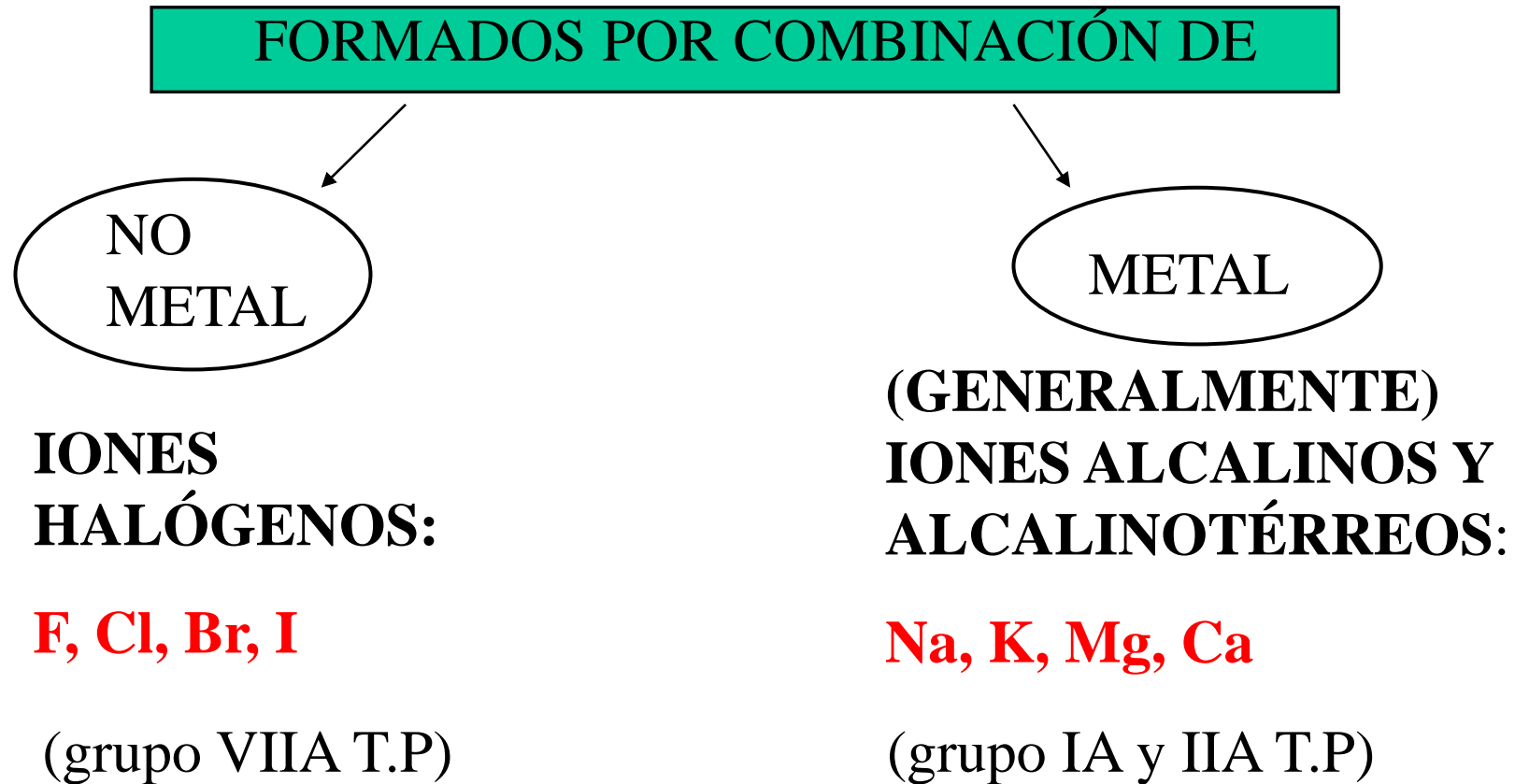


Haluros-carbonatos-sulfatos

Haluros

Estructura de los haluros



Estructura de los haluros

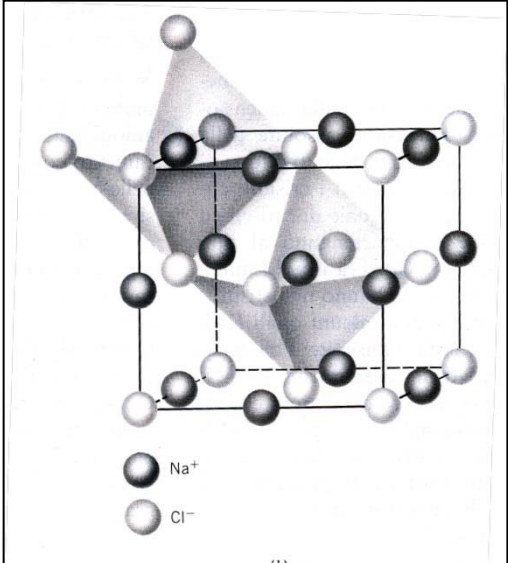
		Metal										Metaloide				No metal			
H																He			
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne		
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra	Ac-Lr																	

**IONES DE METALES
ALCALINOS Y
ALCALINOTÉRREOS**

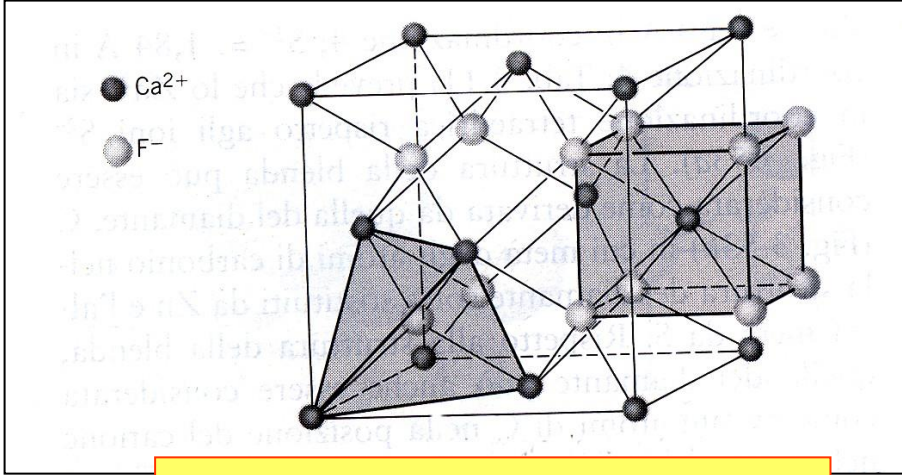
**IONES
HALÓGENOS**

Haluros

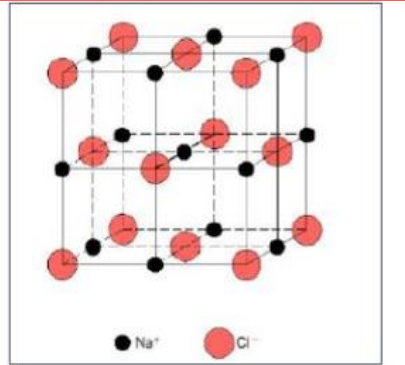
Estructuras típicas



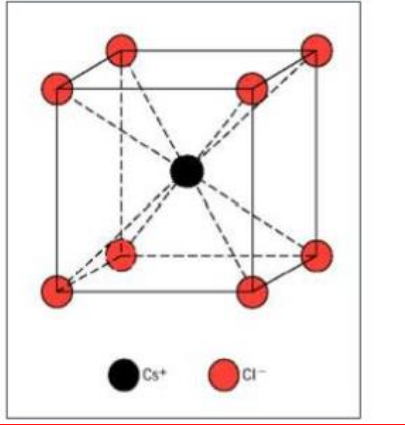
Halita NaCl Fm3m



Fluorita CaF₂ Fm3m



NaCl



CsCl

En dependencia del anión predominante se dividen en:
Cloruros (Cl⁻)
Bromuros (Br⁻)
Fluoruros (F⁻)
Ioduros (I⁻)

Minerales del grupo de los haluros

Haluros simples:

Halita	NaCl
Silvina	KCl
Clorargirita	AgCl
Fluorita	CaF ₂
Villiaumita	NaF

Haluros complejos:

Atacamita	Cu ₂ Cl(OH) ₃
Carnalita	KMgCl ₃ · 6H ₂ O.
Paratacamita	(Cu ²⁺) ₃ (Cu, Zn)(OH) ₆ Cl ₂
Weberita	Na ₂ MgAlF ₇
Ralstonita	NaMgAl(F,OH) ₆ · H ₂ O

Propiedades físicas generales de los Haluros

Colores claros

Típico enlace iónico

Excelentes conductores de la corriente eléctrica en estado de disolución

Haluros simples cristalizan en el sistema cúbico; haluros complejos en otros sistemas

Dureza baja

Temperatura de fusión moderada – elevada

Haluros

Halita NaCl cúbico H=2.5 Psp=2.2

Forma: Cristales cúbicos, muchas veces macizos y granulares



Propiedades De transparente a traslúcido, brillo vítreo, incoloro o blanco, raramente colorado, perfecta exfoliación cúbica. Sabor salado.

Origen: precipitado de aguas marinas en salinas, interestratificado en rocas sedimentarias de tipo evaporítico.

Usos: Industria química (HCl) y alimentación

Haluros



halita



Haluros

Silvina/silvita KCl cúbica H=2.0 P_{sp}=2 g/cm³

Forma: cristales cúbicos, muchas veces maclados según [100], a veces maciza.



Propiedades: De transparente a traslúcido, brillo vítreo, color muy variado, siendo los más comunes el blanco, amarillo claro y naranja. Raya blanca. Sabor amargo.

Origen: precipitado de aguas marinas en salinas, siendo el último nivel de las evaporitas (última sal en precipitar).

Usos: Fuente de K para industria química (fertilizantes)

Haluros

Fluorita CaF_2 cúbica H=4.0 Psp=3.2

Forma: cristales cúbicos, muchas veces maclados según [111], a veces octaédricos o cuboctaedros, a veces maciza



Propiedades: De transparente a traslúcido, brillo vítreo, color muy variado, siendo los más comunes el violáceo, el amarillo, y el verde.

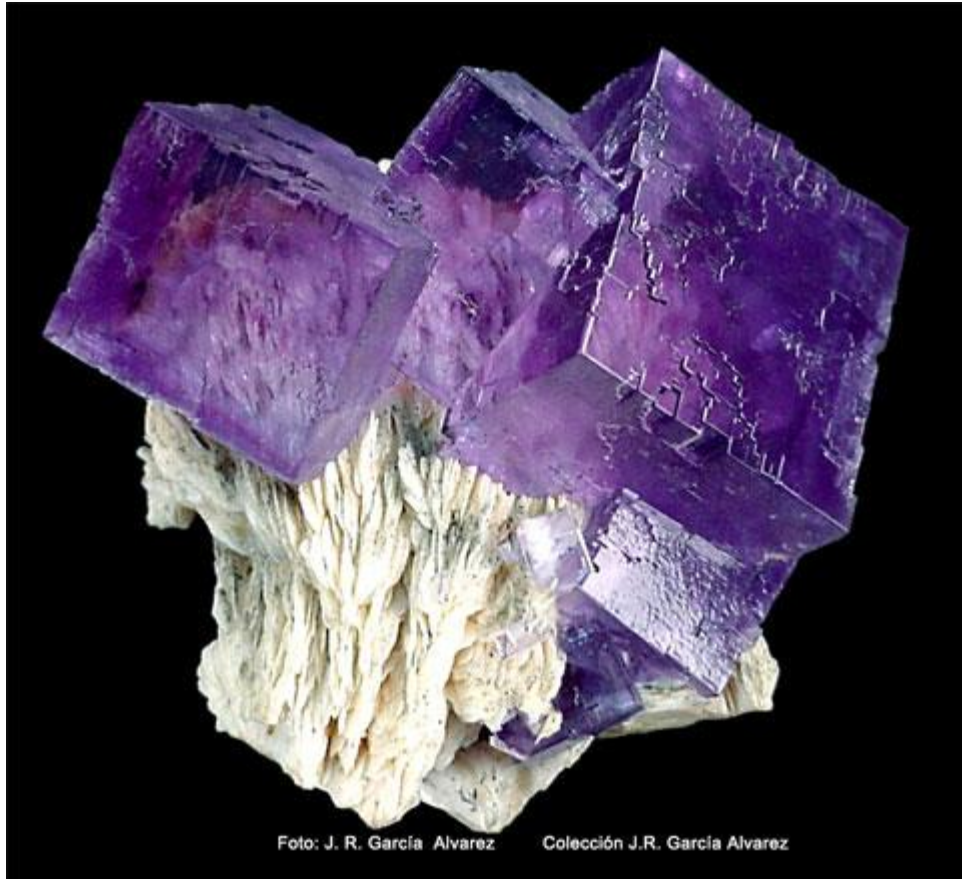
Química: Tierras raras pueden sustituir el Ca

Origen: Génesis hidrotermal al contacto con rocas carbonatadas, y en ciertas aplitas graníticas

Usos: Industria química (HF)

Haluros

fluorita



Haluros

Estos minerales son sales que forman los elementos halógenos



Halita o sal gema
NaCl
Cloruro sódico



Silvina
KCl
Cloruro potásico



Fluorita
CaF₂
Fluoruro de calcio

Clorargirita AgCl cúbica H=1.5-2.5 Psp=5.5-5.7 g/cm³

Forma: cristales cúbicos, no tiene exfoliación, color de la raya blanca a gris brillante.



Propiedades: Color gris, verde, amarillento, pardo, negruzco; se ennegrece por acción de la luz. Brillo adamantino, resinoso, mate. Séctil (puede cortarse con un cuchillo). Insoluble en agua.

Química: Composición: 76,26% de plata y 24,74% de Cloro. Impurezas: Iodo, Bromo, Mercurio y Plomo

Origen: En la zona de oxidación de minerales de plata, preferentemente en zonas áridas.

Usos: Mena de plata.

Haluros

clorargirita



Carnalita $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ rómbico $H=2.5$ $P_{sp}=1.60 \text{ g/cm}^3$

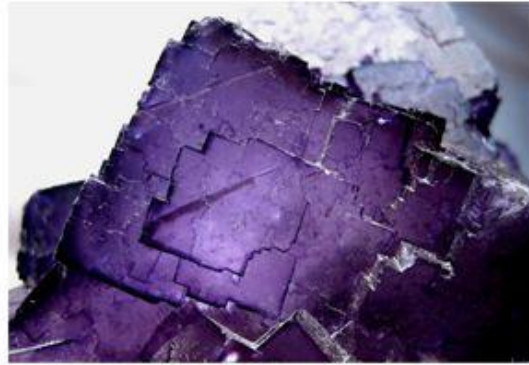
Forma: Cristales pseudo hexagonales, masivo.



Propiedades: Incoloro en estado puro; azul, rojo, blanco, amarillo. Brillo vítreo. Sabor amargo. Soluble en agua. Fosforescente.

Origen: precipitación por evaporación en salinas. Aparece junto a la silvina y halita.

Haluros



Fluorita



Halita



Carnalita



Atacamita

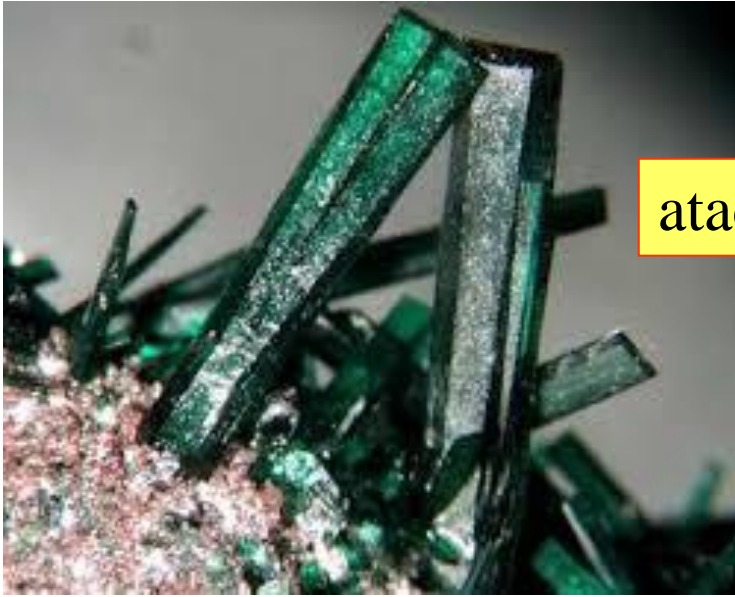
Atacamita $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ rómbico $H=3 - 3.5$ $P_{sp}=3.8 \text{ g/cm}^3$

Forma: Hábito fibroso o granular, con cristales bien formados



Propiedades: Color verde generalmente oscuro, amarillo. Raya verde. Brillo adamantino, soluble en ácido clorhídrico (sin efervescencia al contrario que malaquita).

Origen: Se forma a partir de la oxidación de los sulfuros primarios en clima árido desértico



atacamita



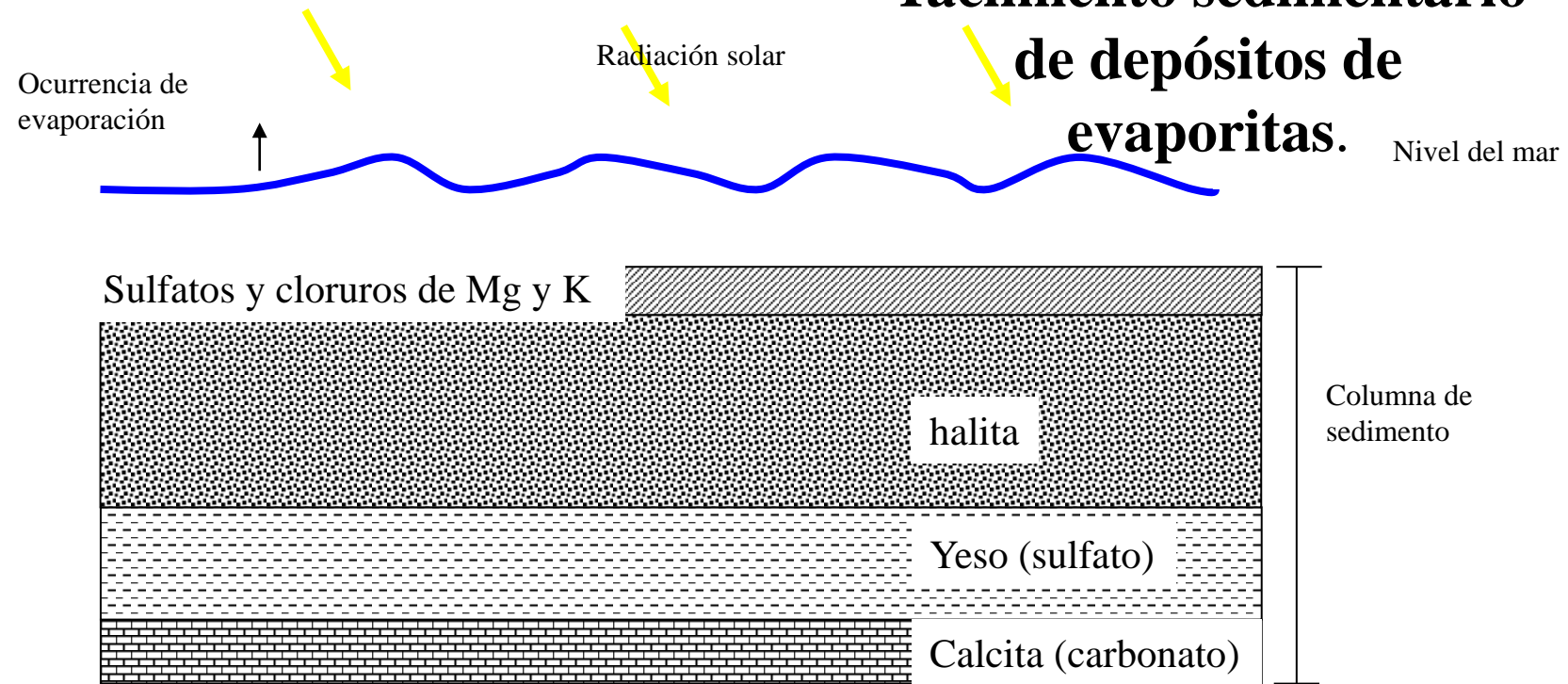
Génesis de los haluros


Con excepción de la fluorita y la clorargirita, la mayoría de los haluros se forman por precipitación por evaporación a partir de soluciones salinas.


La distinta solubilidad de cada haluro hace que cristalicen en una secuencia: en el fondo los más insolubles, y en la parte superior los más solubles.

Condiciones geológicas


Yacimiento sedimentario de depósitos de evaporitas.



 Depósitos de calcita. Se reduce el agua de mar a la mitad por vaporización

 Depósitos de yeso. Reducción del volumen de agua a un quinto del original.

 Depósitos de halita. Volumen reducido a un décimo del original.

 Sulfatos y cloruros de Mg y K. Para la génesis de estas sales es necesario una sequedad completa.

Génesis de los haluros

La fluorita se forma por alteración hidrotermal de rocas preexistentes, generalmente carbonatos (yacimientos tipo Mississippi Valley).

Suele estar asociada a mineralizaciones de plomo-zinc.



Fluoritas de Berbes, Asturias (España).

Carbonatos

Grupo de los carbonatos

Clase caracterizada por tener el grupo aniónico $[\text{CO}_3]^{2-}$ (C en coordinación triangular con el oxígeno dentro del grupo; el grupo $[\text{CO}_3]^{2-}$ en coordinación octaédrica con los cationes). Los carbonatos se dividen en :

- **trigonales** (serie de la calcita y dolomita)
- **rómbicos** (serie del aragonito)
- **monoclínicos** (carbonatos de Cu, hidratados)

GRUPOS

De la Calcita

- Calcita CaCO_3
- Magnesita MgCO_3
- Siderita FeCO_3
- Rodocrosita MnCO_3
- Smithsonita ZnCO_3

Del Aragonito

- Aragonito CaCO_3
- Witherita BaCO_3
- Estroncianita SrCO_3
- Cerusita PbCO_3

De la Dolomita

- Dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- Ankerita $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$
- Malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
- Azurita $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Grupo de los carbonatos



Witherita

Cerusita



Rodocrosita

Estroncianita



Smithsonita

Carbonatos trigonales

Hacen parte de este grupo los carbonatos trigonales de:

- la serie de la calcita (carbonatos simples \rightarrow MeCO_3)
- la serie de la dolomita [carbonatos dobles \rightarrow $\text{Me}_1 \text{Me}_2$
 $(\text{CO}_3)_2$]

Me: metal

Carbonatos trigonales: serie de la calcita

Calcita CaCO_3 trigonal H=3.0 Psp=2.7

Forma: Cristales escalenoédricos, romboédricos y prismáticos, a veces masiva y granular



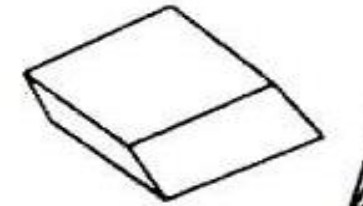
Propiedades: Color de incoloro transparente (Espato de Islandia) a blanco, rojo, amarillo, verde, morado, etc., cuando contiene alguna impureza. Raya blanca, brillo vítreo. Exfoliación romboédrica perfecta. Reacciona fuertemente al HCl.

Química: Solución sólida completa entre rodocrosita (Mn) y parcial con siderita (Fe) y magnesita (Mg)

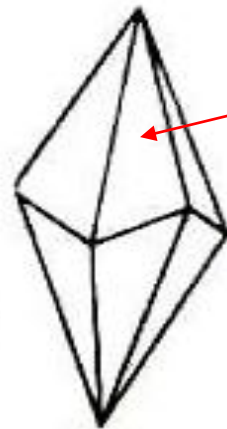
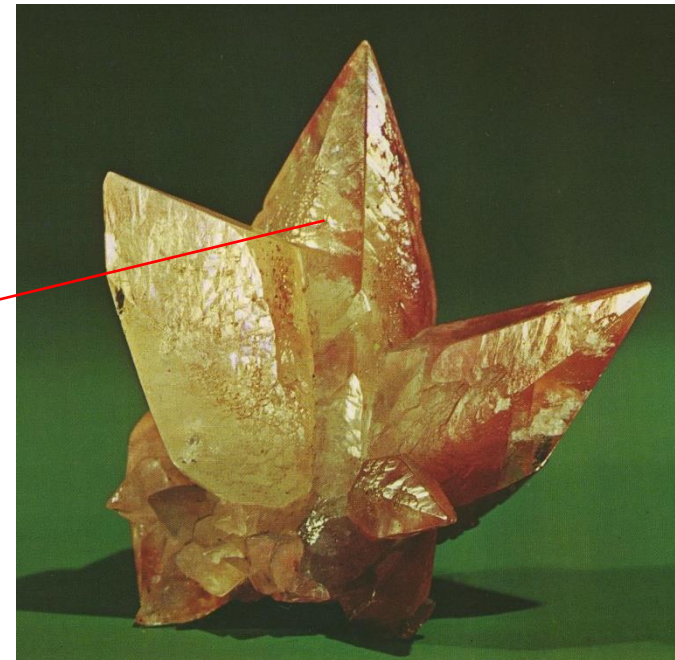
Origen: Génesis prevalentemente sedimentaria, pero también metamórfica y, más raro, magmática.

Usos: Producción de cemento y cal, industria química y piedras ornamentales (caliza, mármol).

Calcita

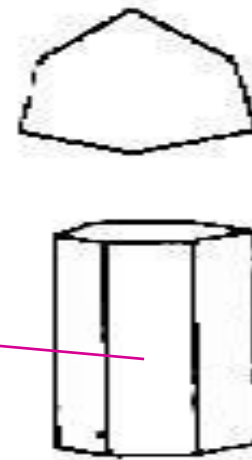


Romboedro



escalenoedro

Calcita



Prisma ditrigonal
y pinacoide

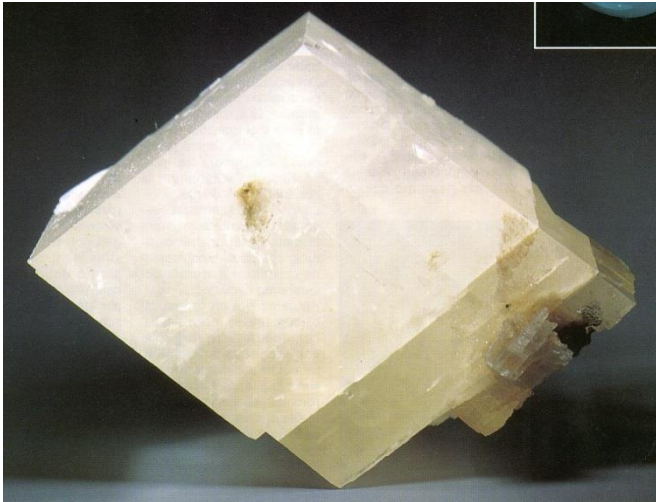
Calcita



Carbonatos trigonales: serie de la calcita

Magnesita MgCO_3 trigonal H=3.5 Psp=3.1

Forma: cristales romboédricos, más común en masas microcristalinas



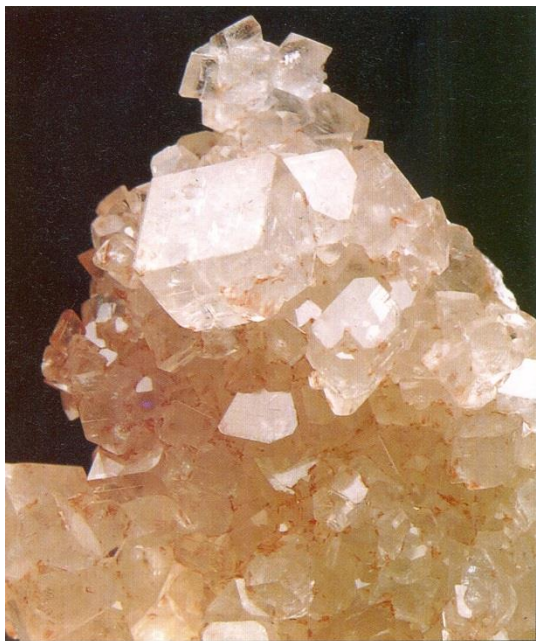
Propiedades: De transparente a traslúcida, brillo vítreo, color muy variable, generalmente blanco, gris, amarillo, pardo, exfoliación romboédrica perfecta. Reacciona débilmente al HCl.

Química: Solución sólida completa con siderita (Fe) e parcial con rodocrosita (Mn) y calcita (Ca)

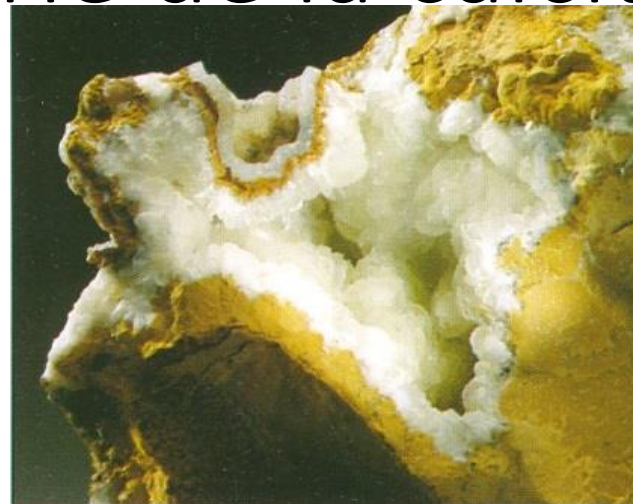
Origen: Alteración de rocas magnesianas (serpentinatas y peridotitas) o por precipitación primaria.

Usos: Producción de materiales refractarios y magnesia

Carbonatos trigonales: serie de la calcita



magnesita



Carbonatos trigonales: serie de la calcita

siderita FeCO_3 trigonal H=3.5-4.0 Psp=4.0

Forma: Cristales romboédricos, masivos, mamelonares, terrosa



Propiedades: de transparente a traslúcida, brillo vítreo, color de pardo claro a pardo oscuro, exfoliación romboédrica perfecta. Reacciona débilmente al HCl.

Química: Solución sólida completa con magnesita (Mg) y rodocrosita (Mn) y parcial con calcita (Ca)

Origen: Génesis sedimentaria asociadas a arcillas, circulación de soluciones ferrosas en calizas

Usos: Extracción de Fe

Carbonatos trigonales: serie de la calcita



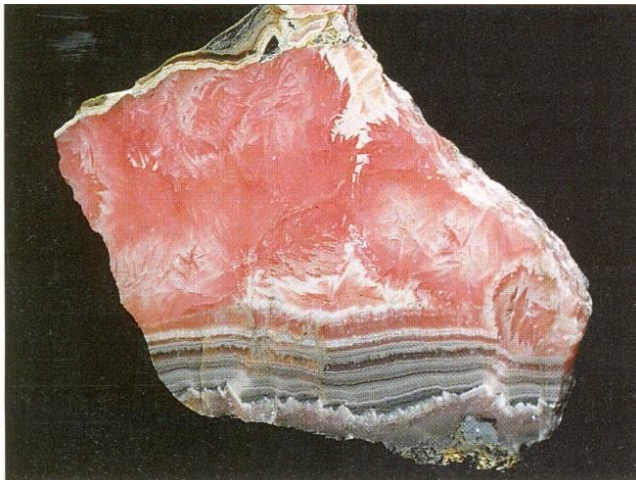
siderita



Carbonatos trigonales: serie de la calcita

Rodocrosita MnCO_3 trigonal H=3.5-4.0 Psp=3.6

Forma: Raramente en cristales romboédricos, generalmente granular



Propiedades: de transparente a traslúcida, brillo vítreo, color rosado y raya blanca, exfoliación romboédrica perfecta.

Química: Solución sólida completa con siderita (Fe) y parcial con calcita (Ca)

Origen: Génesis hidrotermal

Usos: Extracción de Mn, piedra ornamental (gema)

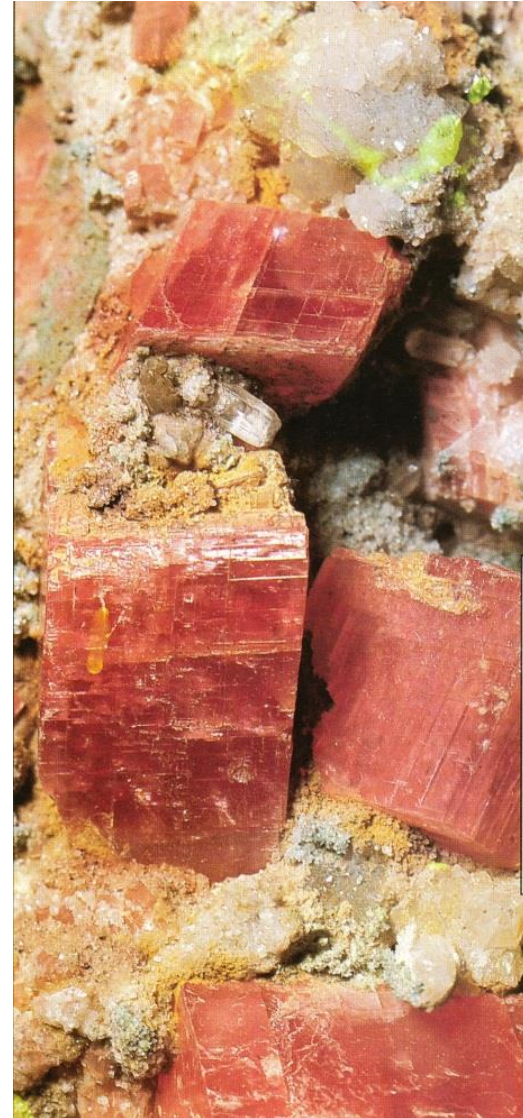
Carbonatos trigonales: serie de la calcita



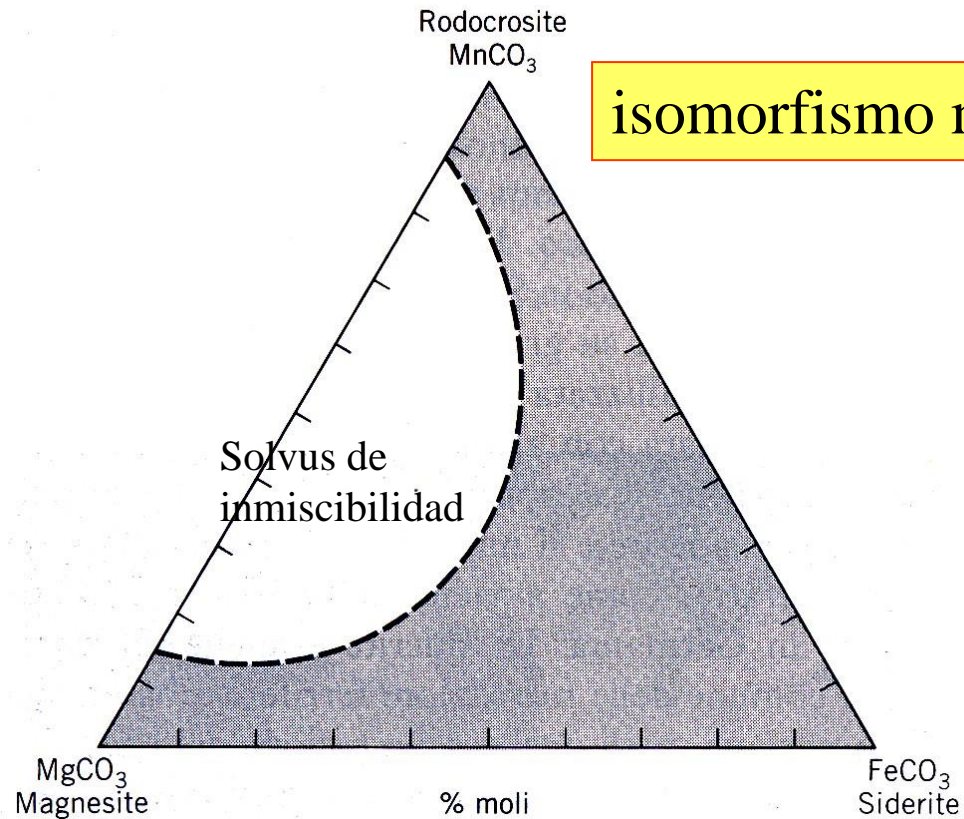
rodocrosita



gema



Carbonatos trigonales: serie de la calcita



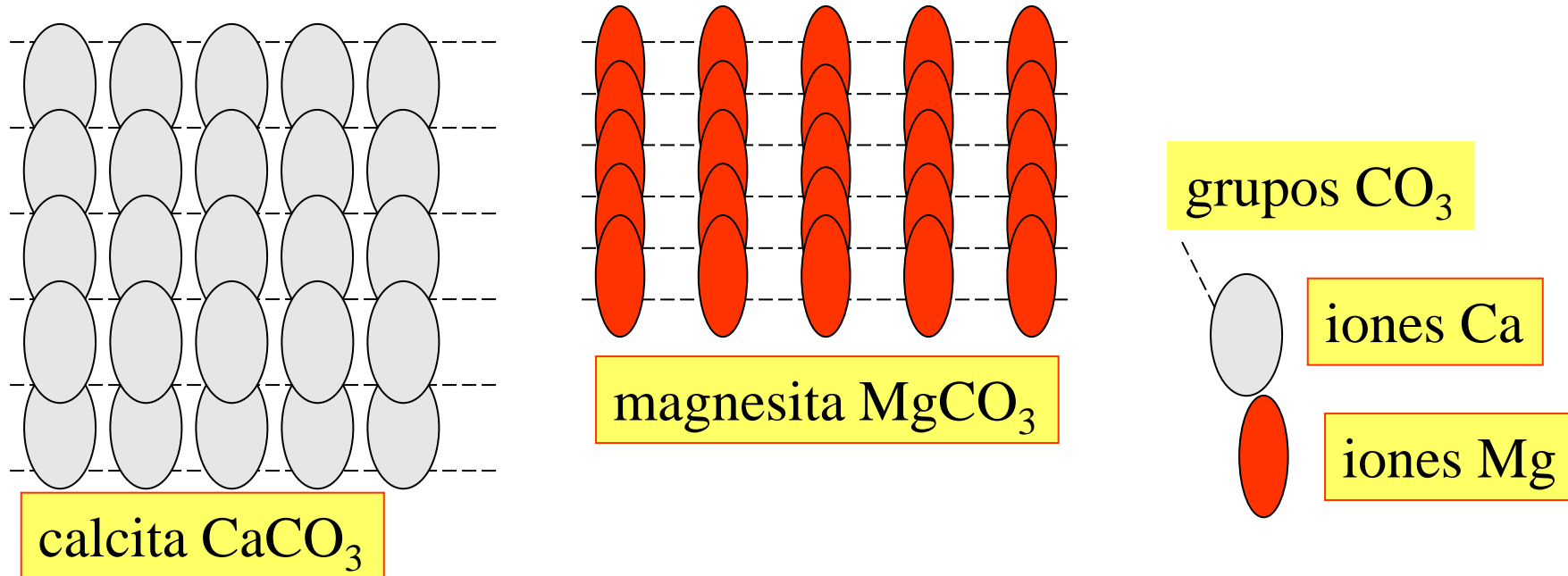
isomorfismo magnesita-siderita-rodocrosita

Carbonatos trigonales: serie de la dolomita

La dolomita es un carbonato doble de Ca y Mg; en la estructura de los carbonatos de la serie de la calcita, los iones Ca y Mg, debido a sus diferentes radios iónicos, pueden sustituirse solamente de manera parcial y a temperatura elevada.

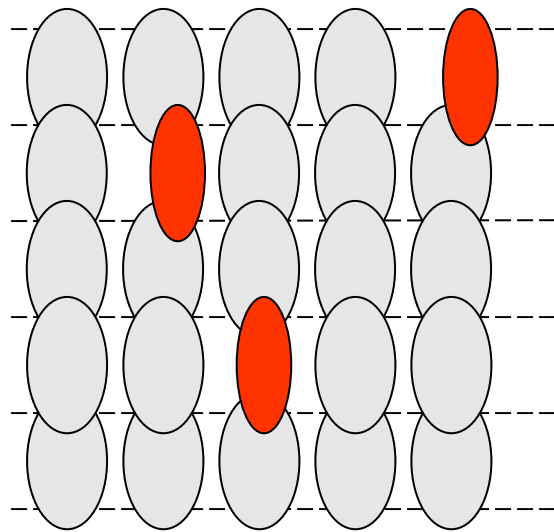
Composiciones con 50% de CaCO_3 y 50% de MgCO_3 permite formar dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, una estructura en la cual Ca y Mg se ordenan en dos sitios estructurales diferentes.

Carbonatos trigonales: serie de la dolomita



Radio*s* i*o*n*i*c*o*s muy diferentes

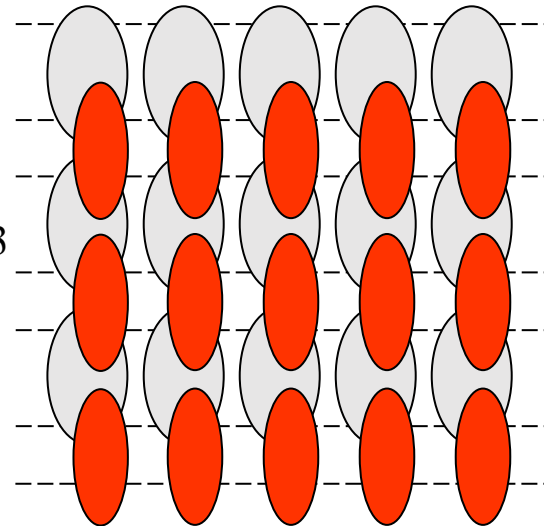
Carbonatos trigonales: serie de la dolomita



calcita magnesífera
 $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$

Sustitución
parcial

grupos CO_3



dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$



iones Ca

iones Mg

Carbonatos trigonales: serie de la dolomite

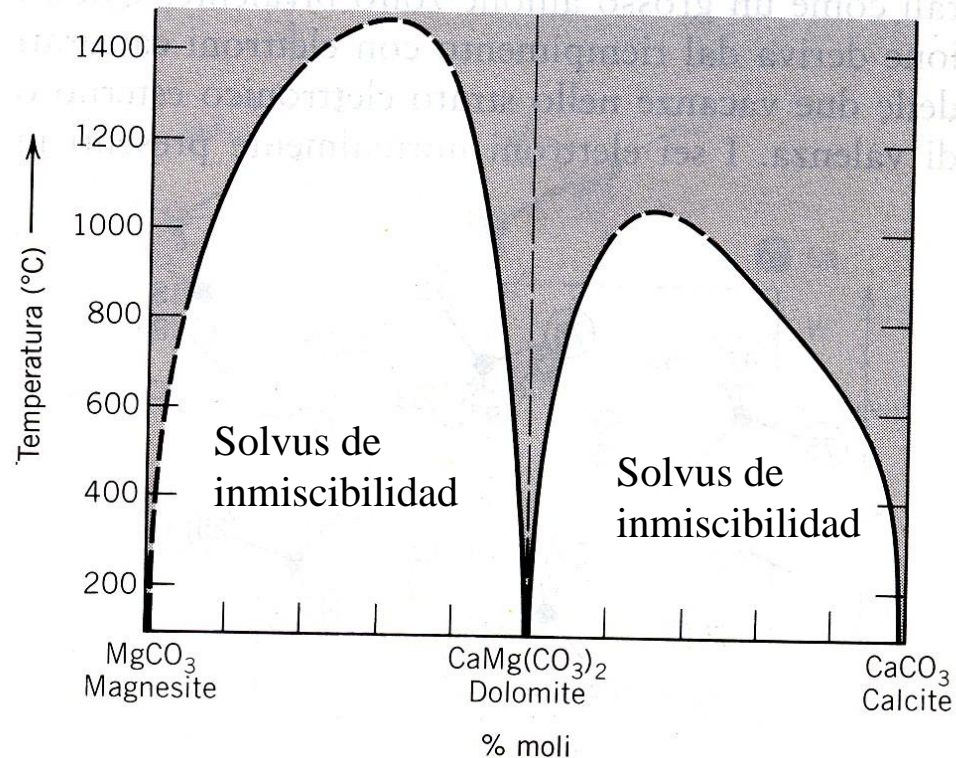


diagrama de fase de la dolomita

Carbonatos trigonales: serie de la dolomita

dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ trigonal H=3.5-4.0 Psp=2.8

Forma: Cristales romboédricos, muchas veces con caras curvas, masiva compacta o granular



Propiedades: de transparente a traslúcida, brillo de vítreo a nacarado. Color variable de incoloro a blanco, rosado, pardo, amarillo, gris, raya blanca, exfoliación romboédrica perfecta. Reacciona débilmente al HCl.

Origen: Se forma en cuencas sedimentarias marinas y continentales. De origen hidrotermal, por metasomatismo magnésico de calizas.

Nombre: En honor del químico francés *Dolomieu*

Usos: Producción de cementos, magnesia para refractarios

Carbonatos trigonales: serie de la dolomita



dolomita

Carbonatos trigonales: serie de la dolomita

Ankerita $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$ trigonal H=3.5-4 Psp=3-3.1

Forma: Cristales romboédricos, masiva compacta o granular



Propiedades: de transparente a traslúcida, brillo de vítreo a nacarado. Color variable de incoloro a blanco, gris, marrón, ocre. Raya blanca, exfoliación romboédrica perfecta. Reacciona débilmente al HCl.

Origen: Se forma en rocas ricas en hierro como ironstones, banded iron formations, por origen sedimentario o hidrotermal.

Química: forma parte de la serie dolomita-ankerita-siderita.

Nombre: En honor del mineralogista austríaco Matthias Joseph Anker.

Carbonates

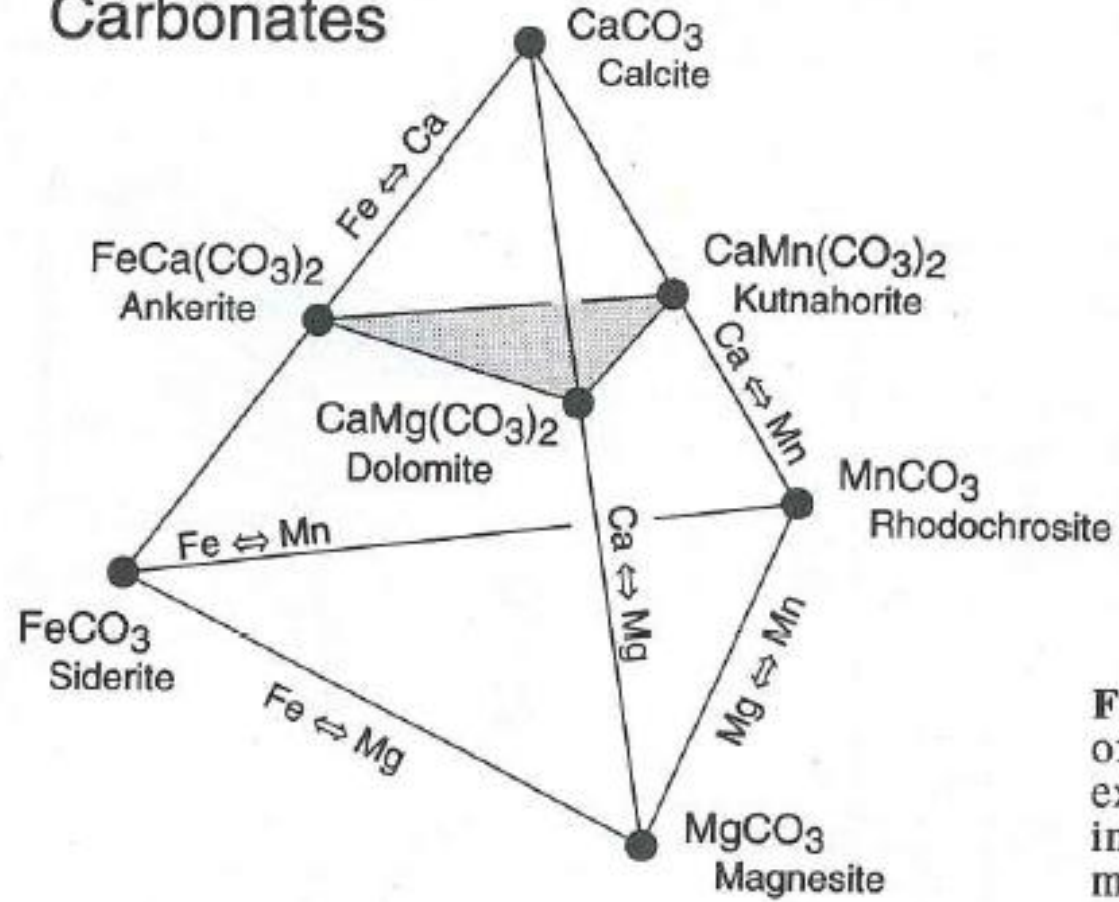


Figure of 1
exch
imp
min

Carbonatos rómbicos

Hacen parte de estos carbonatos los de la serie del aragonito (carbonatos simples \rightarrow MeCO_3)

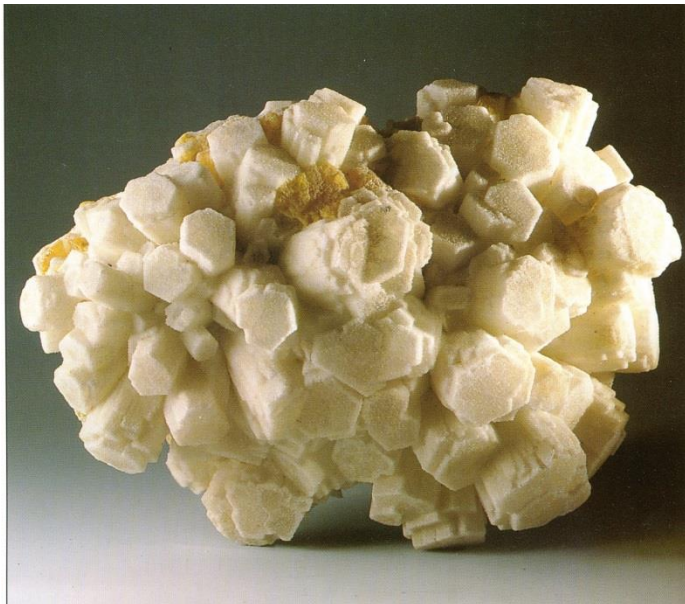
Los carbonatos de esta serie contienen metales con radio iónico \geq radio iónico del Ca (cerca 1.00 Å) (Pmcn)

El aragonito es el polimorfo de la calcita

Carbonatos rómbicos

Aragonito CaCO_3 rómbica H=3.5-4.0 Psp=2.9

Forma: Cristales prismáticos elongados y bipiramidales, a veces rayados, muchas veces con maclas cíclicas pseudo-hexagonales (110), también masiva.



Propiedades: de transparente a traslúcida, brillo vítreo, de incoloro a blanco, amarillento pardo, rosado, exfoliación tabular

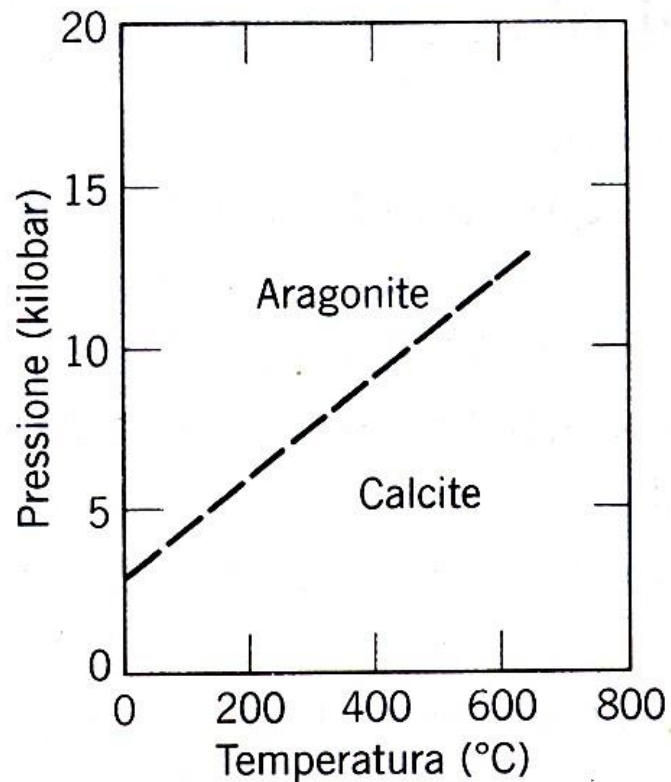
Química: solución sólida parcial con estroncianita (Sr) y cerusita (Pb)

Origen: Polimorfo de la calcita, generalmente a presiones mayores que la calcita, pero también en condiciones de baja presión y baja temperatura.

Nombre: De la región de Aragón (España)

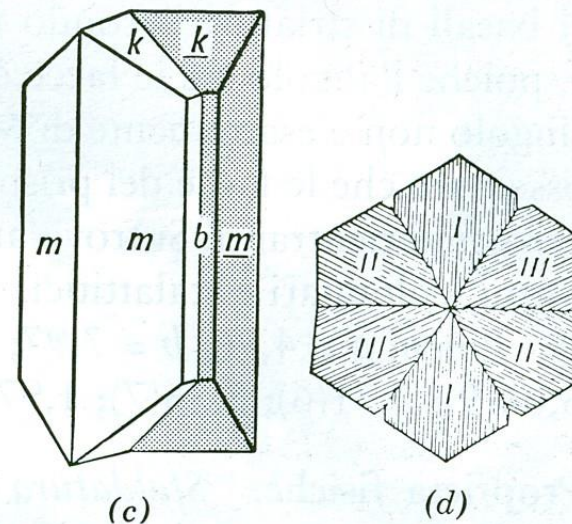
Carbonatos rómbicos

diagrama de fase de calcita-aragonito



El aragonito puede encontrarse formando estalactitas en cuevas. También puede localizarse en rocas metamórficas o en rocas sedimentarias de los fondos oceánicos, así como en los esqueletos de muchos organismos marinos vivos o recientemente fosilizados. Además, es común en zonas oxidadas de yacimientos metálicos.

Maclas de aragonito



Carbonatos rómbicos

aragonito



Las maclas cíclicas generalmente constituyen un criterio de identificación para este mineral.

Carbonatos rómbicos

aragonito



Carbonatos rómbicos

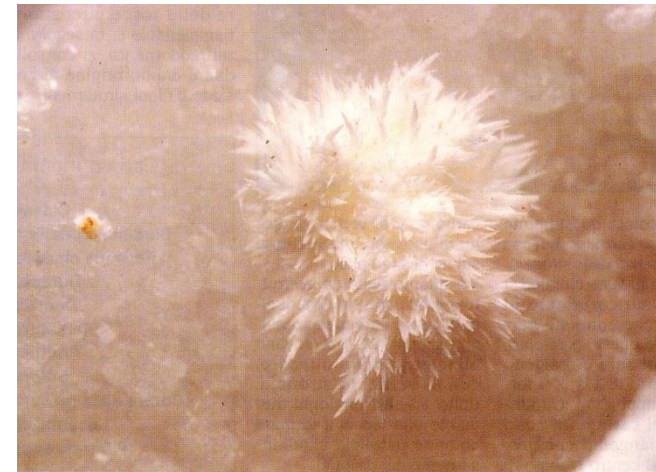
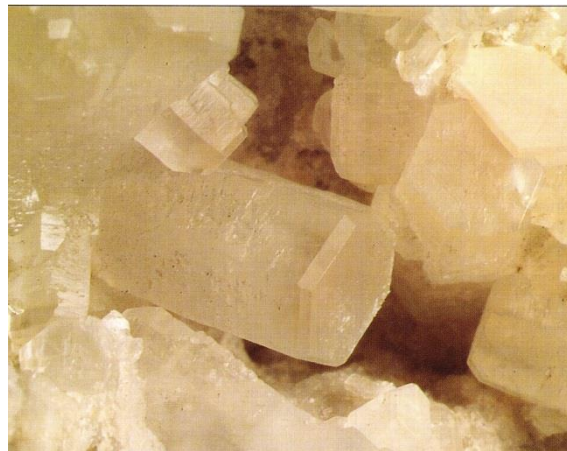
Estroncianita SrCO_3 rómbica

H=3.5-4.0

Psp=3.8



estroncianita



Carbonatos rómbicos

Cerusita PbCO_3 rómbica

H=3.0-3.5

$P_{sp}=6.6$



cerusita



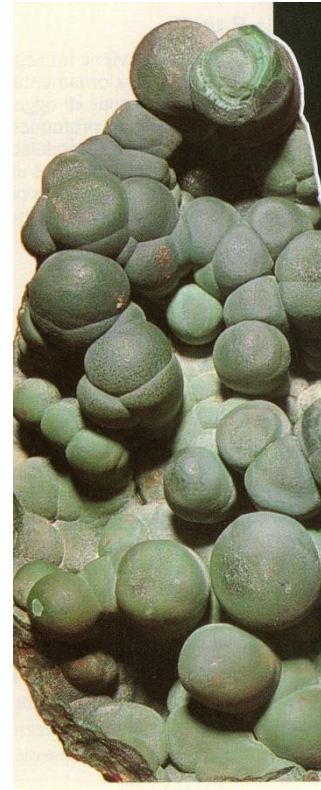
Carbonatos de cobre

Malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ monoclinica H=3.5-4.0 Psp=4.0



malaquita

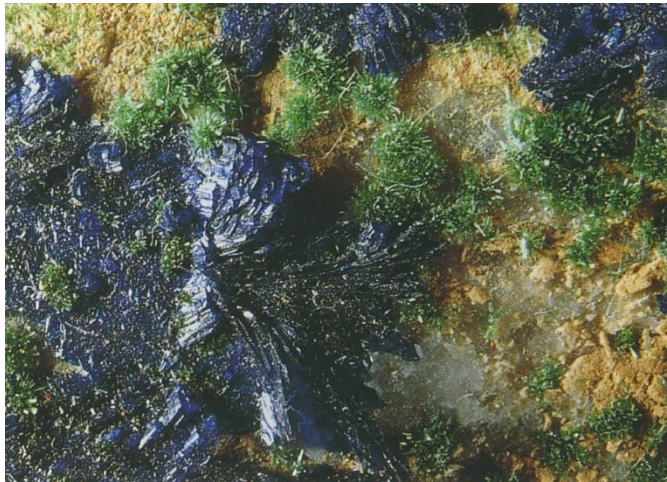
Color verde brillante, raya verde



Muchas veces pseudomorfa sobre azurita

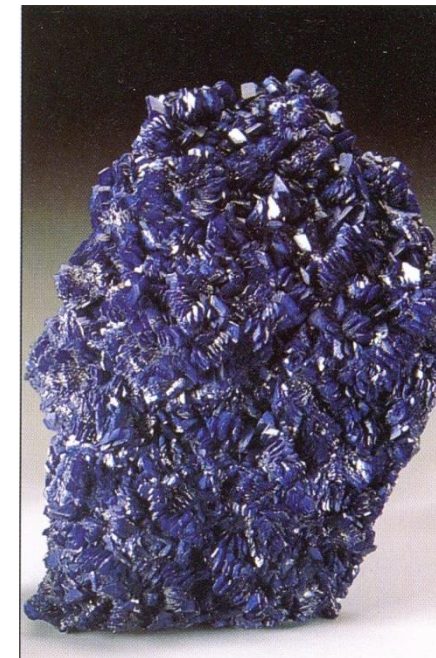
Carbonatos de cobre

Azurita $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ monoclinica H=3.5-4.0 Psp=3.8



azurita

Color azul, raya azul

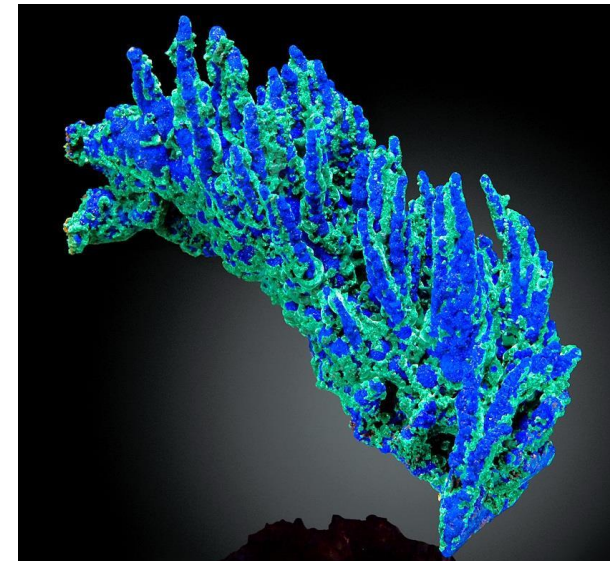


Muchas veces pseudomorfa sobre malaquita

Carbonatos de cobre



Azurita y
malaquita

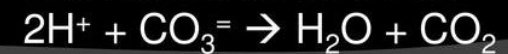


Criterios de identificación de los carbonatos

- Reaccionan con HCl (en frío y en caliente)
- Generalmente colores claros
- Minerales formados por precipitación química o producto de alteración de minerales primarios (ejemplo sulfuros)
- Dureza moderada
- Solubles en agua

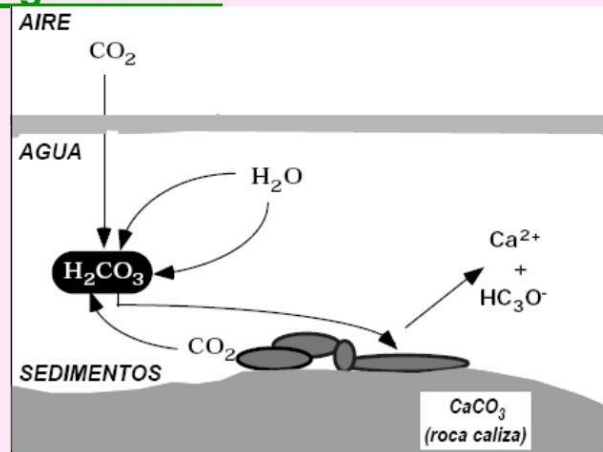
Diagnóstico común

Efervescencia en ácido:

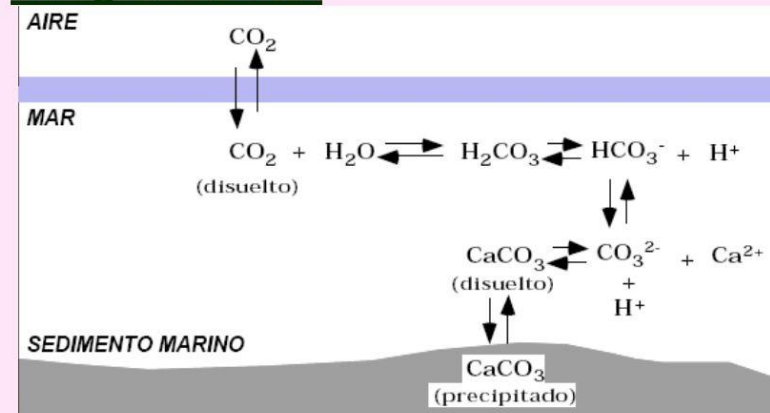


Origen de los carbonatos

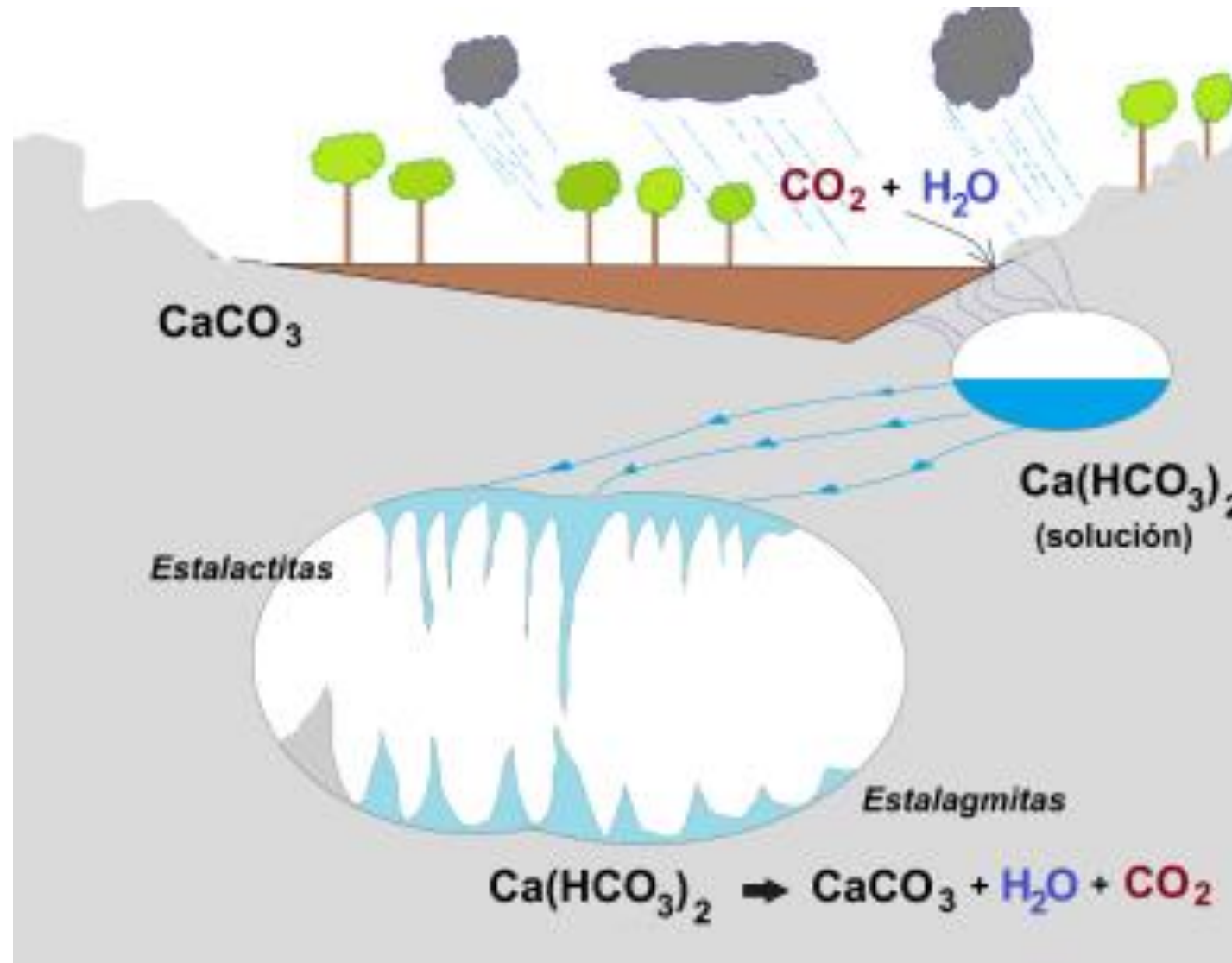
- Origen de carbonatos y bicarbonatos en agua dulce:



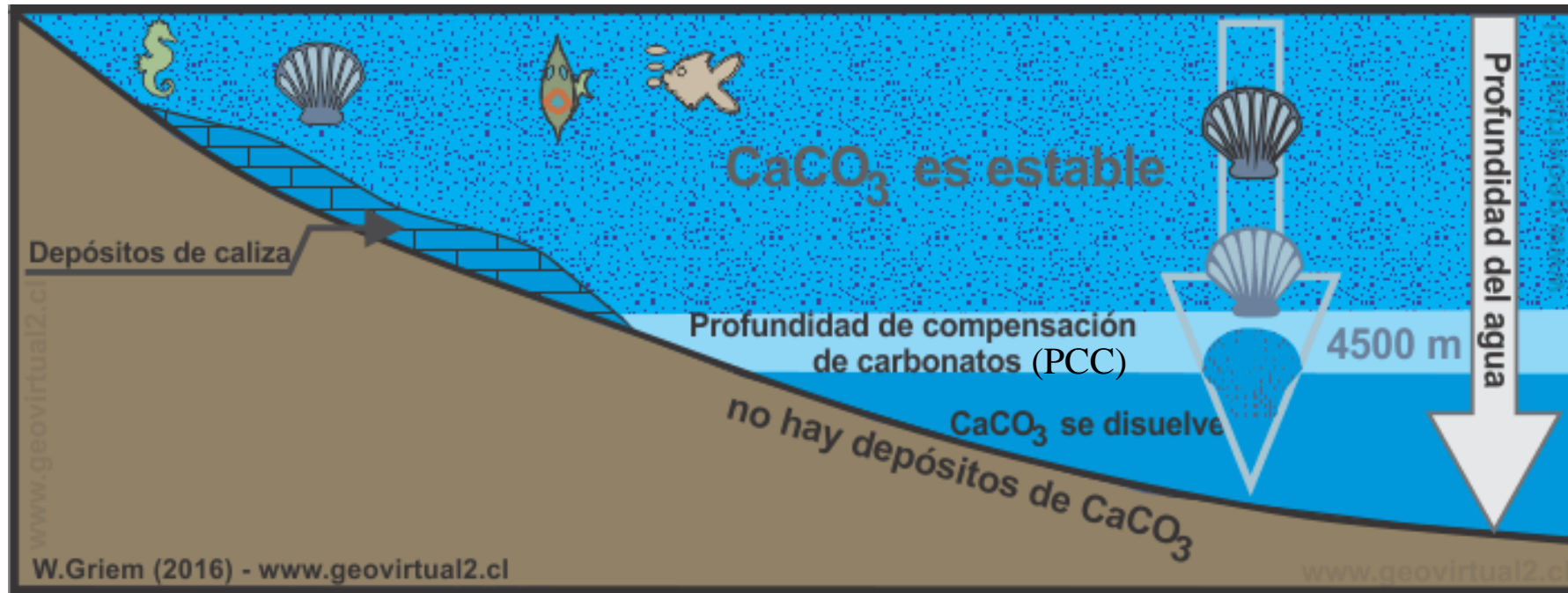
- Origen de carbonatos y bicarbonatos en agua de mar:



Formación de estalactitas y estalagmitas en cuevas



Abajo de la PCC, el agua tiene más CO_2 lo cual resulta en más ácido carbónico que disuelve al carbonato



en el mar..	temperatura	pH	presión	CO_2
se disuelve Ca	bajas	ácido	alta	mayor
se precipita Ca	altas	básico	baja	menor

Sulfatos

Minerales del grupo de los óxidos

Sulfatos anhidros:

Grupo de la baritina:

Baritina BaSO_4

Celestina SrSO_4

Anglesita PbSO_4

Anhidrita CaSO_4

Sulfatos hidratados:

Yeso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Calcantita $\text{Cu}^{2+}\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

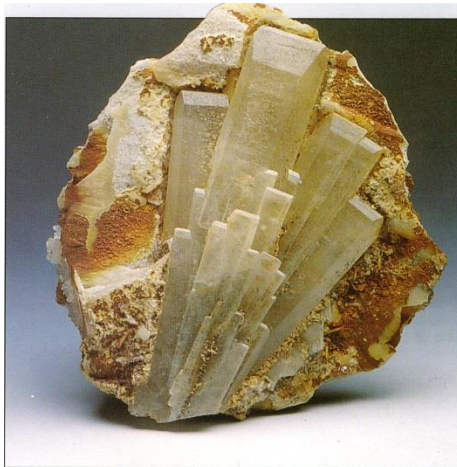
Generalidades de los sulfatos

- Baja simetría
- Relativamente blandos
- Peso específico variable según el catión principal
- Solubles en agua excepto los que contienen cationes grandes (Ba, Pb, Sr)
- Se forman por procesos sedimentarios o por alteración de minerales primarios como los sulfuros.

Sulfatos anhidros

Baritina BaSO_4 rómbica $H=3.0-3.5$ $P_{sp}=4.5$

Forma: En cristales tabulares o prismáticos, también en forma granular o terrosa



Propiedades: De transparente a traslúcida, brillo de vítreo a nacarado, incoloro, blanca, o azul débil, amarillo, rojo, raya blanca, exfoliación tabular perfecta y prismática buena.

Química: Solución sólida completa con celestina (Sr)

Origen: Génesis hidrotermal, ganga de muchas menas metálicas, especialmente de Pb. También como cemento de muchas areniscas.

Nombre: Del griego βαρυς (pesado) debido al peso específico elevado

Usos: Perforaciones petroleras para mantener las paredes de los pozos, extracción de Ba, industria del papel, pinturas.

Sulfatos anhidros



baritina

Sulfatos anhidros

Celestina SrSO_4 rómbica H=3.0-3.5 Psp=4.0

Forma: En cristales tabulares o prismáticos, también en forma granular o fibrosa



Propiedades: De transparente a traslúcida, brillo de vítreo a nacarado, incoloro, blanca, azul, o rojo debil, raya blanca, exfoliación tabular perfecta y prismática buena

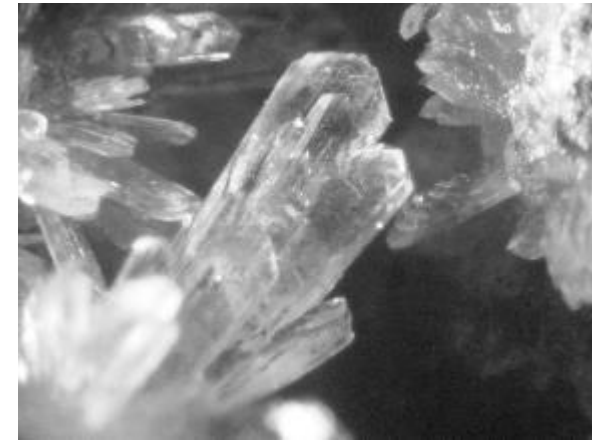
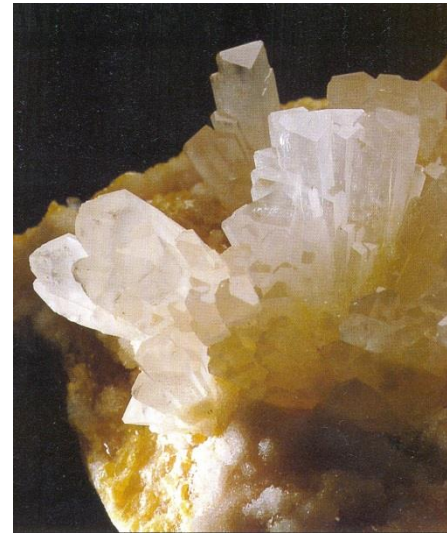
Química: Solución sólida completa con Baritina (Ba)

Origen: Génesis sedimentaria o hidrotermal, ganga de muchas menas metálicas

Nombre: Desde el latín *caelestis*, debido al color azul

Usos: mena de Sr, se usa para preparación del nitrato de estroncio, usado como trazador

Sulfatos anhidros



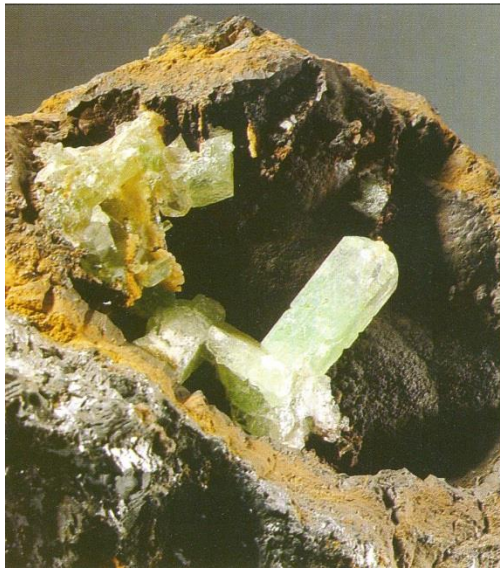
celestina



Sulfatos anhidros

Anglesita PbSO_4 rombica H=3.0 Psp=6.3

Forma: En cristales tabulares o prismáticos, también en forma granular o o terrosa



Propiedades: De transparente a traslúcida, brillo adamantino, incoloro o colorada, raya blanca, exfoliación tabular perfecta y prismática buena.

Origen: Génesis por oxidación de yacimientos superficiales de PbS

Nombre: Desde la isla de *Anglesey* (Gales)

Usos: Extracción de Pb

Sulfatos anhidros



anglesita



Sulfatos anhidros

Anhidrita CaSO_4 rómbica H=3.0-3.5 Psp=3.9

Forma: Raramente en cristales tabulares o prismáticos, generalmente maciza o granular



Propiedades: De transparente a traslúcida, brillo de vítreo a nacarado, incoloro, blanca, violeta, pardo o amarillo, raya blanca exfoliación tabular perfecta. Puede alterar en yeso por hidratación, con incremento de volumen.

Origen: Génesis evaporítica

Uso: Industria de cementos

Sulfatos anhidros



anhidrita



Sulfatos hidratados

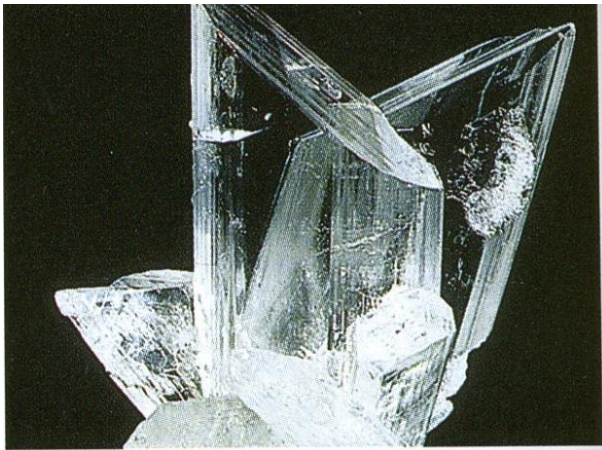
Son sulfatos que contienen moléculas de agua: $\text{MeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
(donde n es un número entero).

Tiene mucha importancia el yeso: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, monoclinico.

Sulfatos hidratados

Yeso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ monoclinico H=2.0 Psp=2.3

Forma: En cristales tabulares, muchas veces con maclas según (100), a veces macizo o granular



Propiedades: De transparente a traslúcido, brillo de vítreo a nacarado, incoloro o en varios colores, raya blanca, exfoliación tabular perfecta. Se raya con la uña.

Origen: Tiene origen sedimentario en conexión con rocas calcáreas y arcillas, principalmente. Depósitos evaporíticos asociados a antiguos mares o lagos salados. Como producto de hidratación de la anhidrita.

Uso: Producción de yeso, fertilizantes, piedra ornamental (variedad alabastro)

Sulfatos hidratados

Proceso de producción de yeso para construcción

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ deshidratación parcial a $60^\circ\text{C} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$

$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ reducido en polvo, fácil de hidratar otra vez.

Variedades de yeso (diferente hábito)



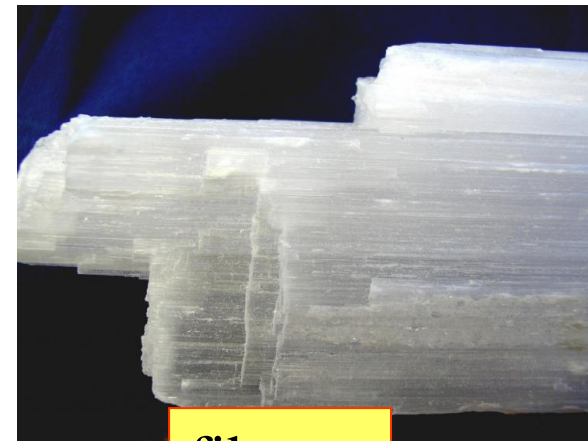
Rosa del desierto



acicular



selenita



fibroso



Museo de Qatar en Doha, cuyo diseño está basado en la rosa del desierto



Macla en flecha del yeso



Criterio de identificación del mineral junto a la baja dureza (2)

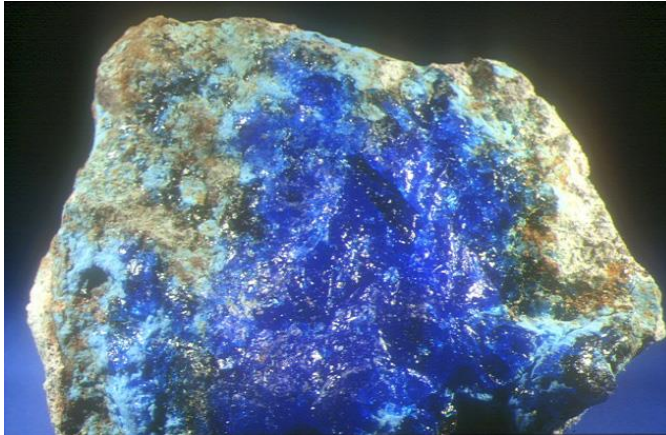
Calcantita

$\text{Cu}^{2+}\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ triclínico

H=2.5

Psp=2.5

Forma: Habitualmente estalactítico, incrustado, reniforme o masivo.



Propiedades: Color azul, raya blanca, brillo vítreo

Química: Contiene 31.40% de CuO, 32.13% de SO_3 , 0.76% de Fe_2O_3 y 35.90% de H_2O . Mineral soluble en agua.

Origen: Producto de alteración de calcopirita y otros minerales de cobre.

Uso: Se emplea en química como antiséptico, así como en la fabricación de pilas y en tintes.



Origen de los sulfatos

Condiciones de formación de los sulfatos

Normalmente los sulfatos que presentan cationes alcalinotérreos o alcalinos se forman a partir de procesos sedimentarios. El resto de sulfatos se forman a partir de una alteración superficial de los sulfuros metálicos, en zonas poco profundas de la superficie o en la superficie terrestre, por oxidación.