

Goethita (FeO.OH)



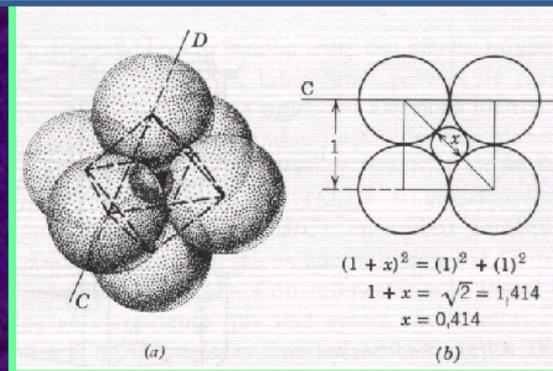
Rutilo (TiO_2)

IV - OXIDOS E HIDROXIDOS

Minerales en los que se asocian el O y OH con cationes metálicos o semimetálicos variados



Pirolusita (MnO_2)



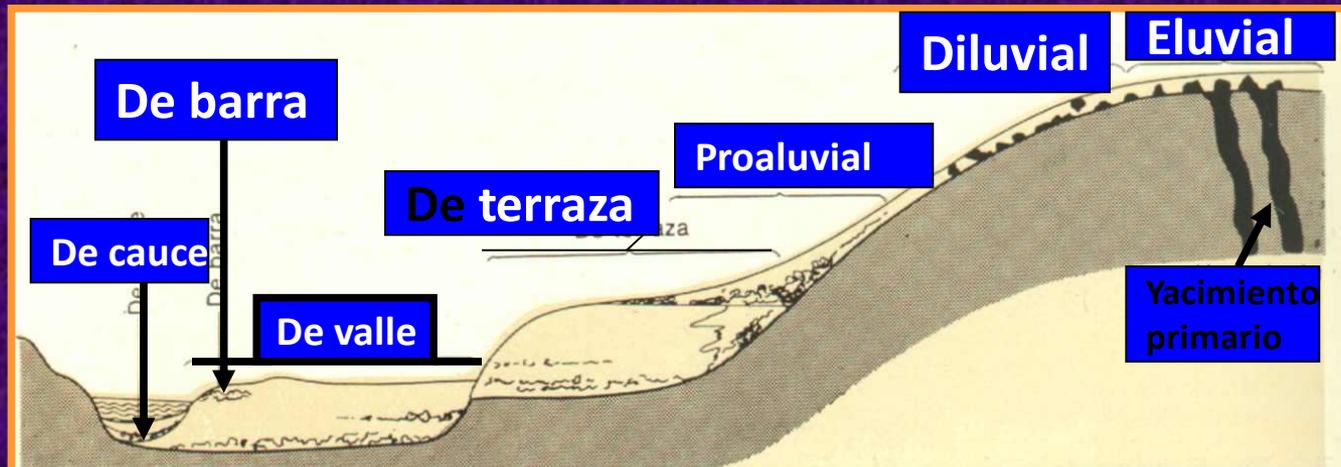
Magnetita (Fe_3O_4)

La masa fundamental de los distintos óxidos e hidróxidos se encuentran en las capas superiores de la corteza terrestre en el límite con la atmósfera que contiene **oxígeno libre**, aunque muchos óxidos se encuentran como accesorios menores (espinelos) de rocas del manto terrestre.

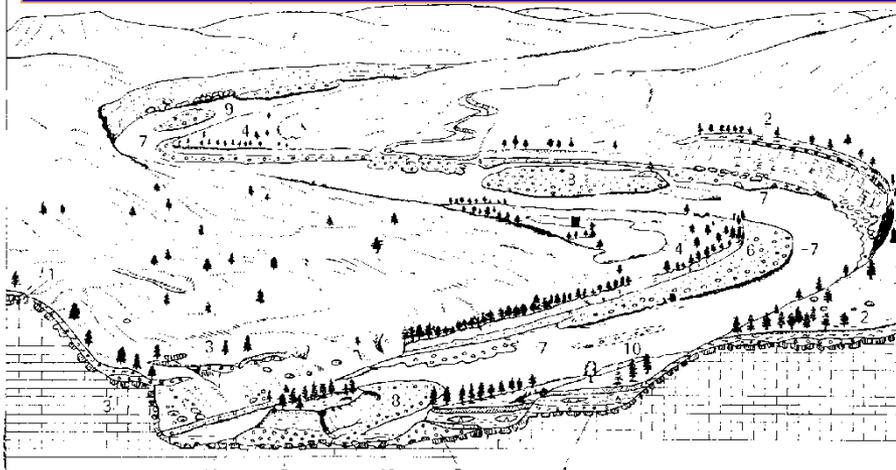
La profundidad de penetración intensa del oxígeno libre en la corteza terrestre se ve controlada en la mayoría de los casos por el nivel de las aguas freáticas.

Además del oxígeno libre del aire tiene mucha importancia las **aguas pluviales** que se filtran arrastrando el oxígeno y el CO_2 que llevan disuelto

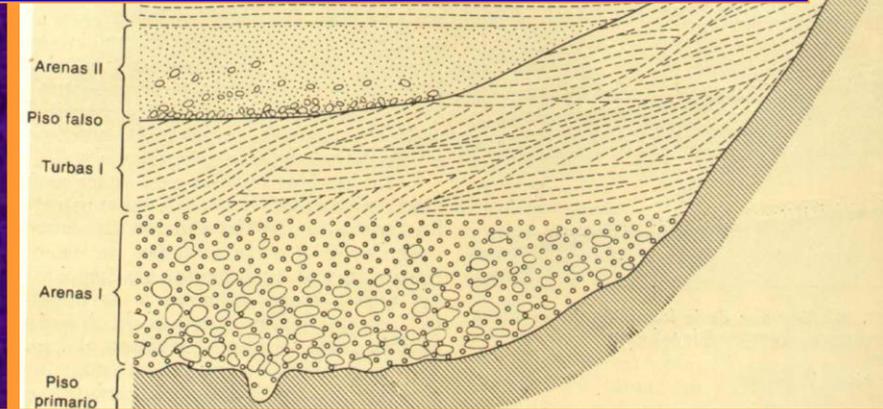
LOS CONGLOMERADOS SE ASOCIAN CON DEPÓSITOS DE PLACERES



Esquema de distribución de placeres de distintas clases, en la sección transversal del valle fluvial



Esquema geomorfológico de de un valle



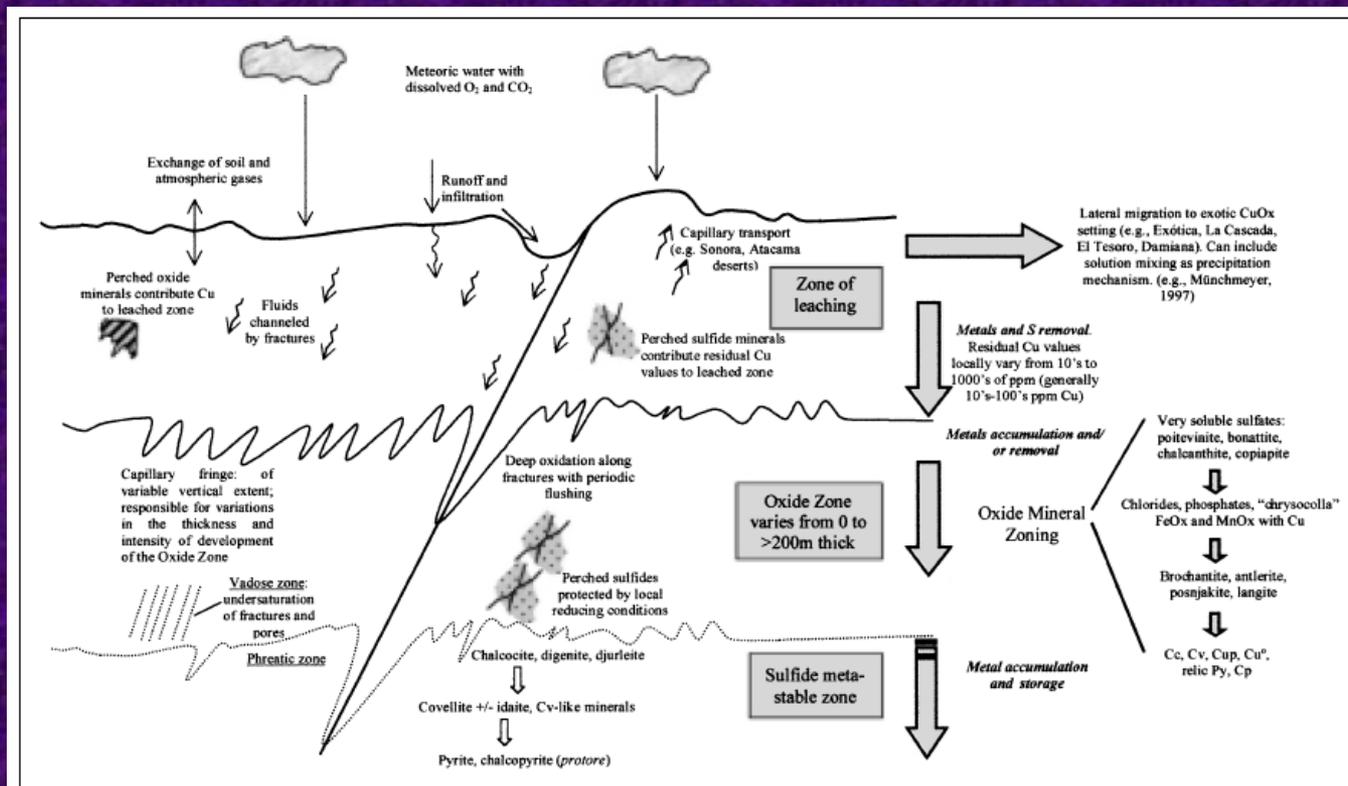
Esquema de la estructura de un placer Aluvial en una sección arquitectural

Fluidos supérgenos/Zona de oxidación

Baja T^o, oxidados, descendentes, formados por infiltración de agua superficial meteórica

En las zonas de oxidación por encima de la capa freática acontecen 2 tipos de cambios químicos:

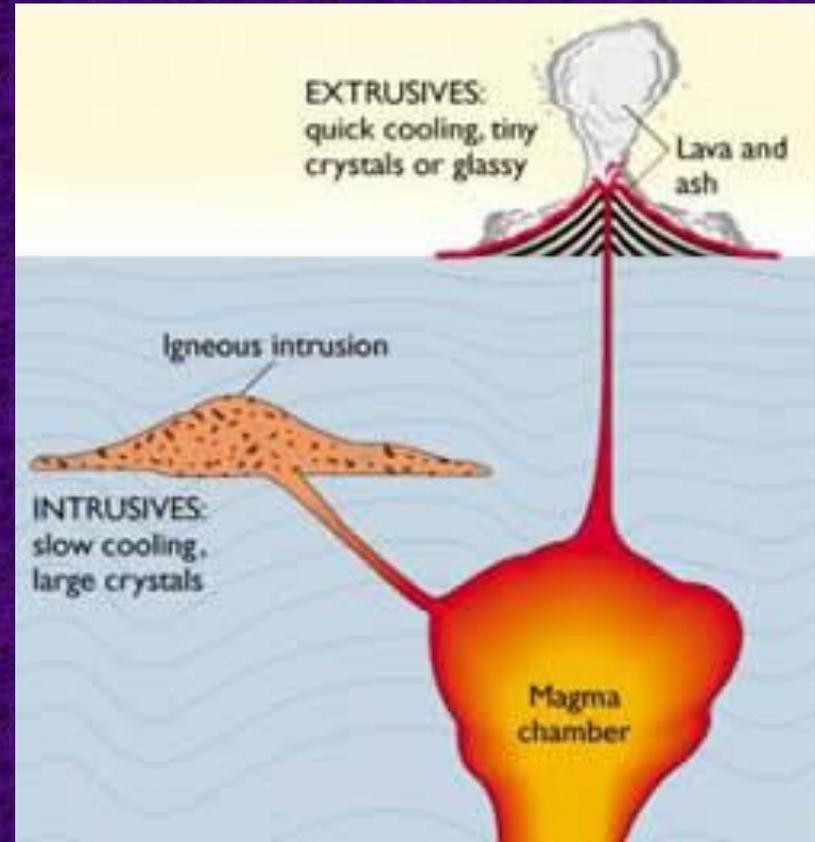
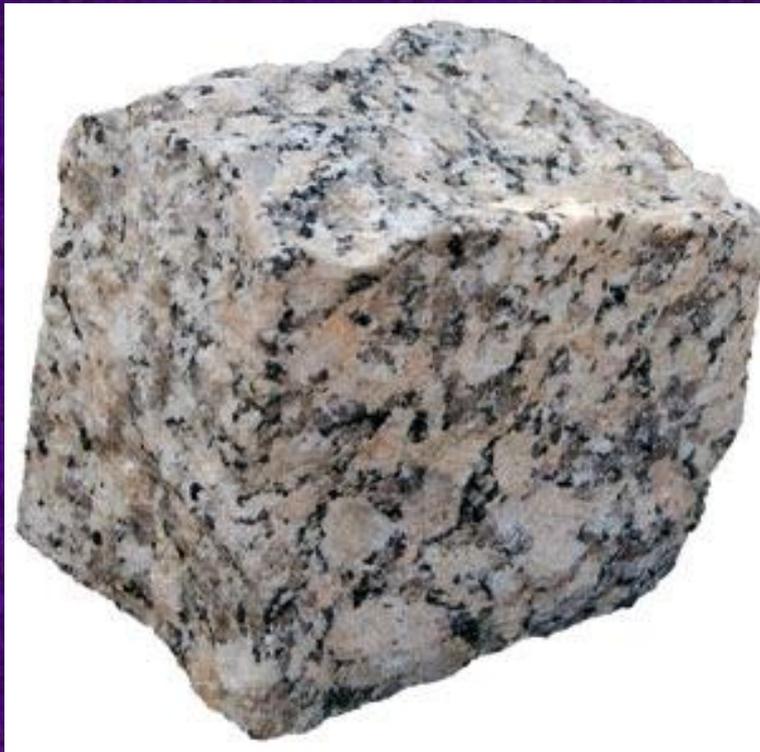
- i) Oxidación, solución y remoción de minerales de mena (sulfuros y sulfosales)
- ii) Transformación in situ de minerales metálicos en compuestos oxidados y reprecipitación como sulfuros





© Blue Mountain Imaging

Los óxidos también se forman por cristalización a partir de soluciones hidrotermales o desde fundidos magmáticos



Óxidos e hidróxidos:

Óxidos:

Cuprita (Cu_2O)

Hielo (H_2O)

Cincita (ZnO)

Grupo de la hematita

Hematita (Fe_2O_3)

Corindón (Al_2O_3)

Ilmenita (FeTiO_3)

Grupo del rutilo

Rutilo (TiO_2)

Pirolusita (MnO_2)

Casiterita (SnO_2)

Uraninita (UO_2)

Grupo de la espinela

Espinela (MgAl_2O_4)

Gahnita (ZnAl_2O_4)

Magnetita (Fe_3O_4)

Franklinita ($\text{Zn, Fe, Mn}(\text{Fe, Mn})_2\text{O}_4$)

Cromita (FeCr_2O_4)

Crisoberilo (BeAl_2O_4)

Columbita-Tantalita ($\text{Fe, Mn}(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$)

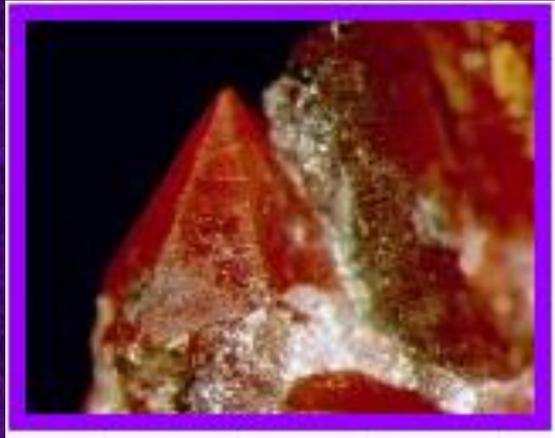
PROPIEDADES FÍSICAS:

- Gran dureza
- Elevada estabilidad química
- Alto punto de fusión
- Baja solubilidad
- Enlace fuertemente iónico a covalente



Óxidos simples
 X_2O y XO
Átomos metálicos
equivalentes

Cuprita Cu_2O



Cincita ZnO

Óxidos e hidróxidos:

Óxidos (A_2O):



Cuprita (Cu_2O ; Del latín *Cuprum*, cobre):

- **Cristalografía:** Isométrico; $4/m\bar{3}2/m$
- **Fractura:** Concoidea
- **Dureza:** $3 \frac{1}{2}$ - 4
- **G:** 6,1
- **Brillo:** metálico
- **Color:** Rojo rubí
- **Raya:** Rojo castaño
- **Diafanidad:** Translúcido
- **Ocurrencia:** Origen supergénico. Aparece en la zona de oxidación de filones cupríferos.
- **Hábito:** Cristales cúbicos, octaédricos y dodecaédricos.
- **Otros:** Se distingue de otros minerales rojos por su fuerte brillo y la forma de sus cristales
- **Usos:** Mena menor de cobre.

Óxidos tipo : X_2O_3

GRUPO DE LA HEMATITA

Corindón : Al_2O_3 Variedades:

rubí (rojo) gema y laser

Zafiro (azul) gema de mayor valor que el rubí



Hematita: Fe_2O_3



Ilmenita: $FeTiO_3$



Óxidos e hidróxidos:

Óxidos (A_2O_3):



Hematita (Fe_2O_3 ; palabra griega que significa sangre):

- **Cristalografía:** Hexagonal; $\underline{32}/m$
- **Partición:** basal
- **Dureza:** $5 \frac{1}{2}$ - $6 \frac{1}{2}$
- **G:** 5,26
- **Brillo:** metálico a mate
- **Color:** Castaño rojizo a negro
- **Raya:** Rojo indico
- **Diafanidad:** Translúcido
- **Ocurrencia:** Asociado a los tres tipos de rocas. Puede tener un origen primario o secundario.
- **Hábito:** Cristales tabulares o en masas botroidales o reniformes.
- **Otros:** La variedad hojosa se conoce como *Especularita*
- **Usos:** Principal mena de hierro.

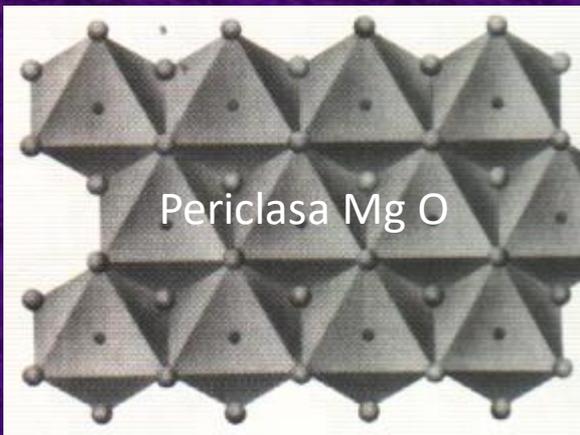
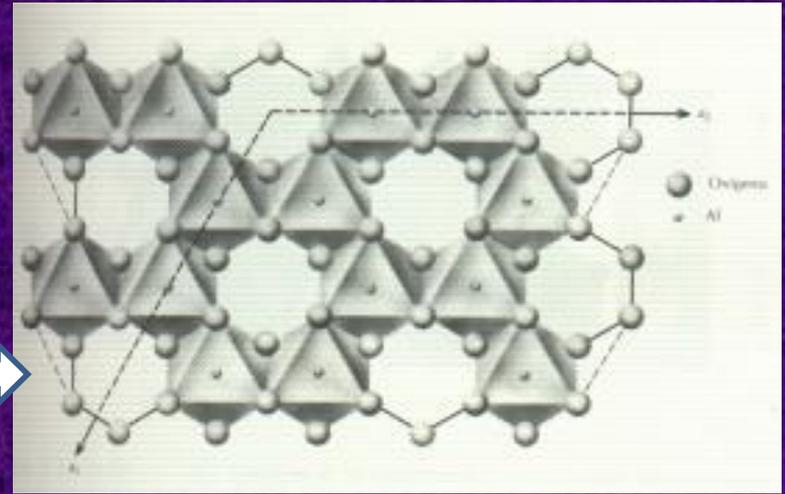
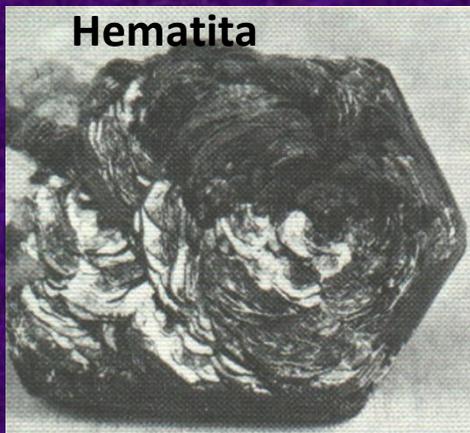
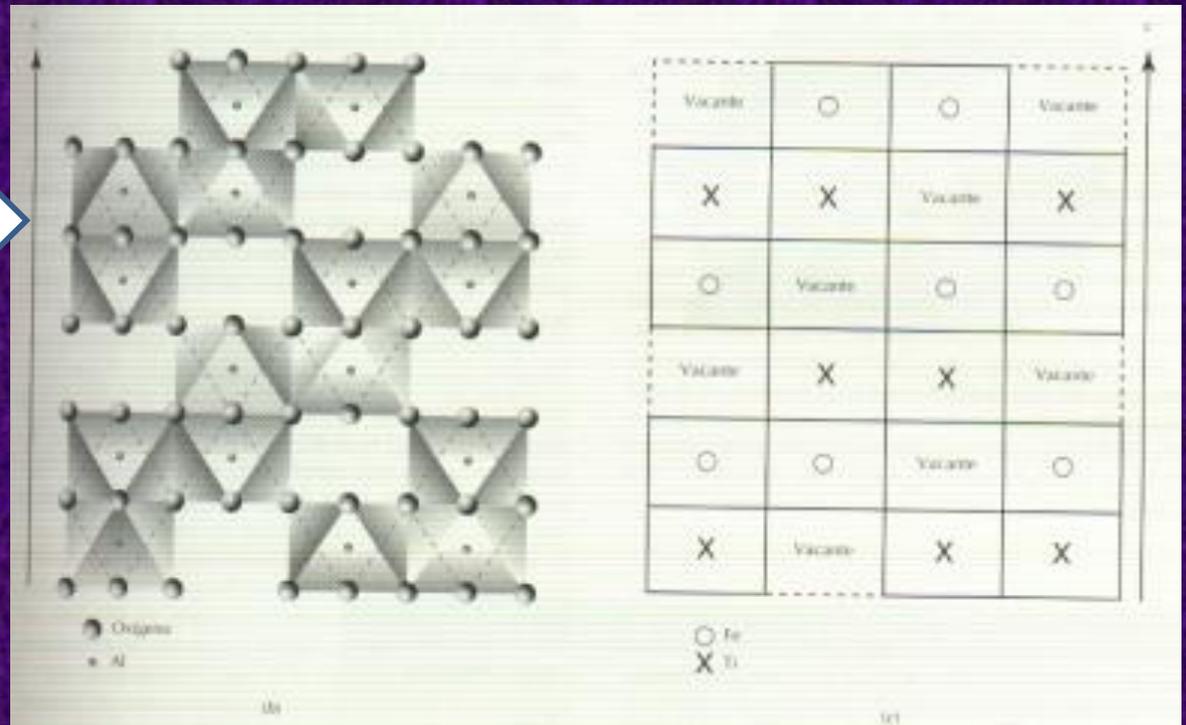


Lámina basal en el corindón (Al_2O_3) y hematita (Fe_2O_3) con una vacante octaédrica por cada dos octaedros de Al o Fe



Grupo de la Hematita

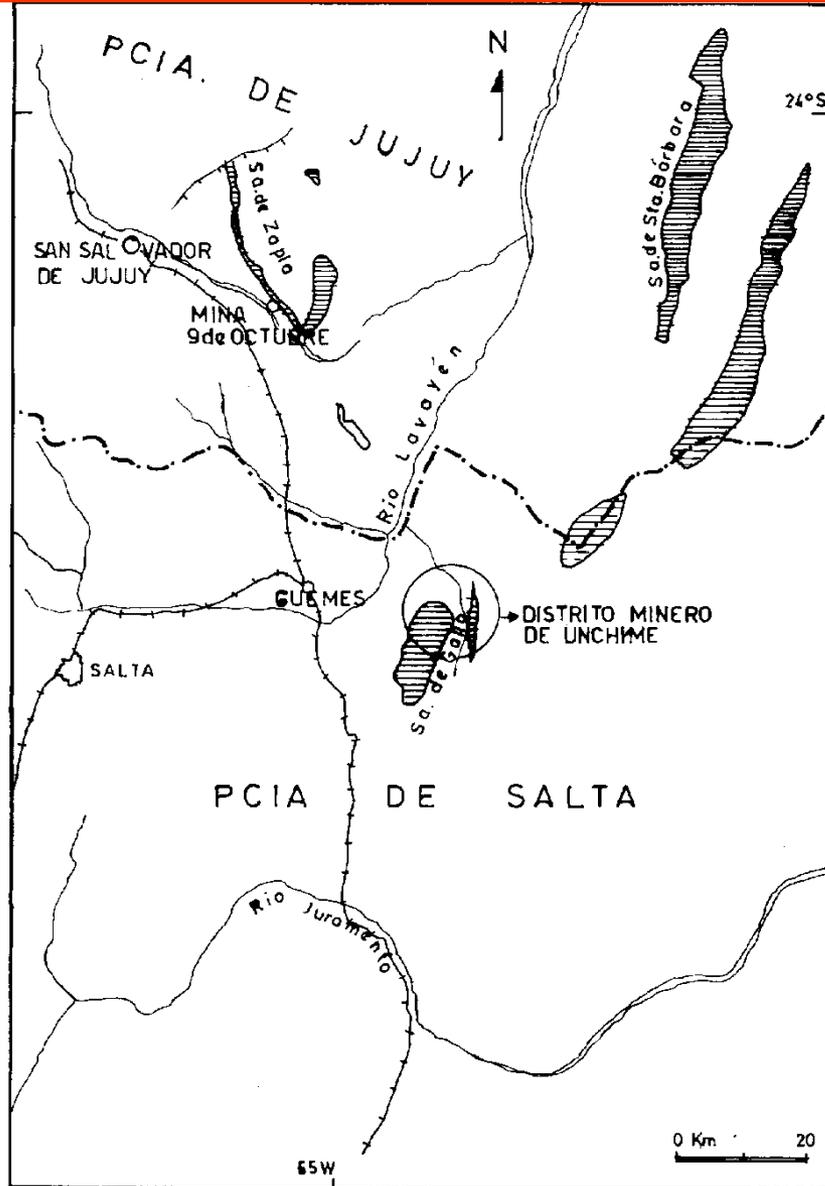
- b) Sección vertical de la estructura del corindón
- c) Sección transversal vertical de la ilmenita



En regiones afectadas por climas húmedos y cálidos predominan las formas de la meteorización química

Laterización





 AFLORAMIENTOS SILURICOS Y DEVONICOS

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS MANTOS FERRÍFEROS DE ZAPLA

Glaciación Si-D

Ordovícico tardío y
SILÚRO- DEVÓNICO

NIVELES DE SEDIMENTOS FERRUGINOSOS EN LAS PELITAS DE ZAPLA



Fe oolítico Fanerozoico

Fm Zapla

Fm Lipeón

Niveles masivos tipo Clinton de rocas oolíticas con óxidos, silicatos y carbonatos de Fe.

La importancia económica de estos depósitos sedimentarios de Fe actualmente es menor debido a sus bajas leyes y difícil beneficio, dado que las menas incluyen silicatos.

Hasta 20-25 % Fe_2O_3





© EDGAR CHACÍN, 2001

Estratos de formaciones de hierro del Complejo de Imataca

Itabiritas, Taconitas, Jaspilitas (BIFs)

Precámbricos (2000 Ma)

95 % del recurso de Fe minable

Brasil, EEUU, Sudafrica, Australia

Bandas de hematita y jaspe

Sedimentación estacional con actividad biogénica

Sedimentación química (rol del pH y CO₂ del mar)

Óxidos e hidróxidos:

Óxidos (A_2O_3):



Ilmenita ($FeTiO_3$; de las montañas Ilmen- Rusia):

- **Cristalografía:** Hexagonal; 3
- **Fractura:** irregular
- **Dureza:** $5 \frac{1}{2}$ - 6
- **G:** 4,7
- **Brillo:** metálico a submetálico
- **Color:** Negro
- **Raya:** Negra a rojo castaño
- **Diafanidad:** opaco
- **Ocurrencia:** Producto de segregación magmática. Asociada también a rocas metamórficas. Uno de los constituyentes de las arenas negras.
- **Hábito:** Cristales tabulares.
- **Otros:** Magnético después de ser calentado.
- **Usos:** Como fuente de Ti. El TiO_2 se utiliza en la industria de los pigmentos.

Óxidos e hidróxidos:

Óxidos (A_2O_3):

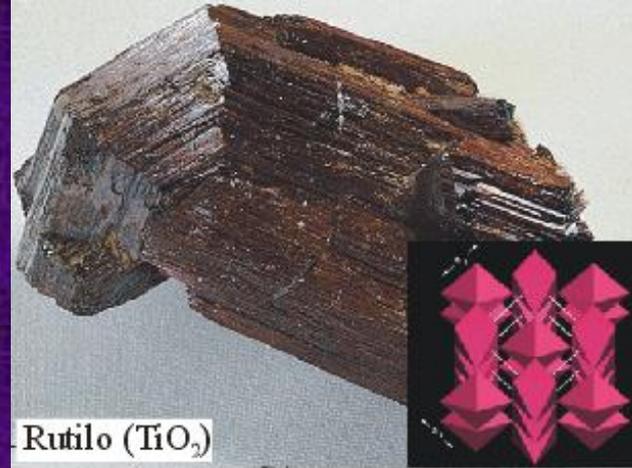
Corindón (Al_2O_3):

- **Cristalografía:** Hexagonal; $\underline{32/m}$
- **Partición:** basal
- **Dureza:** 9
- **G:** 4,02
- **Brillo:** adamantino
- **Color:** incoloro, rojo (rubí), azul (zafiro).
- **Raya:** blanca
- **Diafanidad:** Transparente
- **Ocurrencia:** Asociado a rocas ígneas pobres en sílice. Accesorio en rocas metamórficas.
- **Hábito:** Prismáticos y piramidal hexagonal.
- **Otros:** Se fabrica artificialmente a partir de masas bauxíticas.
- **Usos:** Como gema. Material abrasivo.



Óxidos tipo : XO_2
GRUPO RUTILO

Rutilo: TiO_2



Rutilo (TiO_2)

Casiterita: SnO_2

Pirolusita: MnO_2



Pirolusita (MnO_2)

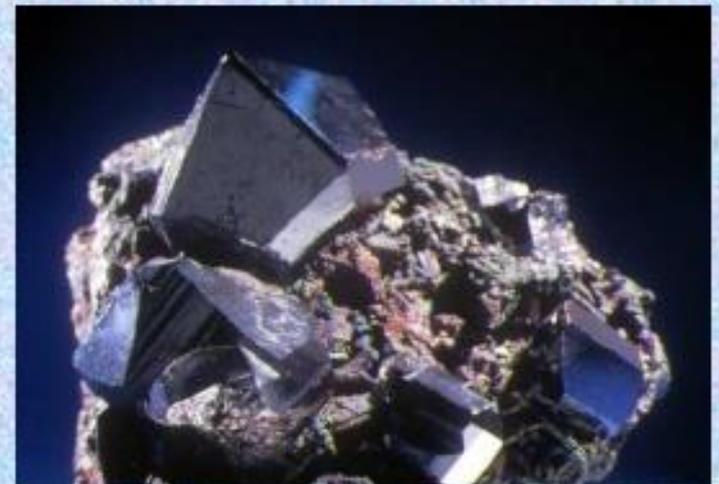
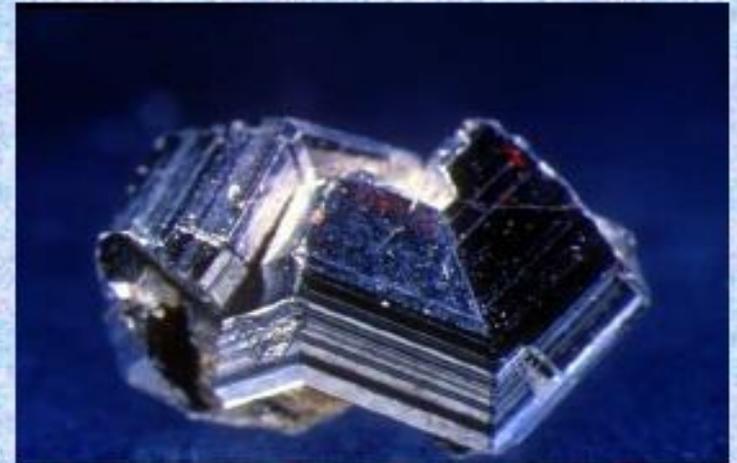


Uraninita: UO_2

Óxidos e hidróxidos:

Rutilo (TiO_2). Óxidos (AO_2):

- **Cristalografía:** Tetragonal; $4/m2/m2/m$
- **Fractura:** Concoidea.
- **Dureza:** $6 - 6 \frac{1}{2}$
- **G:** 4,18 – 4,25
- **Brillo:** adamantino a submetálico.
- **Color:** Rojo a negro.
- **Raya:** castaño pálido
- **Diafanidad:** Transparente a translúcido
- **Ocurrencia:** Asociado a granitos, pegmatitas graníticas, gneises y esquistos micáceos.
- **Hábito:** Prismáticos y piramidales. Maclas en codos.
- **Otros:** Polimorfos Anatasa (tetragonal) y Brookita (ortorrómbico).
- **Usos:** Aleaciones, pigmentos.



Pirolusita (MnO_2). Óxidos (AO_2):

- **Cristalografía:** Tetragonal; $4/m2/m2/m$
- **Clivaje:** prismática perfecta.
- **Dureza:** 1 – 2
- **G:** 4,75
- **Brillo:** metálico.
- **Color:** Negro.
- **Raya:** Negra
- **Diafanidad:** Opaco
- **Ocurrencia:** Minerales supergénico.
- **Hábito:** Masas fibrosas y columnas radiantes. Masas dendríticas.
- **Otros:** La variedad cristalina se denomina polianita y presenta una dureza de $6 \frac{1}{2}$
- **Usos:** Principal mena de Mn. Se utiliza como oxidante.

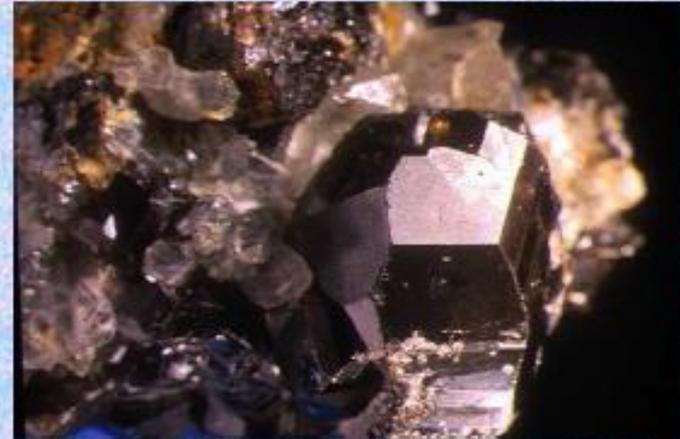
Óxidos e hidróxidos:

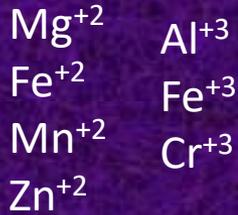


Óxidos e hidróxidos:

Casiterita (SnO_2). Óxidos (AO_2):

- **Cristalografía:** Tetragonal; $4/m2/m2/m$
- **Fractura:** Concoidea.
- **Dureza:** 6 – 7
- **G:** 6,8
- **Brillo:** adamantino a submetálico.
- **Color:** Negro.
- **Raya:** Blanca
- **Diafanidad:** Translúcido.
- **Ocurrencia:** Asociado principalmente a pegmatitas.
- **Hábito:** Cristales prismáticos y bipyramidales.
- **Otros:** También se presenta en depósitos de placeres.
- **Usos:** Principal mena de Sn.



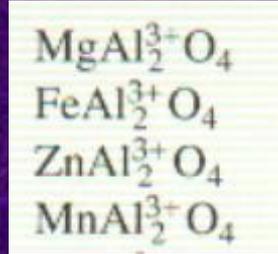


GRUPO DE LA ESPINELA

Serie Espinela

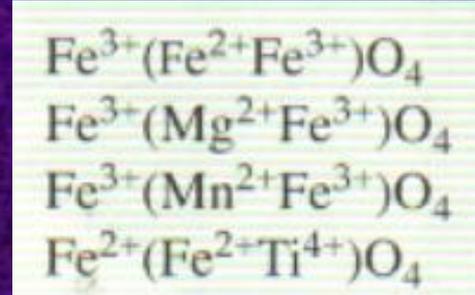
- Espinela
- Hercinita
- Gahnita
- Galaxita

Óxidos dobles

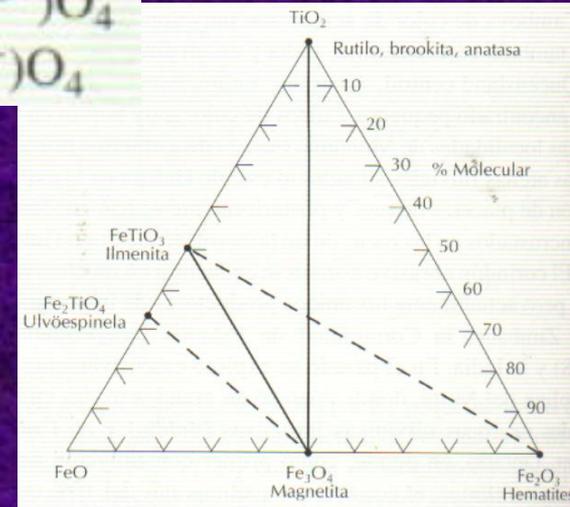


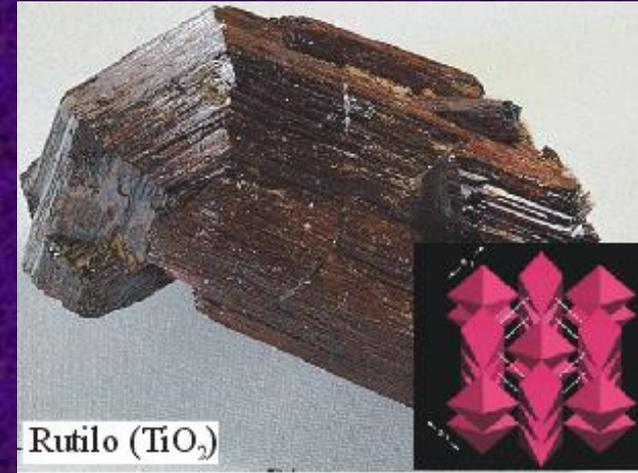
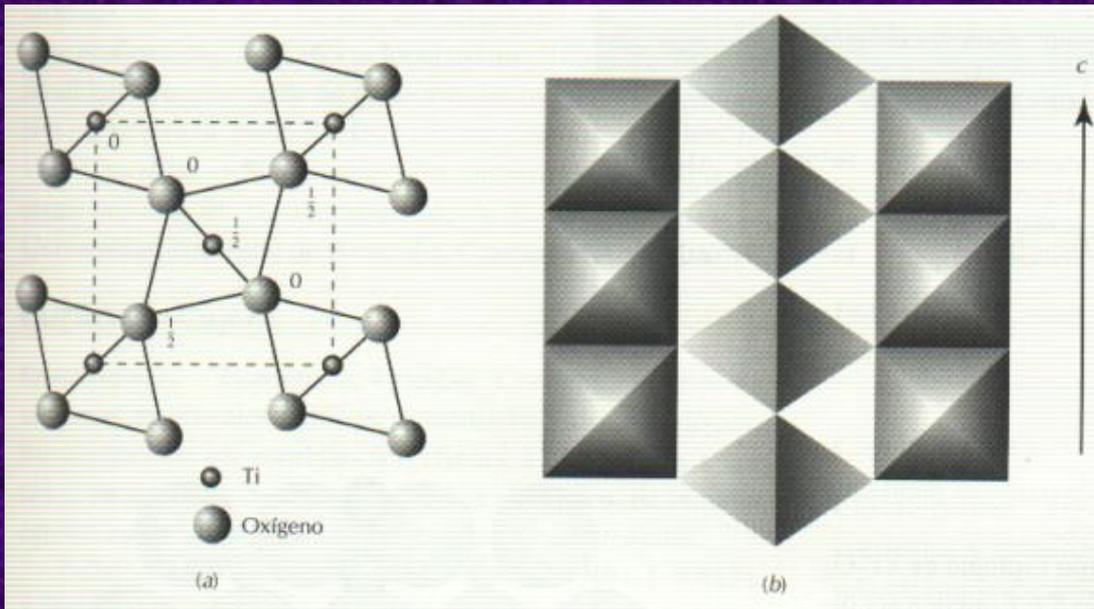
Serie Magnetita

- Magnetita
- Magnesio Ferrita
- Jacobsita
- Ulvoespinela

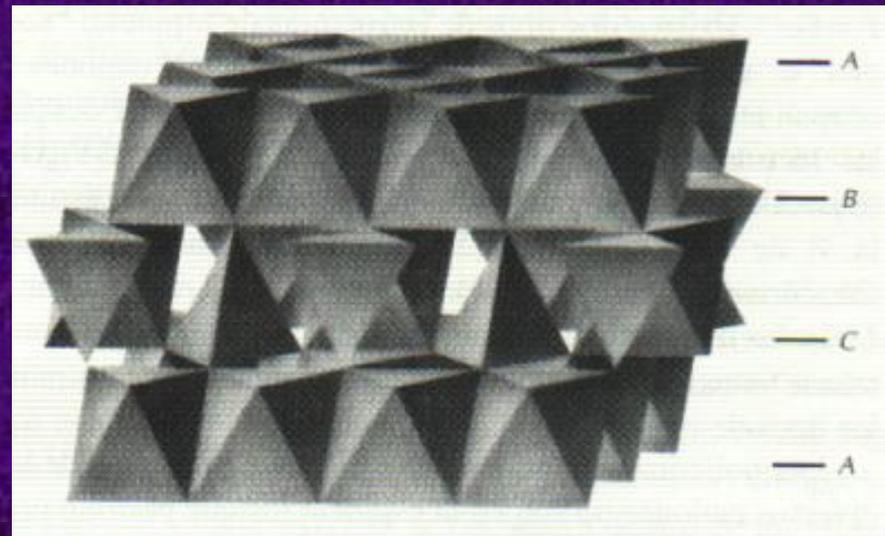


- Serie Cromita
- Cromita
- Magnesiocromita





Estructura del rutilo a) proyección s/ (001), b) s/ (110)



Catión mayor tetraedral (A) +2
Catión menor octaedral (B) +3

Cada O
En contacto
3 Y^{+3}
1 X^{+2}

v.e. = 2
 $3.(3/6) + (2/4)$

Estructura de la espinela "normal"

Óxidos e hidróxidos:

Óxidos (AB_2O_4):

Espinela ($MgAl_2O_4$):



- **Cristalografía:** Isométrico; $4/m\bar{3}2/m$
- **Fractura:** Concoidea.
- **Dureza:** 8
- **G:** 3,55
- **Brillo:** Vítreo
- **Color:** Blanco, rojo, azul, verde, pardo.
- **Raya:** Blanca
- **Diafanidad:** Transparente a Translúcido.
- **Ocurrencia:** Asociado principalmente a rocas metamórficas aunque se presenta en rocas ígneas oscuras.
- **Hábito:** Normalmente en cristales octaédricos o dodecaédricos.
- **Otros:** Se puede obtener sintéticamente.
- **Usos:** Gemas baratas. Como material refractario y abrasivo.

Espinela inversa

8 posiciones A (NC 4) 8 iones +3

16 posiciones B (NC 6) 8 iones +3
8 iones +2

Magnetita

$\text{Fe}^{+3}(\text{Fe}^{+2}, \text{Fe}^{+3})\text{O}_4$ ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} = \text{Fe}_3\text{O}_4$)

Magnesioferrita

$\text{Fe}^{+3}(\text{Mg}, \text{Fe}^{+3})_2\text{O}_4$

Óxidos e hidróxidos:

Óxidos (AB_2O_4):

Magnetita (Fe_3O_4):

- **Cristalografía:** Isométrico; $4/m\bar{3}2/m$
- **Partición:** octaédrica en algunos ejemplares.
- **Dureza:** 6
- **G:** 5,18
- **Brillo:** metálico.
- **Color:** Negro.
- **Raya:** Negra
- **Diafanidad:** Opaco.



- **Ocurrencia:** Generada por segregación magmática. Asociada a rocas ricas en minerales ferromagnesianos. Constituye uno de los principales componentes de las arenas negras de mar.
- **Hábito:** Normalmente en cristales octaédricos.
- **Otros:** Posee carácter fuertemente magnético.
- **Usos:** Importante mena de hierro.

Óxidos e hidróxidos:

Óxidos (AB_2O_4):

Cromita ($FeCr_2O_4$):



- Cristalografía:** Isométrico; $4/m\bar{3}2/m$
- Fractura:** Concoidea.
- Dureza:** $5 \frac{1}{2}$
- G:** 4,6
- Brillo:** metálico
- Color:** negro.
- Raya:** pardo oscuro
- Diafanidad:** Subtranslúcido.

- Ocurrencia:** Asociado a cuerpos ultramáficos como peridotitas y serpentinas. Es uno de los primeros minerales que se separan del magma.
- Hábito:** Normalmente Masivo o granular. Se presenta en cristales octaédricos.
- Otros:** Se puede presentar como magnesiocromita ($MgCr_2O_4$).
- Usos:** Única mena de Cr.

Óxidos e hidróxidos:

Columbita-Tantalita **(Fe,Mn)(Nb,Ta)₂O₆**

- Cristalografía:** Ortorrómbico; 2/m 2/m 2/m
- Clivaje:** Bueno {010}
- Dureza:** 6
- G:** 5,2 – 7,2 (al incrementar Ta₂O₅)
- Brillo:** sub-metálico
- Color:** negro.
- Raya:** pardo oscuro
- Diafanidad:** Subtranslúcido.
- Ocurrencia:** Rocas graníticas y pegmatitas graníticas mineralizadas. Asociado con berilos, turmalinas, casiteritas, wolframitas, monacita. Se presenta también en yacimientos de placer.
- Hábito:** Se presenta en cristales prismáticos a tabulares.
- Otros:** Existe completa solución sólida entre columbita y tantalita
- Usos:** Principal fuente de Nb y Ta.

Óxidos e hidróxidos:



Columbita



Tantalita

Hidróxidos:

1. Generalmente presentan baja dureza y baja densidad.
2. Asociados principalmente a procesos de alteración secundaria.
3. Caracterizados por la presencia de grupos (OH) y moléculas de H₂O

Diaspora (α -AlO(OH))

Boehmita (γ -AlO(OH))

Gibbsita (Al(OH)₃)

Goethita (α -FeO(OH))

Limonita (FeO(OH).nH₂O)

Brucita (Mg(OH)₂)

Manganita (MnO(OH))

HIDRÓXIDOS

Brucita



Manganita



Romanechita



Grupo de la goethita

Diásporo

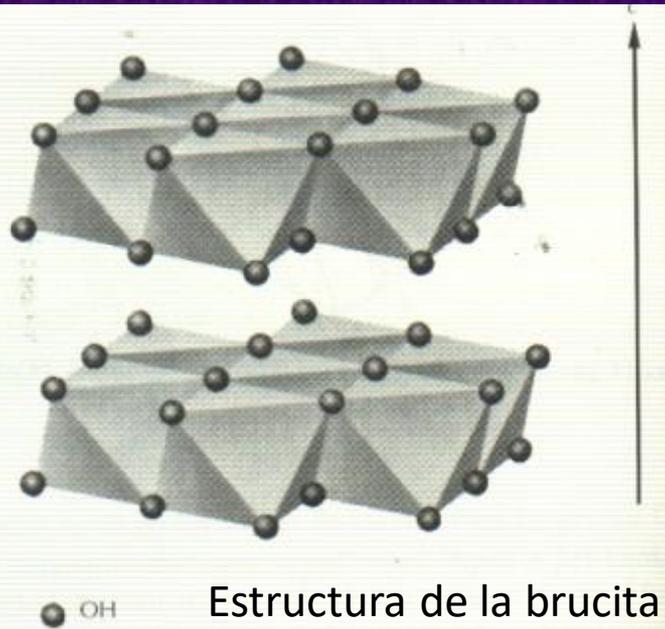


Goethita



Bauxita (mezcla de diásporo, gibbsita y boehmita)

(Hexagonal-R) Trioctaédrica



Dioctaédrica-sólo dos de las tres posiciones de los cationes con coordinación octaédrica, están ocupadas



HIDROXIDOS

Brucita $Mg(OH)_2$Hexagonal Romboédrico

Manganita $Mn(OH)_2$Monoclínico

Psilomelano/Romanechita $(Ba, Mn)_3(O, OH)_6 Mn_8O_{16}$

Ortorrómbico

Grupo de la Goethita

Diáspora $\alpha AlO(OH)$

Goethita $\alpha FeO(OH)$

BAUXITA (roca) mezcla de diásporo $\alpha AlO(OH)$, gibbsita $Al(OH)_3$ y bohemita $\alpha AlO(OH)$

Hábito pisolítico (concreciones)

Limonita $FeO(OH) \cdot n H_2O$ - óxido de hierro hidratado con identidad incierta

Todas las estructuras de los hidróxidos están caracterizadas por la presencia del grupo oxidrilo (OH), o de moléculas de agua (H_2O), lo que ocasiona un debilitamiento de los enlaces de las estructuras en comparación con la de los óxidos

PROPIEDADES FÍSICAS

Los hidróxidos tienden a ser menos duros y de menor densidad por su estructura que es estratificada.



Gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$ $P 2_1/n 2/m$



Brucite $\text{Mg}(\text{OH})_2$ $P \bar{3}m1 \bar{3} 2/m$

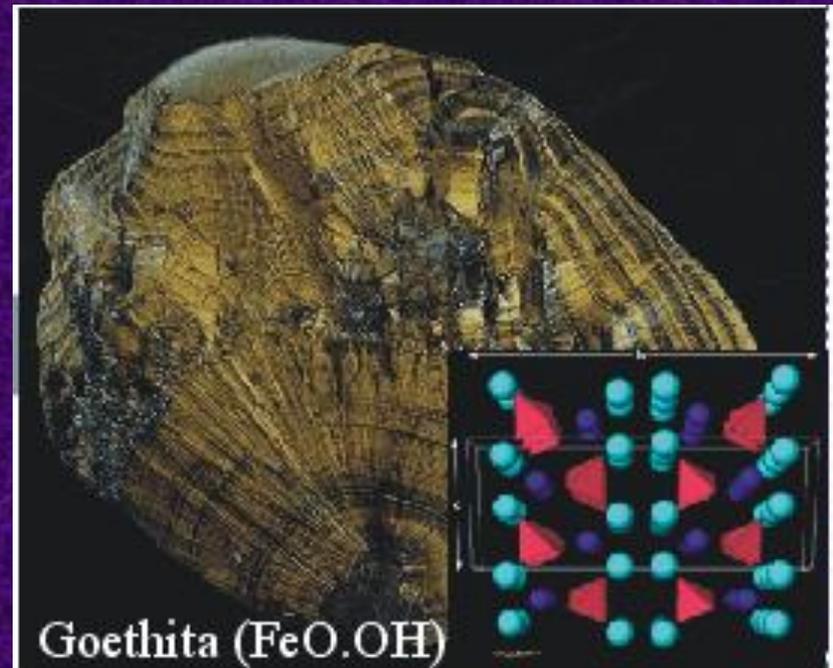




Goethite $\text{Fe}^{+++}\text{O}(\text{OH})$ $Pbnm$ $2/m$ $2/m$ $2/m$



Grupo de la Goethita
Diáspora α $\text{AlO}(\text{OH})$
Goethita α $\text{FeO}(\text{OH})$



Goethita ($\text{FeO} \cdot \text{OH}$)

Lepidocrocite $\text{FeO}(\text{OH})$ $Amam$ $2/m$ $2/m$ $2/m$

Diaspora (α -AlO(OH)). Hidróxidos:

- **Cristalografía:** Ortorrómico; $2/m2/m2/m$
- **Clivaje:** pinacoidal perfecto.
- **Dureza:** $6 \frac{1}{2} - 7$
- **G:** 3,4
- **Brillo:** Vítreo
- **Color:** Blanco.
- **Raya:** Blanca
- **Diafanidad:** Transparente a translúcido
- **Ocurrencia:** Asociado al corindón. En depósitos de bauxitas y arcillas aluminosas.
- **Hábito:** Cristales tabulares y masas hojosas.
- **Otros:** En depósitos bauxíticos se encuentran siempre ligado a la boehmita y a la gibbsita.
- **Usos:** Como refractario. La bauxita es la principal mena de Al.

Óxidos e hidróxidos:



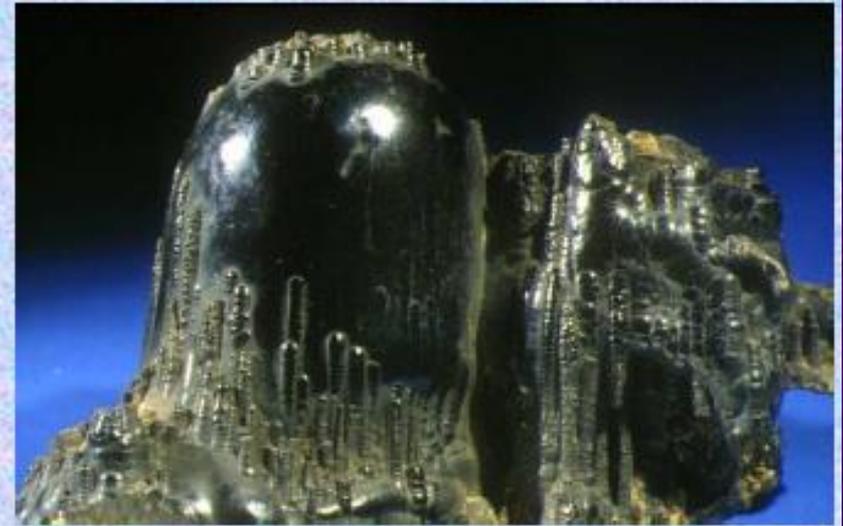
Habito pisolítico

Óxidos e hidróxidos:

Hidróxidos:

Goethita ($\alpha\text{-FeO(OH)}$):

- **Cristalografía:** Ortorrómbico; $2/m2/m2/m$
- **Clivaje:** pinacoidal perfecto.
- **Dureza:** $5 \frac{1}{2}$
- **G:** 4,37
- **Brillo:** adamantino a mate
- **Color:** Pardo oscuro.
- **Raya:** Pardo amarillento
- **Diafanidad:** Subtranslúcido



- **Ocurrencia:** Como producto de la meteorización de minerales de hierro.
- **Hábito:** Cristales aciculares, reniformes o fibrosos.
- **Otros:** La variedad hidratada se conoce como limonita ($\text{FeO(OH).nH}_2\text{O}$).
- **Usos:** Mena de hierro. La limonita se utiliza como pigmento.

Manganita (MnO(OH)). Hidróxidos:

- Cristalografía:** Ortorrómico; $2/m2/m2/m$
- Clivaje:** pinacoidal perfecto.
- Dureza:** 4
- G:** 4,3
- Brillo:** Metálico
- Color:** Negro.
- Raya:** Pardo oscura
- Diafanidad:** Opaco
- Ocurrencia:** Asociado a otros óxidos de Mn. Pasa fácilmente a pirolusita.
- Hábito:** Cristales prismáticos en masas radiales.
- Otros:** Se encuentra asociada frecuentemente a barita y calcita.
- Usos:** Mena secundaria de Mn.

Óxidos e hidróxidos:

