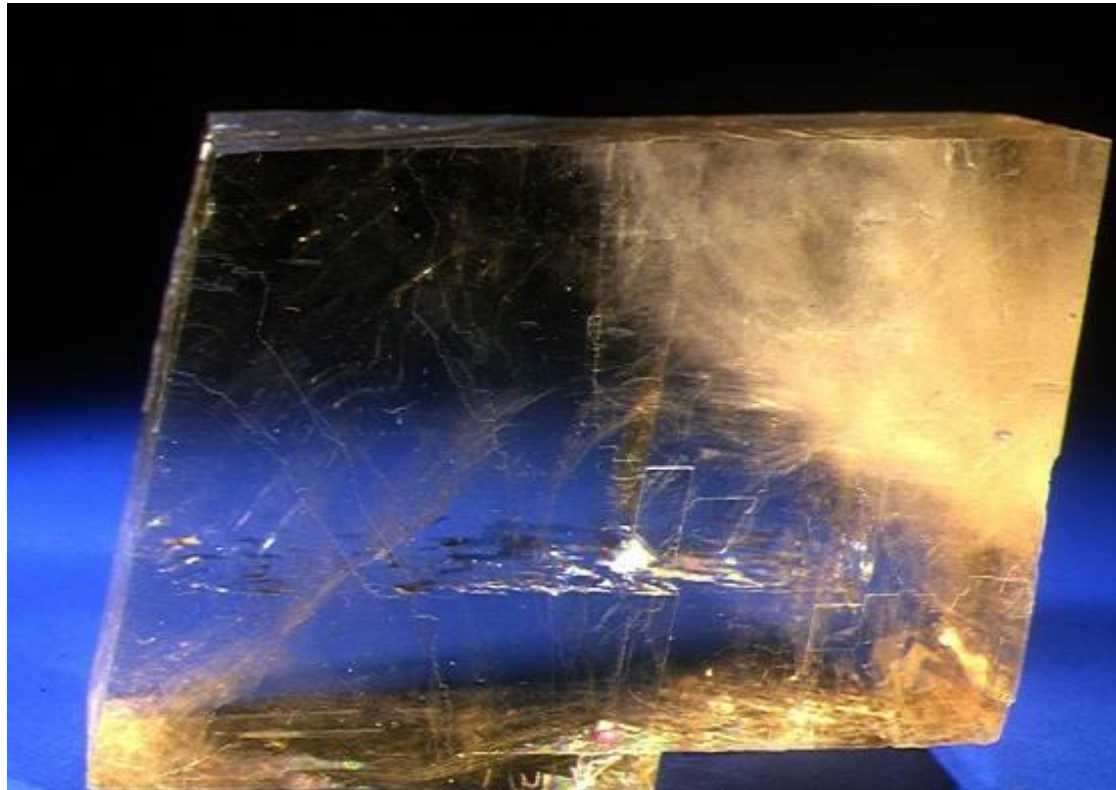
Estructura de la calcita

Brillo no metálico (vítreo), reacciona con HCl, sin aspecto de prisma hexagonal, de color blanco o beige, masivo en cristales prismáticos, en estalactitas, estalagmitas, travertino o mármol

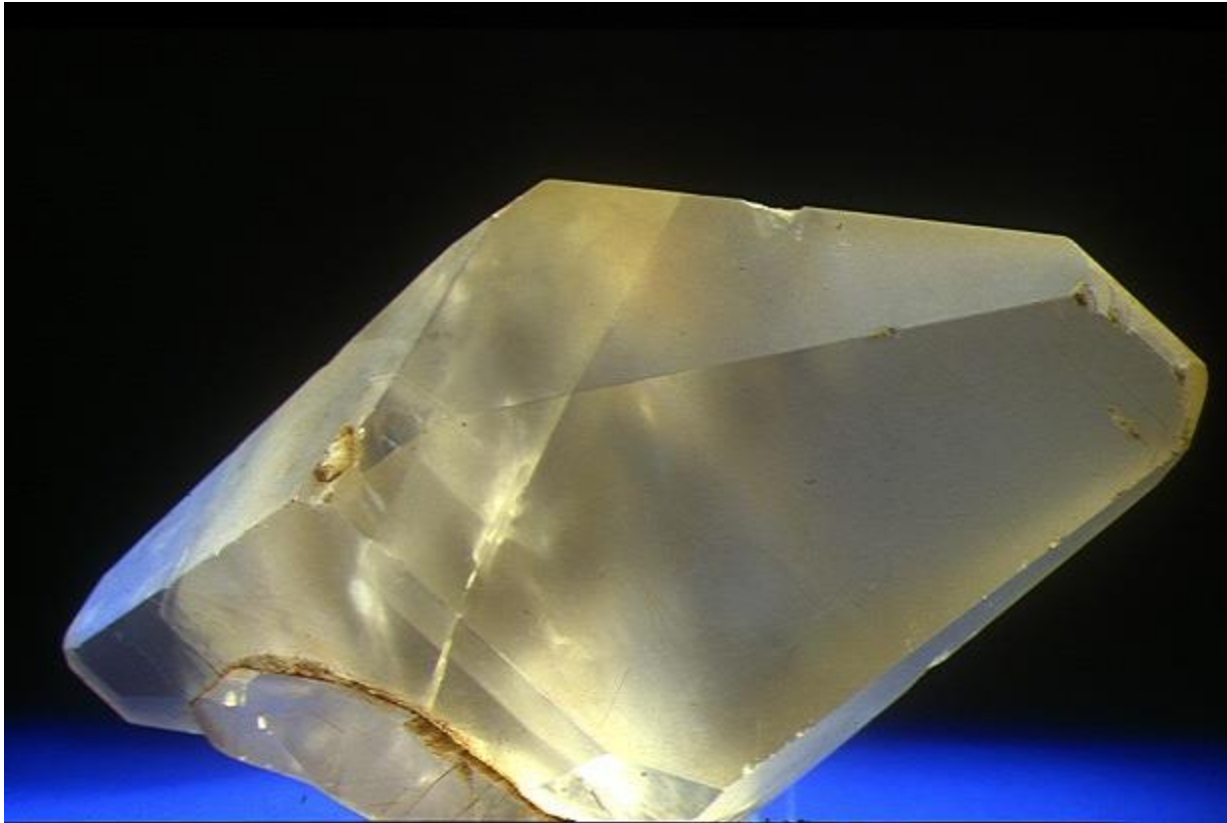
Usado como material de construcción

Dureza: 3 Media

Hexagonal



CALCITA



CALCITA

Brillo vítreo, reacciona con HCl, con aspecto de prisma hexagonal, de color blanco, azulado o marrón

Usado como pieza ornamental

Dureza: 3 Media

Ortorrómbico



ARAGONITO

Brillo no metálico adamantino, reacciona con HCl, sin aspecto de prisma hexagonal, de color verde, masivo

Usado como pieza ornamental y como mena de cobre

Dureza: 3 Media

Monoclínico



MALAQUITA



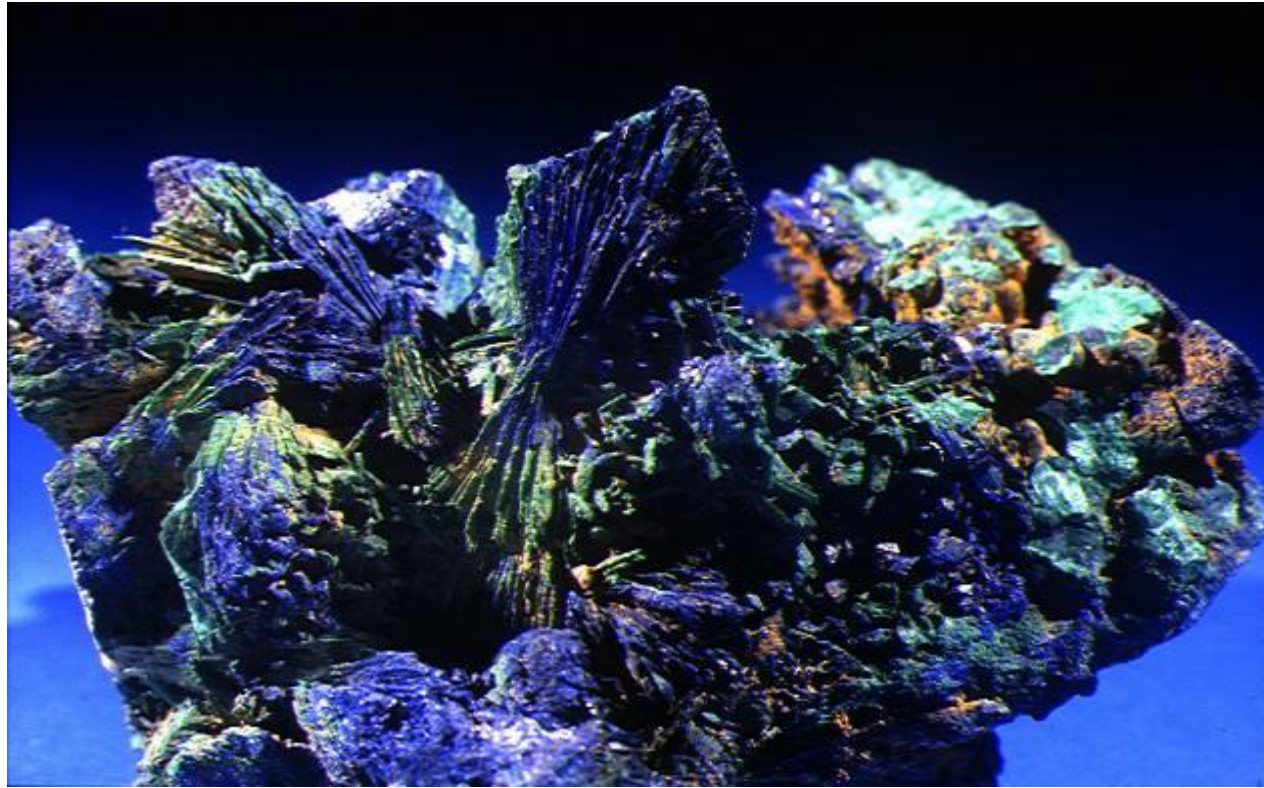
MALAQUITA

Brillo no metálico adamantino, reacciona con HCl, sin aspecto de prisma hexagonal, de color azul, masivo

Usado como pieza ornamental y como mena de cobre

Dureza: 3 Media

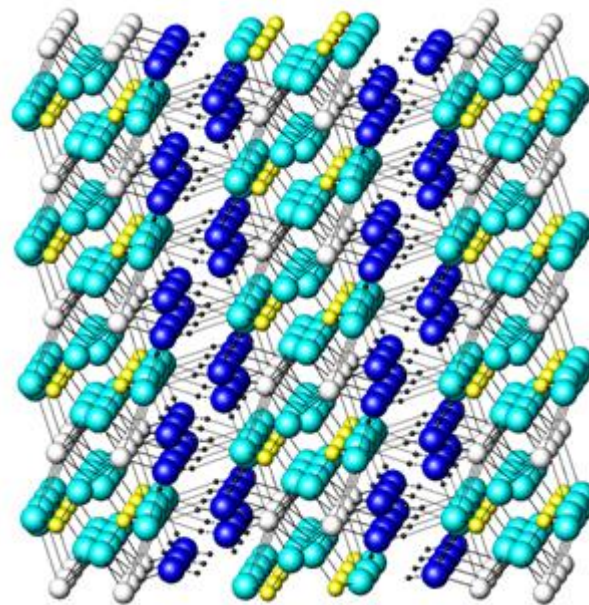
Monoclínico



AZURITA

SULFATOS, CROMATOS Y WOLFRAMATOS

- Yeso (CaSO_4). $2\text{H}_2\text{O}$
- Baritina (BaSO_4)
- Anhidrita (CaSO_4)



Estructura del yeso

Brillo no metálico (vítreo o nacarado), no reacciona con HCl, densidad normal, se raya con la uña láminas de exfoliación no flexibles o sin láminas, existen distintas variedades: rojo, especular, fibroso, la rosa del desierto

Se utiliza como material de construcción para fabricar escayola y cemento

Dureza: 2 Baja

Monoclínico



YESO



YESO FIBROSO



YESO ROSA DEL DESIERTO

Brillo no metálico (vítreo o nacarado), no reacciona con HCl, muy pesado, masivo o en cristales tabulares en forma de ataúd , blanco o beig

Se usa en perforaciones y en la industria química

Dureza: 3,5 Media

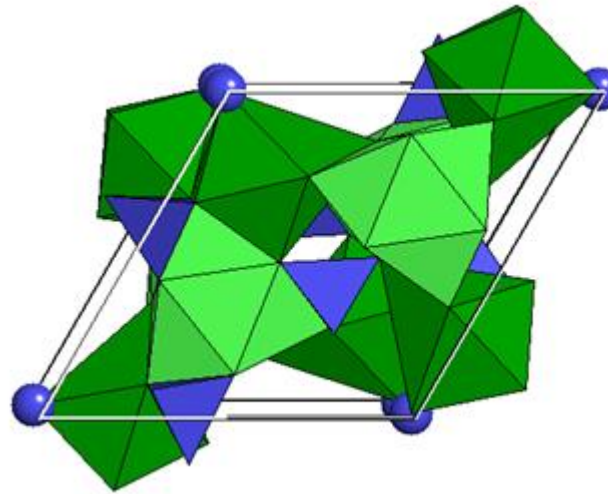
Ortorrómbico



BARITINA

FOSFATOS Y VANADATOS

- Apatito $(\text{PO}_4)_3\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$
- Turquesa $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



Estructura del apatito

Brillo vítreo, color pardo o verdoso no
reacciona con HCl, densidad normal
no se raya con la navaja
Se utiliza para fabricar fertilizantes
Dureza: 5 Media-Alta
Hexagonal



APATITO

Brillo vítreo algo mate, color azul característico no reacciona con HCl, densidad normal, no se raya con la navaja

Muy apreciado en joyería

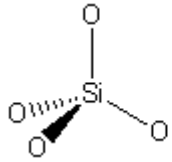
Dureza: 5-6 Alta

Monoclínico



TURQUESA

SILICATOS



Son los minerales más corrientes, las rocas magmáticas están casi exclusivamente formadas por este tipo de minerales

El Si y el O forman un tetraedro que es la unidad estructural básica de este tipo de minerales

Esta unidad estructural se une mediante enlaces iónicos con diversos cationes (Al, Mg, Fe, Na, K, Ca, etc.) o mediante enlaces covalentes con otros tetraedros. Constituyendo los distintos tipos de silicatos, en función de la temperatura de cristalización: cuanto mayor sea la temperatura más compleja la estructura cristalina

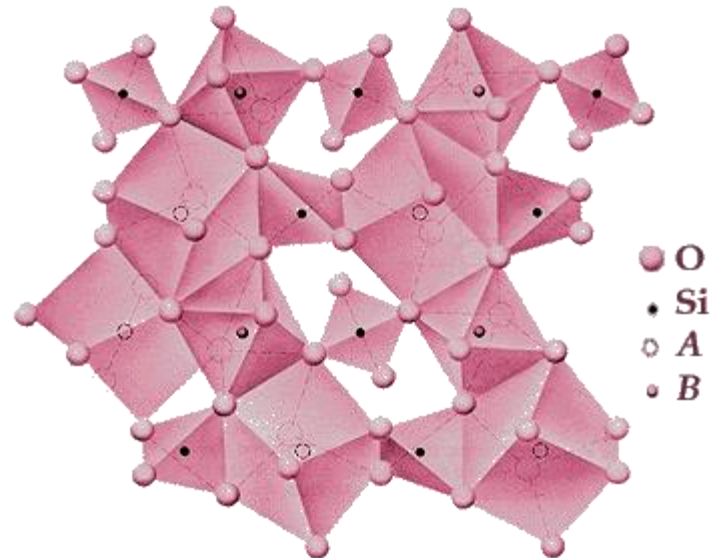
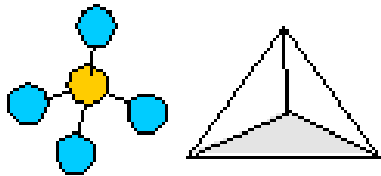
Se clasifican según las distintas formas de unión de los tetraedros

- ORTOSILICATOS O NESOSILICATOS
- SOROSILICATOS
- CICLOSILICATOS
- INOSILICATOS
 - PIROXENOS
 - ANFÍBOLES
- FILOSILICATOS
- TECTOSILICATOS

NESOSILICATOS

Tetraedros independientes, se pueden unir con cationes, con series isomorfas

- Olivino (A_2+2SiO_4 , siendo A: Mg, Fe, Mn, Ni, Co, Zn, Ca, Pb)
- Granate ($Fe_3Al_2(SiO_4)_3$)
- Topacio ($Al_2SiO_4(F,OH)_2$)



Estructura del granate

Brillo no metálico (vítreo), no reacciona
con HCl, densidad normal, raya el
vidrio, de color rojo o negrozco,
cristales rombododecaédricos
Se emplea en joyería
Dureza: 7 Alta
Isométrico



GRANATE

Brillo vítreo, color verde oliva, no reacciona con HCl, no se raya con la navaja

Se emplea como arena refractaria en fundición

Dureza: 7 Alta

Ortorrómico



OLIVINO

Brillo vítreo, color amarillo, transparente o blanco, no reacciona con HCl, raya al cristal

Muy apreciado en joyería

Dureza: 8 Alta

Ortorrómbico



TOPACIO

SOROSILICATOS

Grupos de dos tetraedros que comparten 1 át de O. Cada pareja se une a otras por cationes

- Epidota ($\text{Ca}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$)



Brillo vítreo, color verde no reacciona con HCl, raya al vidrio

Se utiliza en joyería

Dureza: 7 Alta

Monoclínico

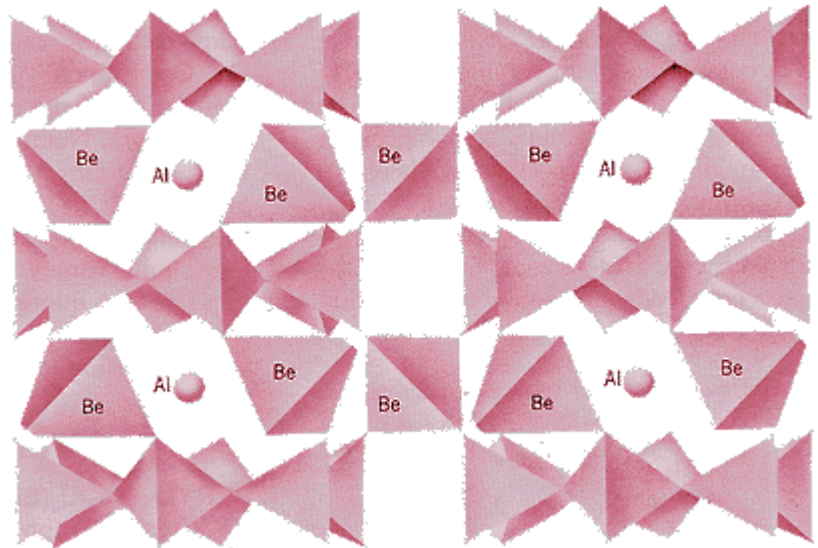
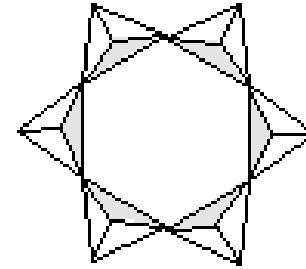
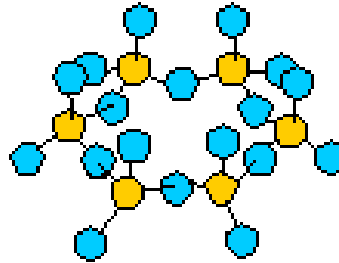


EPIDOTA

CICLOSILICATOS

Anillos de 3, 4 o 6 tetraedros (estos últimos son los más frecuentes), compartiendo cada uno 2 át de O con sus vecinos. Los anillos se unen entre sí mediante cationes

- Berilo ($\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$)



Estructura del berilo

Brillo vítreo, color verde no reacciona con HCl, raya al vidrio y se presenta en grandes cristales hexagonales

Muy apreciado en joyería

Dureza: 8 Alta

Hexagonal



BERILO



BERILO AGUAMARINA



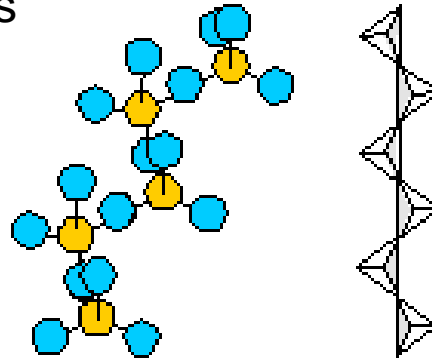
BERILO ESMERALDA

INOSILICATOS

Tetraedros enlazados formando cadenas, si son sencillas se trata de piroxenos en los que se comparten 2 át. de O, y si son dobles anfíboles compartiendo 2 o 3 át. de O. Las cadenas se unen entre sí mediante cationes. Presentan series isomorfas

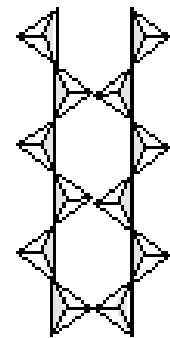
- Piroxenos

- Diópsido ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$)



- Anfíboles

- Glaucofana ($\text{Na}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)

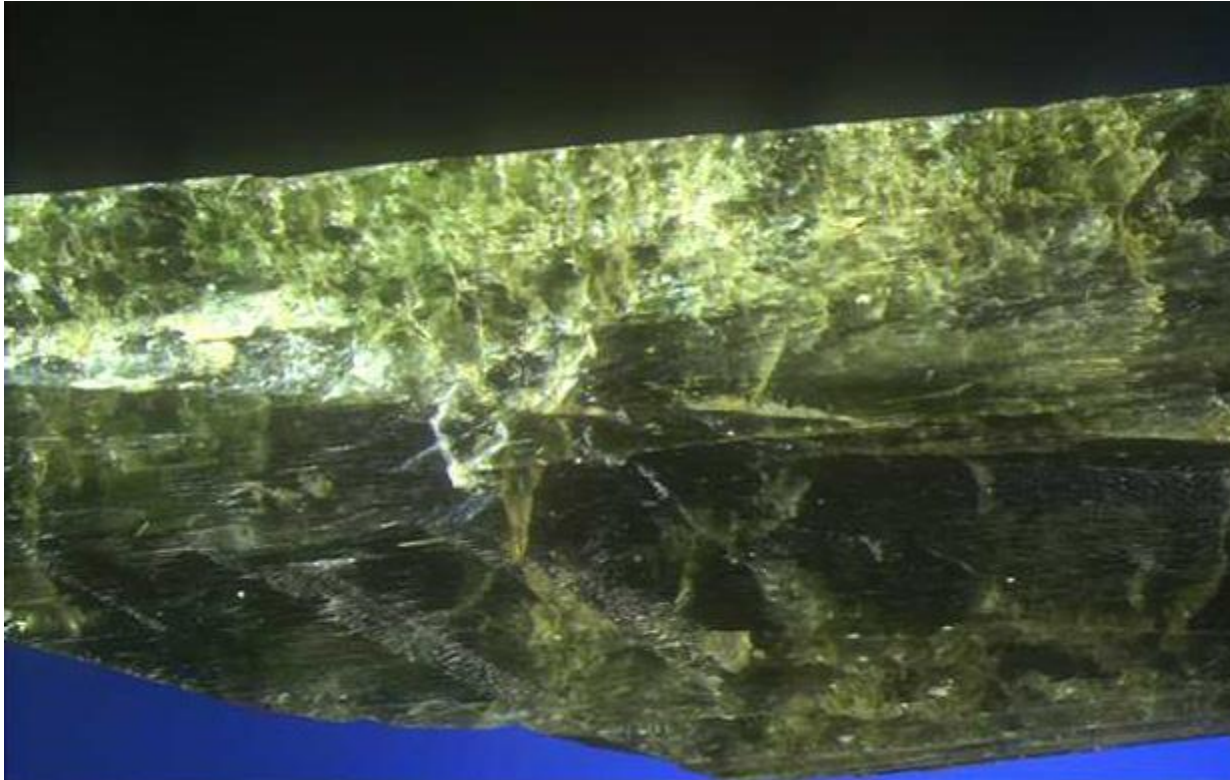


Brillo resinoso o mate, color verde claro o blanco, no reacciona con HCl

Se utiliza en joyería

Dureza: 5-6 Media

Monoclínico



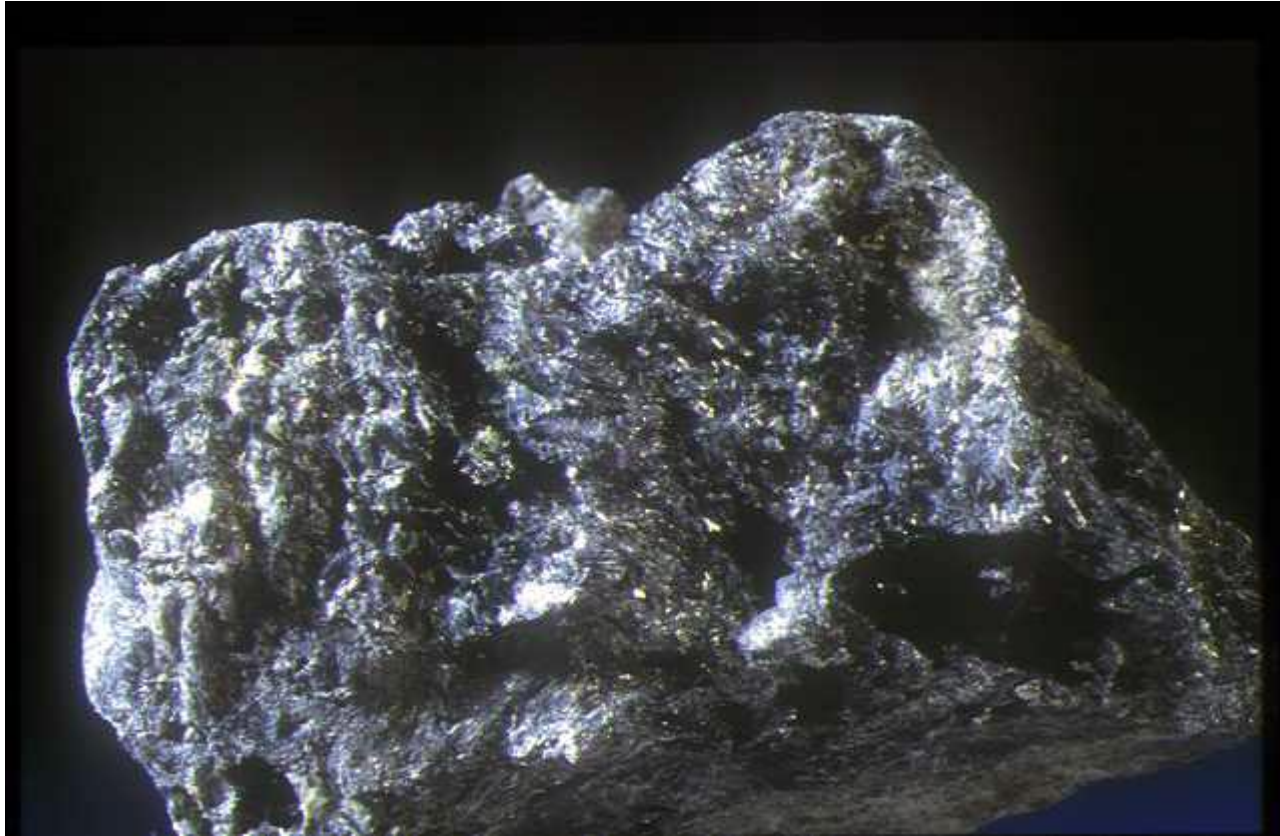
DIÓPSIDO

Brillo vítreo nacarado, color gris azulado no reacciona con HCl

Se utiliza en joyería como ojo de gato, antiguamente fuente de asbestos hoy abandonados por sus efectos cancerígenos

Dureza: 6 Media

Monoclínico

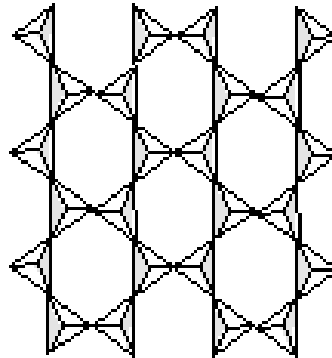


GLAUCOFANA

FILOSILICATOS

Tetraedros comparten 3 át. de O con sus vecinos situados en el mismo plano o formando capas. Se unen a cationes que se unen a OH- formando capas intermedias. Las distintas capas se unen por fuerzas de Van der Waals. Son minerales hojosos de exfoliación laminar

- Caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)
- Talco ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)
- Moscovita ($\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$)
- Biotita ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})(\text{Al},\text{Fe}^{3+})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$)
- Sepiolita ($\text{Mg}_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)



Sin brillo, mate, aspecto terroso, color blanco o hueso, muy blando, opaco y muy higroscópico

Se usa como material absorbente y para fabricar porcelana

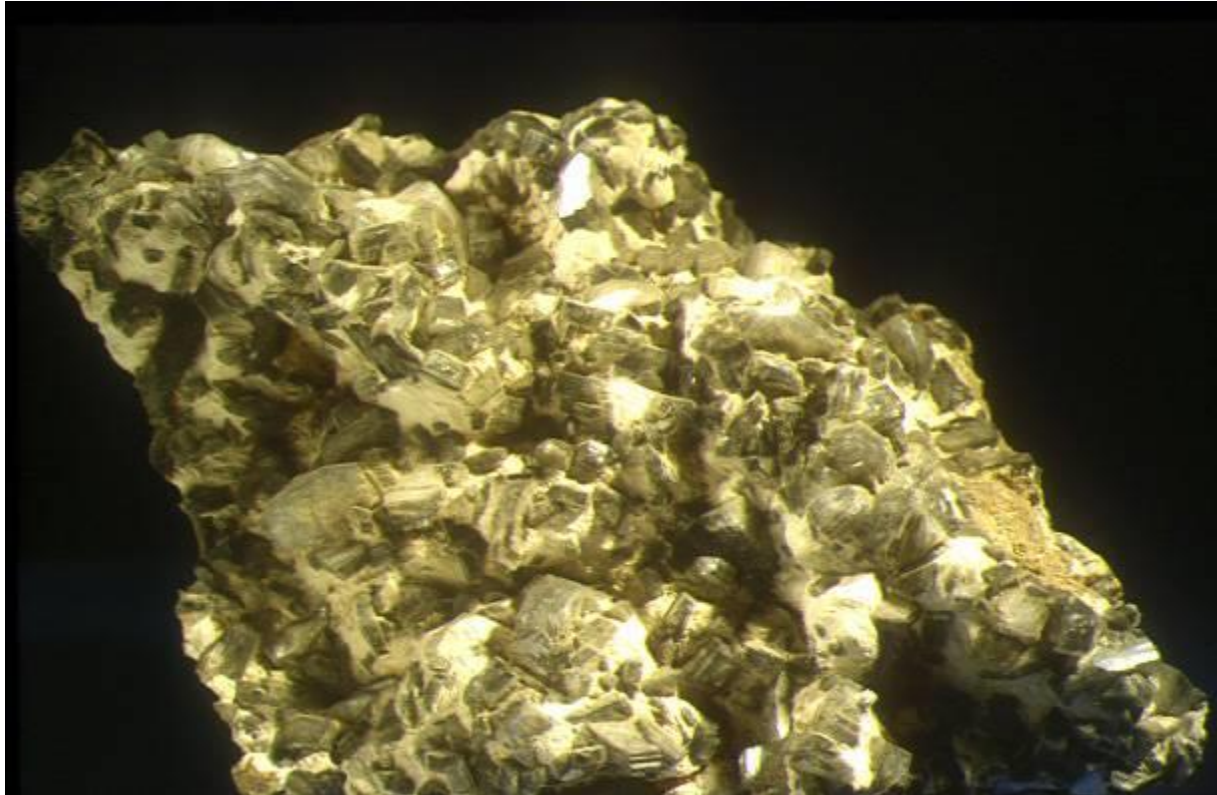
Dureza: 2,5 Baja

Triclínico



CAOLINITA

Brillo craso o sedoso, no exfoliable, se raya con la uña, untuoso al tacto
Se usa para hacer cerámicas, insecticidas y polvos de talco
Dureza: 1 Baja (la más baja)
Monoclínico



TALCO

Brillo no metálico (nacarado), no reacciona con HCl, peso normal, se raya con la uña, láminas de exfoliación flexibles, color blanco sucio, forma parte de todas las rocas ígneas

Se usa como aislante

Dureza: 3 Baja

Monoclínico



MOSCOVITA

Brillo no metálico (nacarado), no reacciona con HCl, peso normal, se raya con la uña, láminas de exfoliación flexibles, color negro, forma parte de todas las rocas ígneas

Se usa como aislante

Dureza: 3 Baja

Monoclínico



BIOTITA

Sin brillo: mate, color gris amarillento, no reacciona con HCl, peso normal, se raya con la uña, aparece formando masas terrosas con gran capacidad de absorción

Se usa como material absorbente

Dureza: 2 Baja

Ortorrómbico

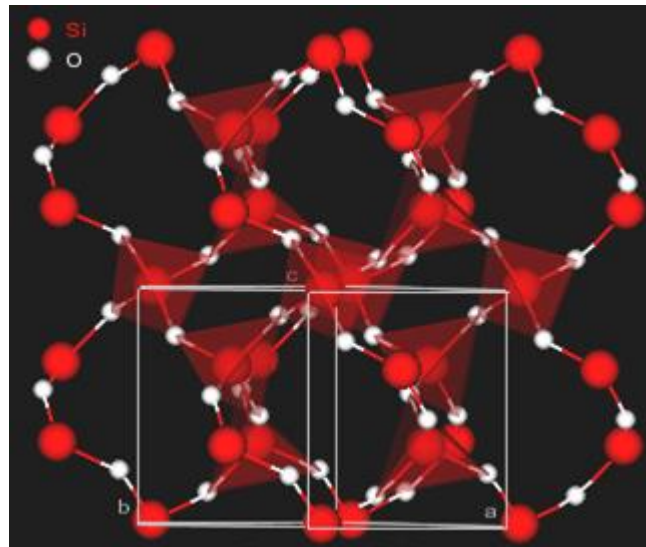


SEPIOLITA

TECTOSILICATOS

Tetraedros comparten los 4 át. de O con sus vecinos constituyendo un fuerte armazón tridimensional de gran dureza

- Cuarzo (SiO_2)
- Ópalo ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)
- Feldespato potásico: Ortoclasa (KAlSi_3O_8)



Estructura del cuarzo

Brillo no metálico (vítreo), no reacciona con HCl, densidad normal, raya el vidrio , translúcido, masivo, cristales apuntados o microcristalino, existen distintas variedades: cristal de roca (transparente), rosado, amatista (morado), jaspe (amarillo), ágata, sílex

Se usa en joyería, óptica y como material de construcción para hacer hormigón

Dureza: 7 Alta

Hexagonal



CUARZO Cristal de Roca (en Madrid se les llama diamantes de S. Isidro)



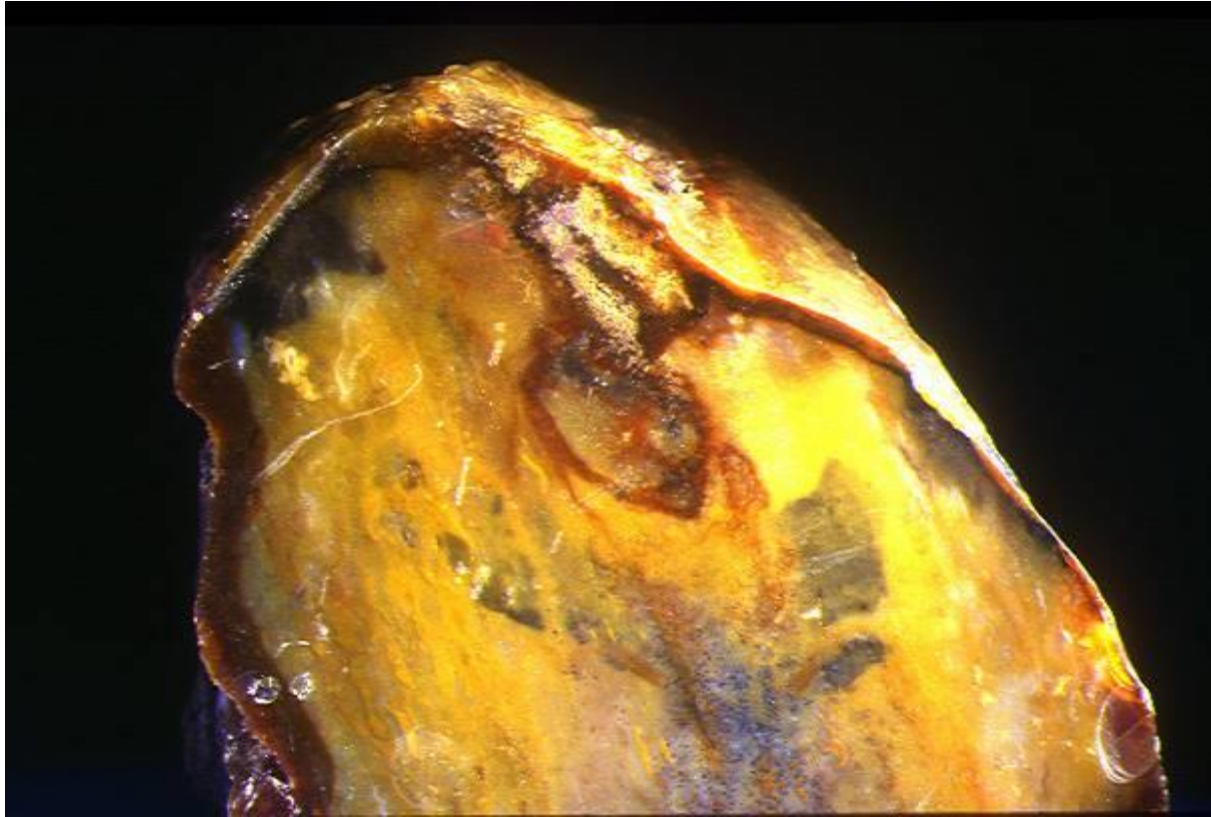
CUARZO AGATA



CUARZO AGATA



CUARZO AMATISTA



CUARZO JASPE



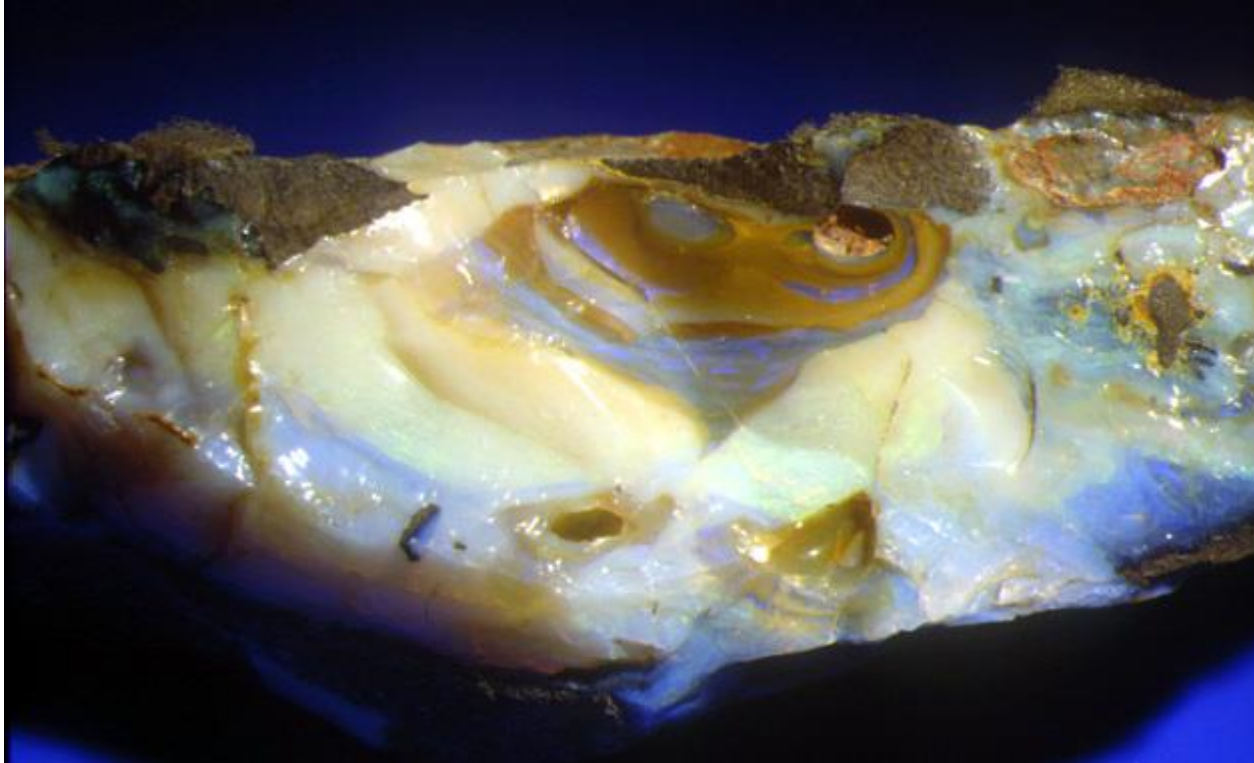
SILEX

Brillo nacarado, incoloro o blanco con diversas tonalidades azules, marrones o rojas, no reacciona con HCl, con fractura concoidea

Se utiliza como gema en tallas redondeadas

Dureza: 7 Alta

Amorfo



ÓPALO

Brillo nacarado, color beige rosado, no reacciona con HCl, peso normal, raya al cristal

Se usa para esmaltar porcelanas y para elaborar vidrios

Dureza: 6 Alta

Monoclínico



FELDESPATO
ORTOCLASA



La Mineralogía económica se ocupa del **aprovechamiento** económico de los minerales y rocas. Según sus aplicaciones se pueden diferenciar: **gemas** (usadas en joyería), **menas** (de las que se extraen elementos químicos) y **rocas** y **minerales** industriales (de interés en diferentes procesos industriales). Por ejemplo, la **bauxita** de la imagen es una mena de aluminio ya que se trata de una roca formada por minerales muy ricos en este elemento. A partir de ella se obtiene **Al₂O₃** y de éste el aluminio metal que se emplea en la industria. Hay minerales y rocas que pueden tener varias aplicaciones. Por ejemplo, el **diamante** se utiliza como **gema** y, por sus propiedades **abrasivas**, como mineral industrial.



Un **yacimiento mineral** es un cuerpo rocoso que contiene **uno o más** elementos o minerales en una **concentración** suficientemente por encima de su contenido medio en la corteza, como para tener un potencial interés económico

Los **yacimientos** se explotan mediante minas a cielo abierto o de interior. Las **canteras**, como la de pizarra de la fotografía, son explotaciones mineras a cielo abierto de las que se extraen rocas industriales, ornamentales o áridos



La **Mineralogía ambiental** es la rama de la Mineralogía aplicada que trata todos los problemas medioambientales que la minería y otros usos y explotaciones de los minerales pueden provocar en el **medio ambiente**

El drenaje **ácido** es la contaminación de las aguas provocada por la **oxidación atmosférica** de los sulfuros de hierro más comunes (pirita y marcasita) en presencia de **bacterias**, junto con la formación de minerales producto de esta oxidación

El **drenaje ácido** puede ser un fenómeno natural o estar provocado por la actividad minera (drenaje ácido de minas, DAM)

- El **Río Tinto**, en la imagen, es un ejemplo de contaminación por procesos naturales acentuado por **DAM**



Cristales de Yeso mina Naica Chihuahua, México



Mina Naica Chihuahua, México



Cristales de yeso de la geoda de Pulpí, Almería