



# Minerales, sistema de clasificación y sus propiedades, rocas como agregados minerales



Licenciatura en Gestión Ambiental  
Geología & Geomorfología  
Docente: M.Sc. Leticia Ivón González Carreira

# Contenido:

1. Conceptos básicos

2. Propiedades físicas de los minerales

- Estructura y sistemas cristalinos...

3. Clasificación de los minerales  
(composición)

4. Minerales como formadores de rocas



# Mineral:

## ➔ Definición:

“Sólido” homogéneo, inorgánico, natural, estructura interna ordenada y composición química definida

- Natural
- Inorgánico
- Sólido
- Estructura (átomos dispuestos según un modelo definido)
- Química (varía dentro de ciertos límites)



# ¿Cómo se agrupan los elementos en los minerales?

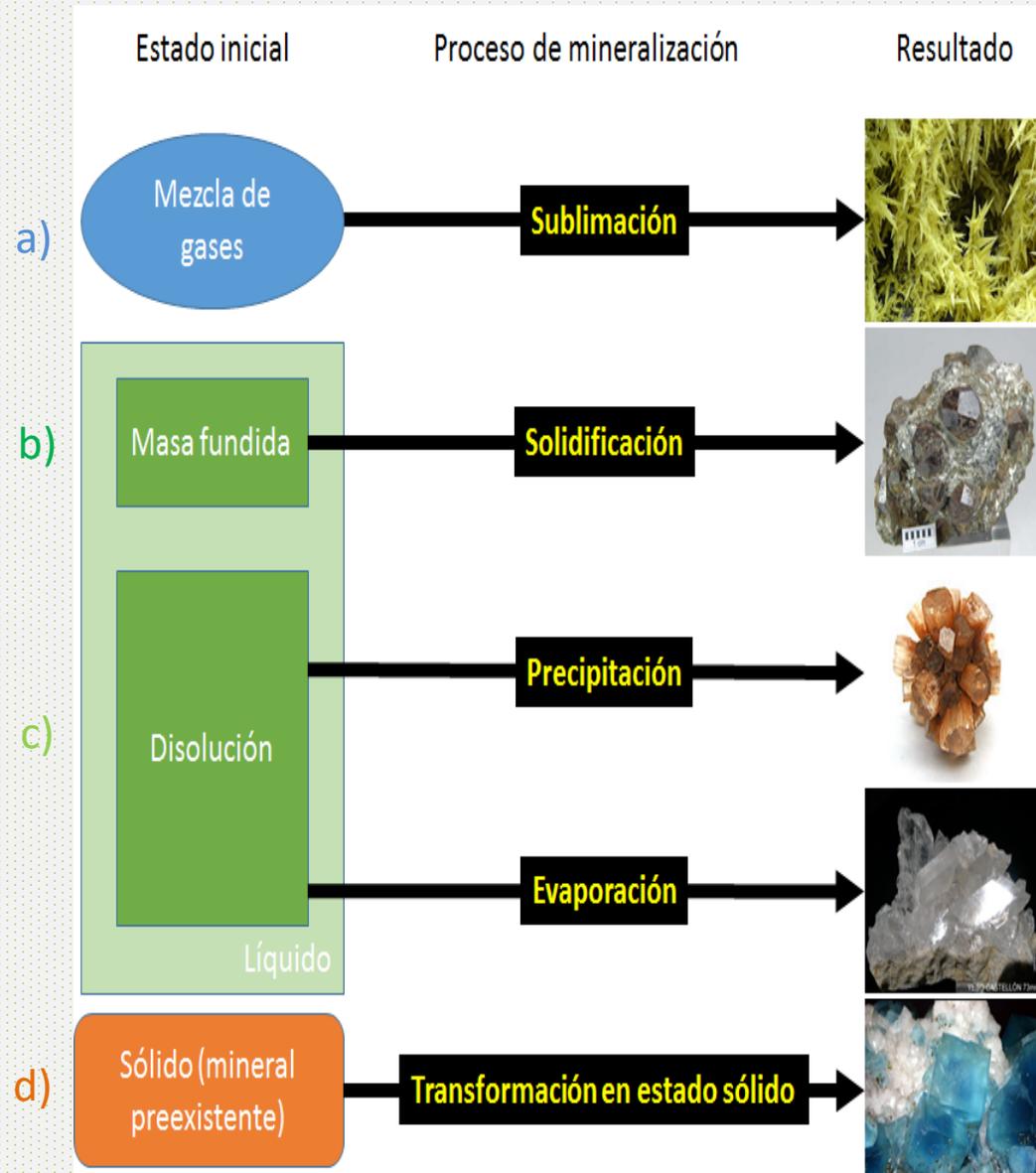
Los elementos que forman los minerales se unen mediante “enlaces químicos” de diversos tipos:

- **Enlace iónico:** los átomos transfieren electrones de valencia (la mayoría de los minerales).
- **Enlace covalente:** los átomos comparten electrones.
- **Enlace metálico:** los electrones de valencia libres pueden migrar de un ion a otro.

# Tipos de enlace y propiedades de los minerales

	<b>Metálico</b>	<b>Iónico</b>	<b>Covalente</b>
Intensidad	Moderado	Fuerte	Muy fuerte
Dureza	Baja-Moderada	Moderada-Alta	Alta
Conductividad	Buena	Mala	Aislantes
Punto de fusión	Variable	Moderado-Alto	Aislantes
Estructura	No direccional	No direccional	Direccional
Ejemplos	Cobre Plata Oro ...	Halita Calcita Fluorita ...	Diamante Blenda Grafito

# ¿Cómo se forman los minerales?

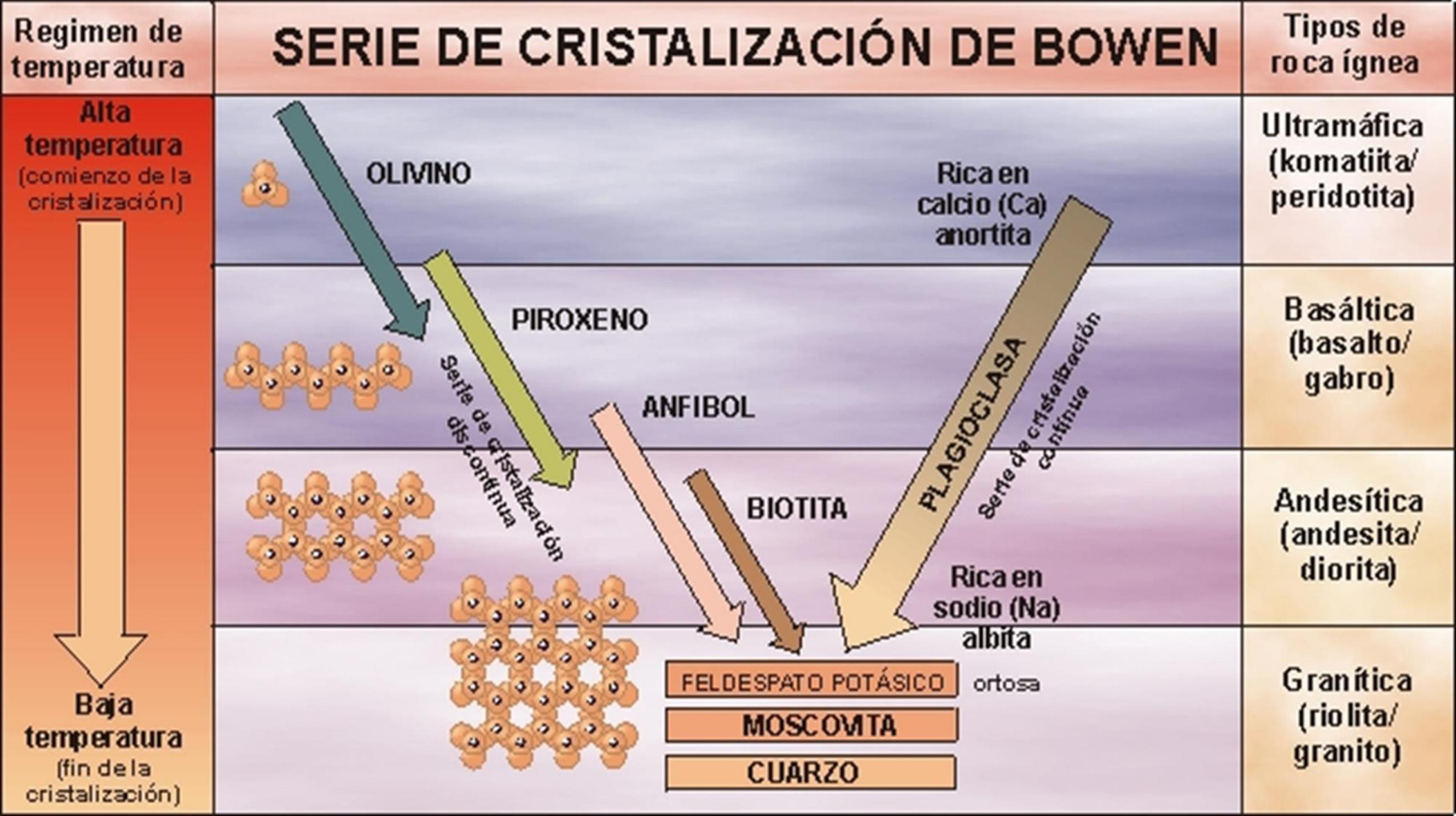


a) **Sublimación de vapores (S)**

b) **Solidificación** (enfriamiento de magma) Cuarzo, olivino...

c) **Evaporación y Precipitación:** a partir de una solución acuosa (yeso, calcita)

d) **Transformaciones en estado sólido:** cambios en presión y temperatura (Albita-Andalucita)



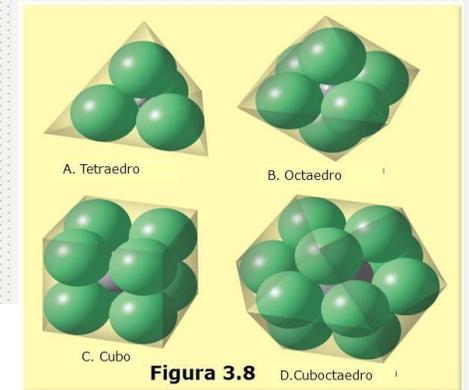
# ¿Qué determina la estructura cristalina de un mineral?

Un mineral tiene una disposición ordenada de **átomos unidos** para formar una estructura cristalina.

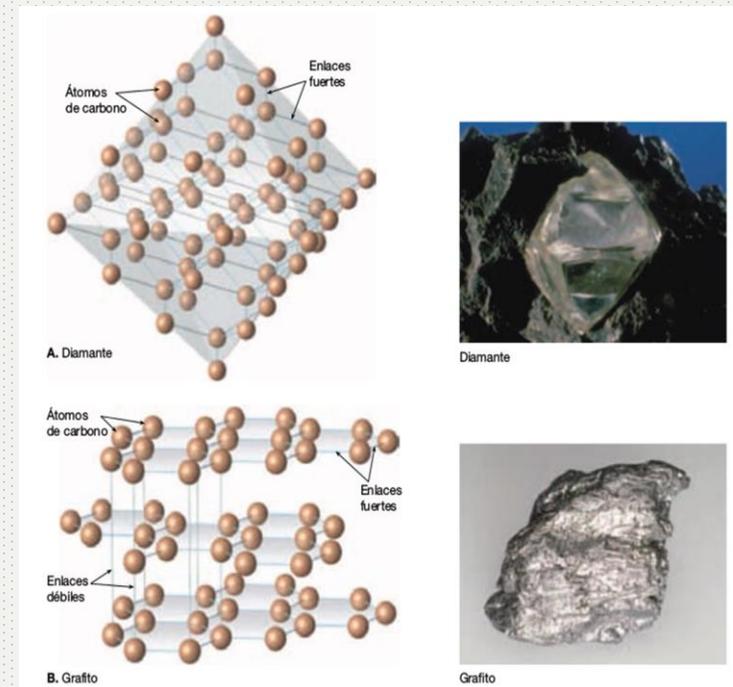
Iones:

- Tamaño
- Carga

## Minerales Polimorfos



Empaquetamiento geométrico de iones (Tarbuck & Lutgens, 2005)

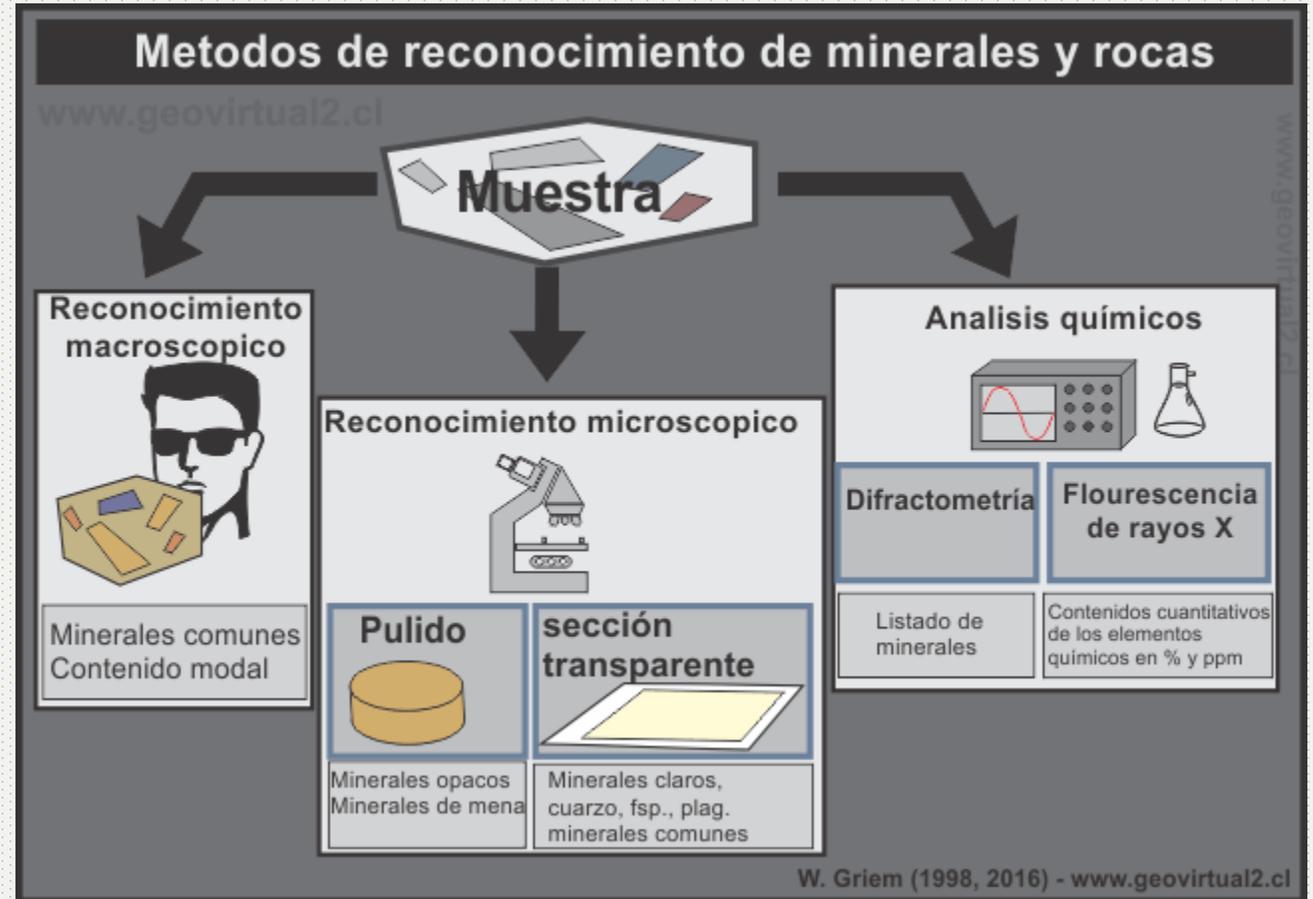


Estructura interna de diamante y grafito  
Tarbuck & Lutgens (2005)

# Propiedades físicas:

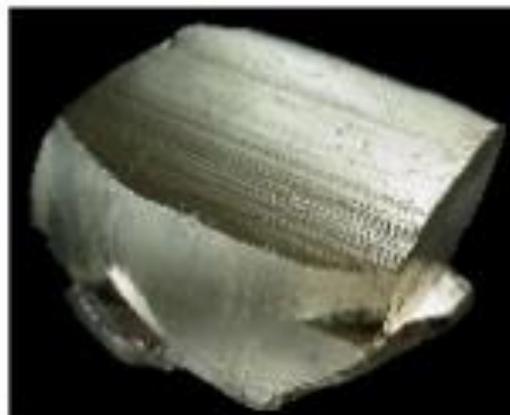
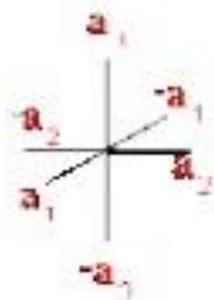
Composición química y estructura cristalina

1. Estructura Cristalina
2. Peso específico
3. Dureza
4. Brillo
5. Color
6. Color de la raya
7. Fractura
8. Hábito
9. Tenacidad
10. Luminiscencia
11. Magnetismo
12. Propiedades eléctricas
13. Propiedades químicas

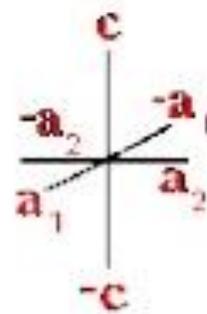


Fuente: Museo Virtual Geología (<http://www.geovirtual2.cl>)

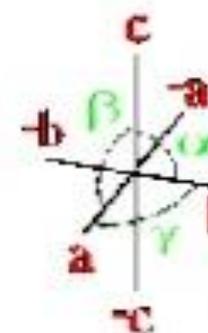
# • Formas Cristalinas:



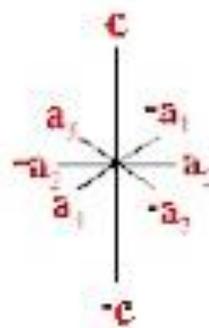
Isométrico (pirita)



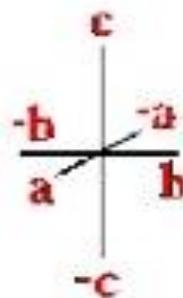
Tetragonal (zircón)



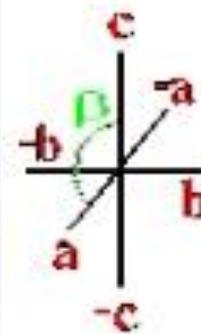
Triclinico (Microclina)



Hexagonal (Berilo)



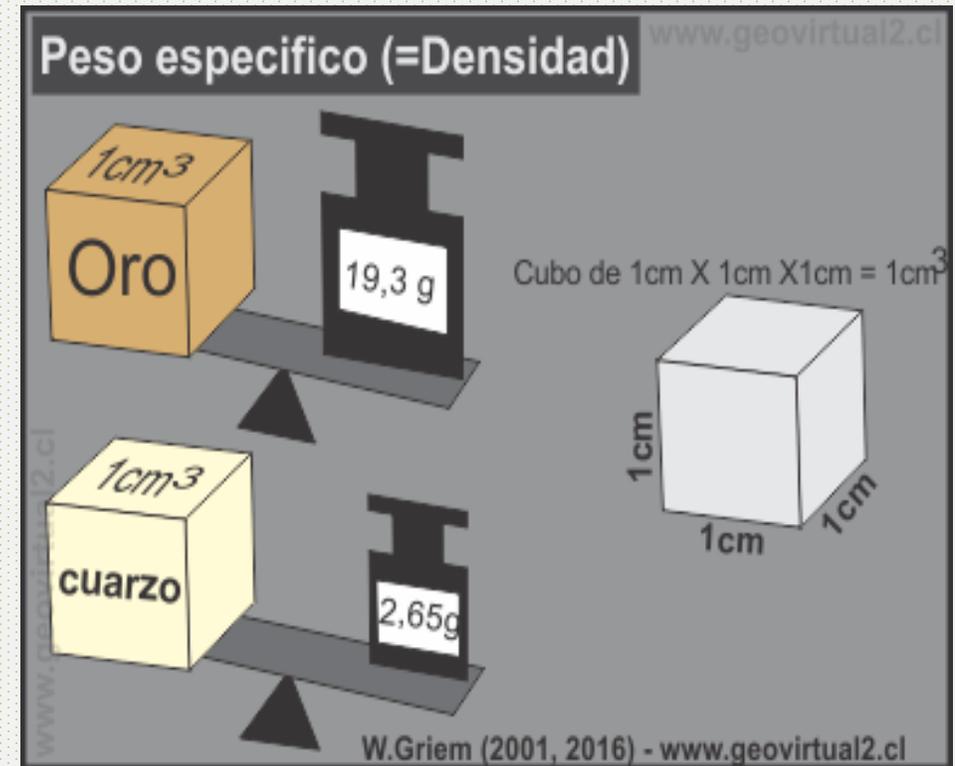
Ortorrómico (Topacio)



Monoclínico (Yeso)

## 2. Peso específico:

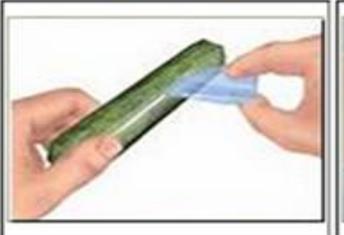
- Relación del **peso de un mineral** y el **peso del mismo volumen de agua** a 4°C.
- aumenta con el número de masa y con la proximidad del arreglo cristalino.
- minerales pesados: peso específico mayor  $2,9 \text{ g/cm}^3$  (circón, pirita, piroxeno, granate).



Fuente: Museo Virtual Geología (<http://www.geovirtual2.cl>)

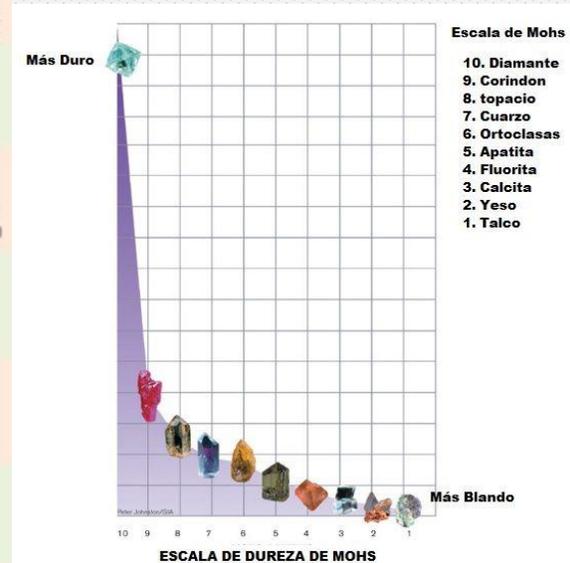
# 3. Dureza:

- Resistencia de un mineral a ser rayado
- Depende del tipo de enlace en átomos
- Se frota con un material de dureza conocida
- mineral raya número inferior y lo rayan los de número superior.

Muy blandos	Blandos	Duros	Muy duros
			
Si se raya con la uña, su dureza es 1 ó 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.

## Escala de Mohs:

<b>1</b>	<b>Talco</b> Se raya fácilmente con la uña
<b>2</b>	<b>Yeso</b> Se raya con la uña con dificultad
<b>3</b>	<b>Calcita</b> Se raya con una moneda de cobre
<b>4</b>	<b>Fluorita</b> Se raya con un cuchillo
<b>5</b>	<b>Apatito</b> Se raya difícilmente con un cuchillo
<b>6</b>	<b>Ortoclasa</b> Se raya con una lija de acero
<b>7</b>	<b>Cuarzo</b> Raya el vidrio
<b>8</b>	<b>Topacio</b> Raya a todos los anteriores
<b>9</b>	<b>Corindón</b> Zafiro y rubí son tipos de corindón
<b>10</b>	<b>Diamante</b> Es el mineral natural más duro



## 4. Brillo:

- Aspecto de la superficie cuando refleja la luz



Metálico  
(Pirita)



Vítreo  
(Cuarzo)



Mate  
(Hematita)



Graso  
(Halita)



Nacarado  
(Moscovita)



Resinoso  
(Blenda)

## 5. Color:

Propiedad no determinante  
Algunos minerales tienen un solo color (olivino).  
Otros pueden tener muchos colores, según inclusiones o impurezas (cuarzo).

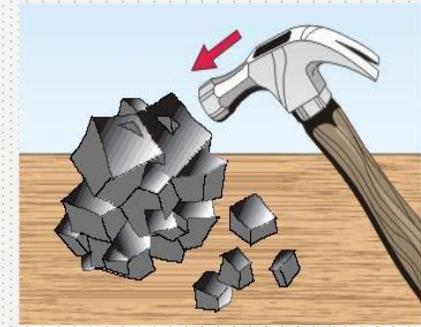


## 6. Color de la raya:

- color del polvo que queda al rayar el mineral
- menos variable
- Hematita el color puede variar, pero el color de la raya es rojo intenso



# 7. Fractura y exfoliación:



- **FRACTURA** → Forma en que se rompen los minerales
- la tendencia de romperse preferencialmente por enlaces débiles → **EXFOLIACIÓN** o *kleiben*

## FRACTURA:



Fibrosa  
Asbesto



Concoide  
Cuarzo



Terrosa  
Azufre



Irregular  
Talco

## EXFOLIACIÓN



Laminar  
Moscovita



Cúbica  
Halita



Romboédrica  
Calcita



Octaédrica  
Fluorita

## 8. Hábito:

Forma cristalina: expresión externa de un mineral, refleja la disposición interna ordenada.

Se desarrollan cristales con caras cristalinas bien formadas, sin interferencia.

- columnar
- foliado
- radial
- acicular
- prismático



- globular

## 9. Tenacidad:

- resistencia a oponerse al golpe y ser roto, molido o degradado.
- Diamante es el mineral mas duro, pero tiene una elevada fragilidad al golpe.
- Jadeita permite tallas precisas por su elevada tenacidad.



## Otras propiedades:

**10. Luminiscencia:** propiedad de emitir luz, aparece cuando se somete a un mineral a luz UV. Si la luz continua luego que ceso la excitación es fosforescencia.

**11. Magnetismo:** capacidad de ser atraído por un imán (Magnetita).

**12. Eléctricas:** carga eléctrica al ser calentados o sometidos a presión.

**13. Químicas:** depende de la composición del mineral, capacidad de disolver...

# Clasificación de los minerales:

Los minerales se clasifican según su composición química (Strunz y Dana).

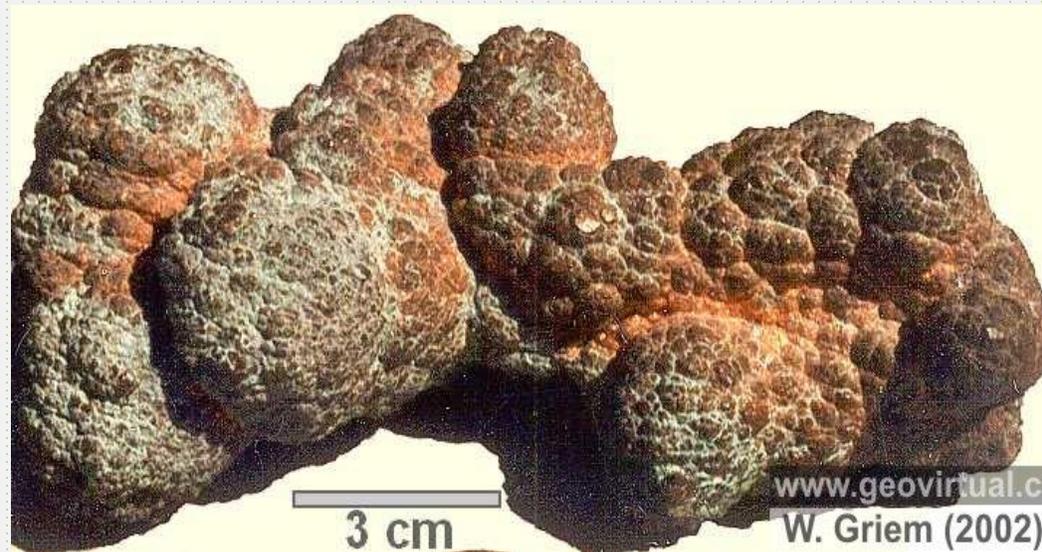
1. Elementos Nativos
2. Haluros
3. Sulfuros
4. Óxidos e Hidróxidos
5. Carbonatos, Nitratos y Boratos
6. Sulfatos, Cromatos, Molibdatos y Wolframatos
7. Fosfatos, Arseniats y Vanadiats
8. Silicatos

# 1. Elementos Nativos:

- Sin combinarse con los átomos de otros elementos.
- por ejemplo: oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu), azufre (S), diamante (C).



Oro



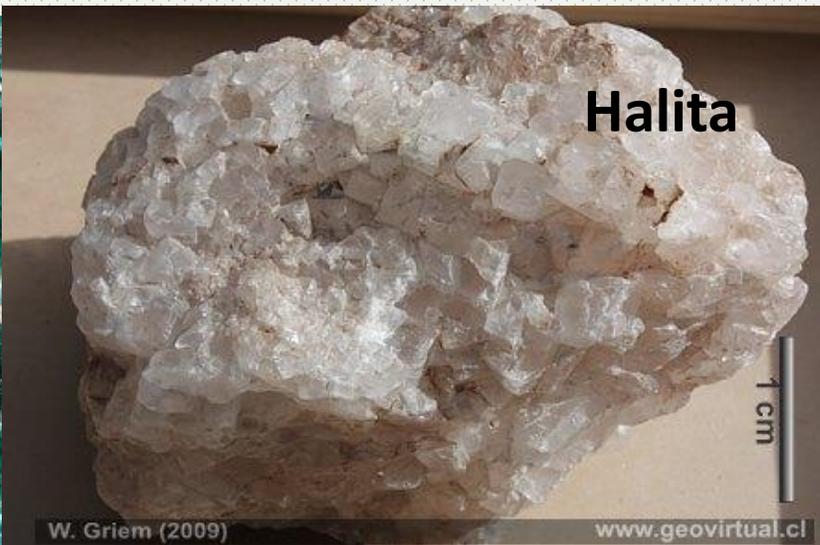
Cobre



Azufre

## 2. Haluros:

- iones halógenos (F y Cl) con cationes metálicos alcalinos/alcalino-térreos (Na, K, Ca, Mg)
- estructuras cristalinas iónicas.
- Baja dureza (fluoruros más duros que los cloruros)
- puntos de fusión de moderados a elevados.
- Malos conductores en estado sólido



## 3. Sulfuros:

- metales y metaloides (Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, Ni, Hg) con S, As, Sb (Antimonio).
- Opacos y brillo metálico
- Alto peso específico
- buen conductor
- Asociados a menas metálicas: Calcopirita, Galena, Esfalerita



Esfalerita



**GALENA**

**PIRITA**



## 4. Óxidos e Hidróxidos:

- **Óxidos:** metales con oxígeno como anión
- cuprita  $\text{Cu}_2\text{O}$ , corindón  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Hematita  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , cuarzo  $\text{SiO}_2$ , rutilo  $\text{TiO}_2$ , magnetita  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .
- **hidróxidos:** iones de hidróxido ( $\text{OH}^-$ ) o ( $\text{H}_2\text{O}^-$ ), con un metal
- limonita  $\text{FeOOH}$ ; goethita  $^*\text{-FeOOH}$ ; lepidocrocita  $^*\text{-FeOOH}$ .



## 5. Carbonatos, Nitratos, Boratos:

- ( $\text{XO}_3$ ) donde  $\text{X}$ :  $\text{C}^{4+}$ ,  $\text{N}^{5+}$ ,  $\text{B}^{3+}$  (enlace covalentes)
- $\text{XO}_3$  enlaces iónicos con metales
- **carbonatos** se disuelven en ácidos ( $\text{CO}_2$ )
- **Nitratos**: originan por precipitación química en cuencas continentales con fuerte evaporación y solubles en agua
- **Boratos**: blandos y coloraciones blancas, grises, amarillentas



# Carbonatos:

- Dureza entre 3 y 4
- Exfoliación romboédrica
- Brillo vítreo
- Constituyen rocas sedimentarias:
  - Calcita:  $\text{CaCO}_3$  (carbonato cálcico)
  - Dolomita:  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (carbonato de calcio y magnesio)
- Mineral de construcción, principal componente cemento portland



**CALCITA**





**DOLOMITA**

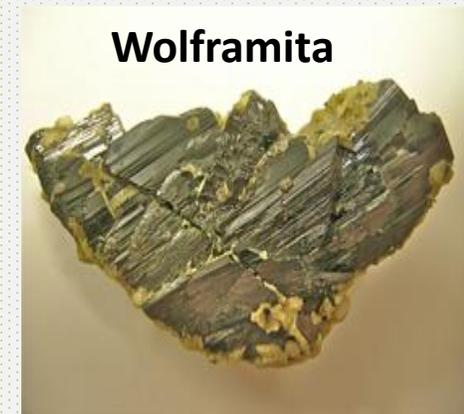


## 6. Sulfatos, cromatos, molibdatos y walframatos:

- grupos aniónicos  $(XO_4)^{2-}$  con cationes metálicos (Pb, Sr, Ba...)
- $X = S, Cr, Mo$  ó  $W$  (hexavalente)
- X-O enlace covalentes
- Unión  $(XO_4)^{2-}$  y los cationes es electrostática.
- blandos, solubles en agua, menos los que contienen cationes de gran radio (Ba, Sr, Pb).
- **Sulfatos:** alteración superficial (Yeso)
- **Cromatos y molibdatos:** oxidación de yacimientos de plomo
- **walframatos** (Wolframita): pegmatitas y filones hidrotermales.



Yeso  
 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$



Wolframita

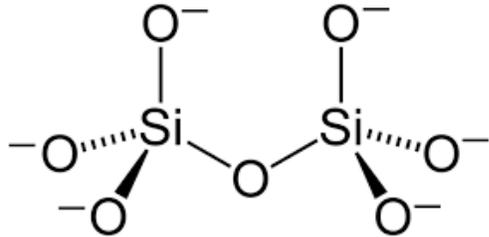
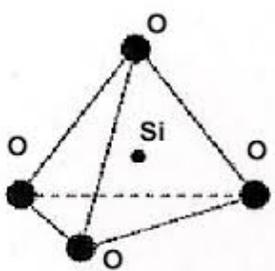
## 7. Fosfatos, Arseniados, Vanadiados:

- Tetraedros  $(XO_4)^{3-}$  con cationes metálicos
- X es (P, As, V)<sup>5+</sup>
- X-O son enlaces covalentes
- grupos aniónicos y cationes unión electrostática
- Fosfatos: Apatito y Monacita por su abundancia
- Arseniados y Vanadatos: hipergénicos (oxidación de filones metálicos)



# 8. Silicatos:

- 92 % de los minerales de la corteza
- La unidad estructural básica: tetraedro  $\text{SiO}_4$



**Nesosilicatos**

**Sorosilicatos**

**Ciclosilicatos**

**Inosilicatos**

**Filosilicatos**

**Tectosilicatos**

GRUPO			Fórmula silicio-oxígeno	Oxígenos enlazados
1	Tetraedro simple		$\text{SiO}_4$	0
2	Tetraedro doble		$\text{Si}_2\text{O}_7$	1
3	Anillo		$\text{Si}_6\text{O}_{18}$	2
4	Cadena		$\text{SiO}_3$	2
5	Cadena doble		$\text{Si}_4\text{O}_{11}$	2 y 3
6	Hoja		$\text{Si}_2\text{O}_5$	3
7	Red tridimensional		$\text{SiO}_2$	4 <i>iv</i>

# Nesosilicatos: (neso = isla)

- tetraedros aislados (sin compartir vértices)
- unidos a través de cationes intersticiales (mediante enlace iónico)
- Hábito es equidimensional o isométrico.
- Densos y duros
- Sin direcciones de exfoliación

GRUPO			Fórmula silicio-oxígeno	Oxígenos enlazados
Nesosilicatos	1	Tetraedro simple 	$\text{SiO}_4$	0
	2	Tetraedro doble 	$\text{Si}_2\text{O}_7$	1
	3	Anillo 	$\text{Si}_6\text{O}_{18}$	2
	4	Cadena 	$\text{SiO}_3$	2
	5	Cadena doble 	$\text{Si}_4\text{O}_{11}$	2 y 3
	6	Hoja 	$\text{Si}_2\text{O}_6$	3
	7	Red tridimensional 	$\text{SiO}_2$	4 <small>rv</small>

Andalucita ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ )



Olivino ( $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ )



# Olivino

- Nesosilicato ferromagnesianos
- Cristales pequeños y redondeados.
- Coloración verde a oscuro.
- Fractura concoide.
- Brillo vítreo



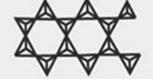
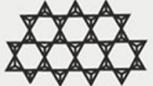
# Sorosilicatos:

- grupos tetraédricos dobles
- independientes
- dos tetraedros que comparten un oxígeno en el vértice común



Epidota ( $\text{Ca}_2(\text{Fe,Al})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$ )

## Sorosilicatos

GRUPO			Fórmula silicio-oxígeno	Oxígenos enlazados
1	Tetraedro simple		$\text{SiO}_4$	0
2	Tetraedro doble		$\text{Si}_2\text{O}_7$	1
3	Anillo		$\text{Si}_6\text{O}_{18}$	2
4	Cadena		$\text{SiO}_3$	2
5	Cadena doble		$\text{Si}_4\text{O}_{11}$	2 y 3
6	Hoja		$\text{Si}_2\text{O}_5$	3
7	Red tridimensional		$\text{SiO}_2$	4 <i>iv</i>

# Ciclosilicatos:

- grupos tetraédricos enlazados formando anillos cerradas
- Anillos triangulares, cuadrangulares y hexagonales
- relación de coordinación **Si:O = 1:3**

## Ciclosilicatos

GRUPO			Fórmula silicio-oxígeno	Oxígenos enlazados
1	Tetraedro simple		SiO <sub>4</sub>	0
2	Tetraedro doble		Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	1
3	Anillo		Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub>	2
4	Cadena		SiO <sub>3</sub>	2
5	Cadena doble		Si <sub>4</sub> O <sub>11</sub>	2 y 3
6	Hoja		Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	3
7	Red tridimensional		SiO <sub>2</sub>	4 <i>iv</i>



Berilo (Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>)



Turmalina (Chorlo)  
(NaFe<sub>3</sub>Al<sub>6</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>(OH)<sub>4</sub>)

# Inosilicatos:(ino = fibra)

- cadena **simple** (**Piroxenos**)
- cadena **doble** (**Anfíboles**)
- Piroxenos: prismas gruesos y cortos
- Anfíboles: cristales prismáticos alargados, aciculares o fibrosos

Inosilicatos

GRUPO		Fórmula silicio-oxígeno	Oxígenos enlazados
1	Tetraedro simple	$\text{SiO}_4$	0
2	Tetraedro doble	$\text{Si}_2\text{O}_7$	1
3	Anillo	$\text{Si}_6\text{O}_{18}$	2
4	Cadena	$\text{SiO}_3$	2
5	Cadena doble	$\text{Si}_4\text{O}_{11}$	2 y 3
6	Hoja	$\text{Si}_2\text{O}_6$	3
7	Red tridimensional	$\text{SiO}_2$	4



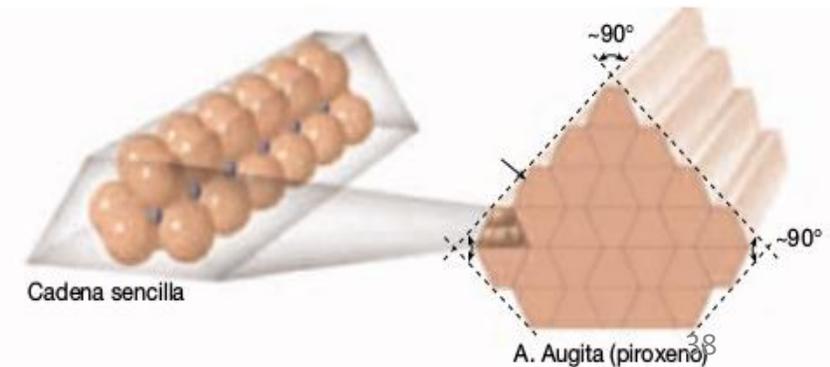
Augita  $((\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}, \text{Ti})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6)$



Hornblenda  $(\text{Ca}_2[\text{Mg}_4(\text{Fe}, \text{Al})]\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH}, \text{F})_2)$

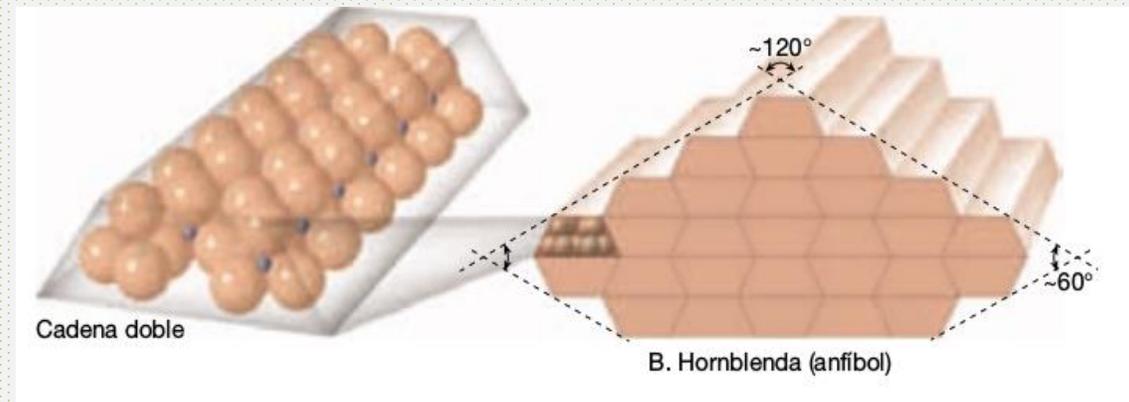
# Piroxenos

- Inosilicatos cadena simples
- Hierro y magnesio
- Raya blanca
- Brillo vítreo
- “Augita” (Basaltos)



# Anfíboles

- Inosilicatos de cadenas dobles de tetraedros.
- Hábito columnar (cristales alargados).
- Predominan en rocas claras de la corteza continental
- Hornblenda



# Filosilicatos:

- Estructura laminar (capas tetraédricas)
- Tetraedros comparte tres vértices Si:O= 2:5
- Capas octaédricas donde se alojan los cationes (Al, Mg y Fe)
- Hábito hojoso: una dirección de exfoliación dominante (exfoliación basal)
- Blandos y con bajo peso específico

GRUPO			Fórmula silicio-oxígeno	Oxígenos enlazados
1	Tetraedro simple		SiO <sub>4</sub>	0
2	Tetraedro doble		Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	1
3	Anillo		Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub>	2
4	Cadena		SiO <sub>3</sub>	2
5	Cadena doble		Si <sub>4</sub> O <sub>11</sub>	2 y 3
<b>Filosilicatos</b>				
6	Hoja		Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	3
7	Red tridimensional		SiO <sub>2</sub>	4



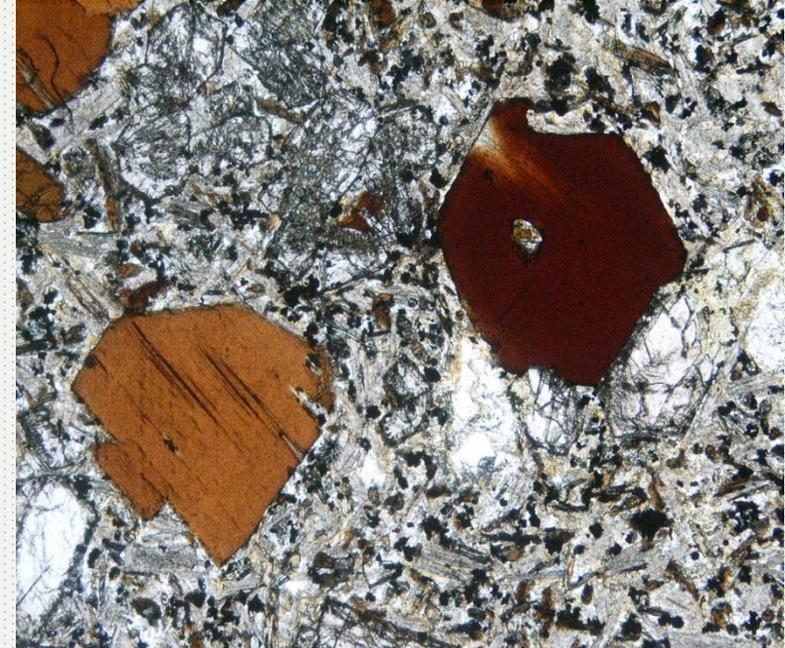
Clorita ((Fe,Mg)<sub>5</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub>)



Moscovita (KAl<sub>2</sub>(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>10</sub>(OH,F)<sub>2</sub>)

# Biotita

- Filosilicato: familia de las micas
- Coloración oscura (alto contenido de hierro)
- Exfoliación laminar.
- Brillo metálico.
- Constituyente de rocas ígneas (Granito)



# Moscovita

- Filosilicato: “micas”.
- Color claro.
- Exfoliación en láminas.
- Brillo perlado.



# Tectosilicatos: (tecto = andamios)

- Armazón tridimensional de tetraedros enlazados
- Vértices compartidos
- relación de coordinación  
 $\text{Si}:\text{O} = 1:2$

GRUPO		Fórmula silicio-oxígeno	Oxígenos enlazados
1	Tetraedro simple	$\text{SiO}_2$	0
2	Tetraedro doble	$\text{Si}_2\text{O}_7$	1
3	Anillo	$\text{Si}_6\text{O}_{18}$	2
4	Cadena	$\text{SiO}_3$	2
5	Cadena doble	$\text{Si}_4\text{O}_{11}$	2 y 3
6	Hoja	$\text{Si}_2\text{O}_6$	3
7	Red tridimensional	$\text{SiO}_2$	4

Tectosilicatos

Albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ )Ortosa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ )Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ )

# Feldespatos:

- Grupo más común de silicatos
- Se forman por cristalización
- Composición química diversa
- Exfoliación en 2 planos
- cristales rectangulares
- Dureza 6 escala de Mohs
- Brillo vítreo a perlado

Feldespato: Plagioclasa



Feldespato potásico

## 2 Tipos:

- **Feldespatos Potásicos:**

- Color claro a rosado.
- Ortosa y Microclina

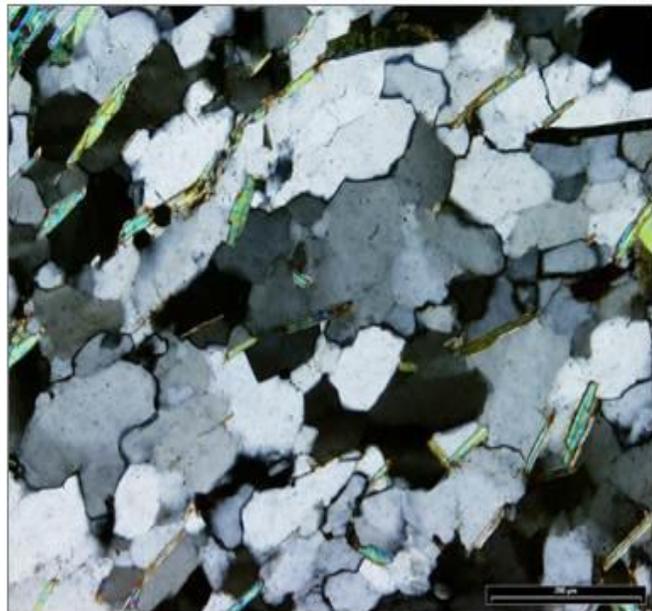
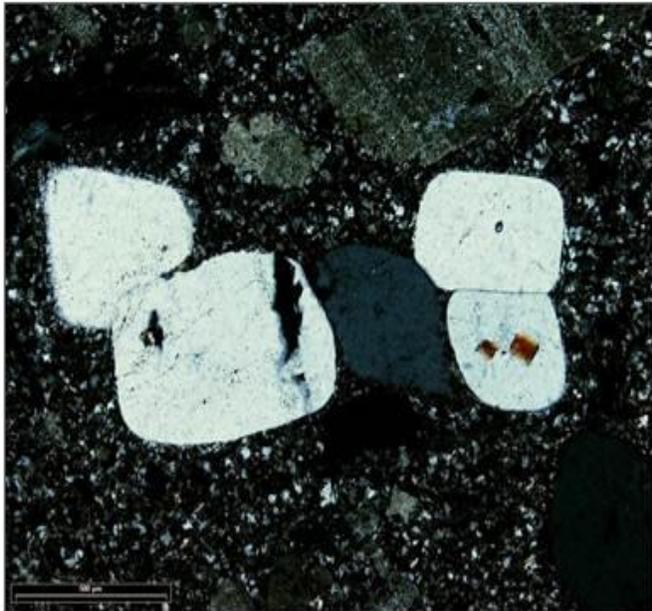
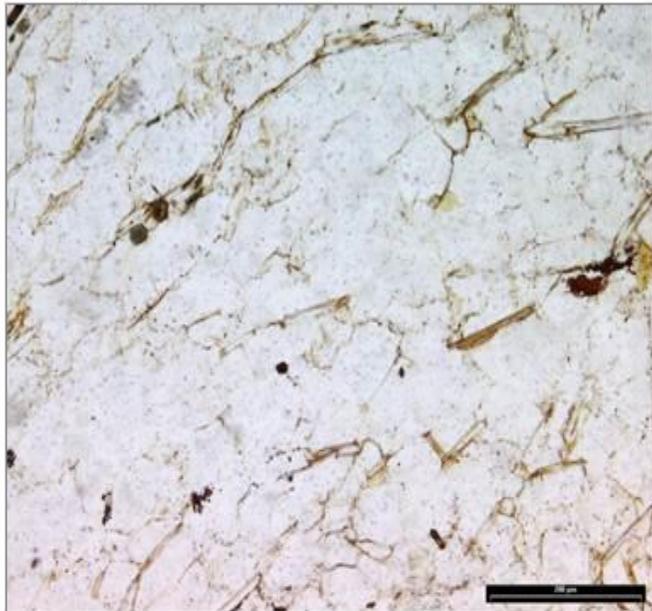


- **Feldespatos Calco - sódicos:**

- Color blanco a grisáceo, con maclas o estrías.
- Plagioclasas



Cuarzo



# MINERALES FORMADORES DE ROCAS



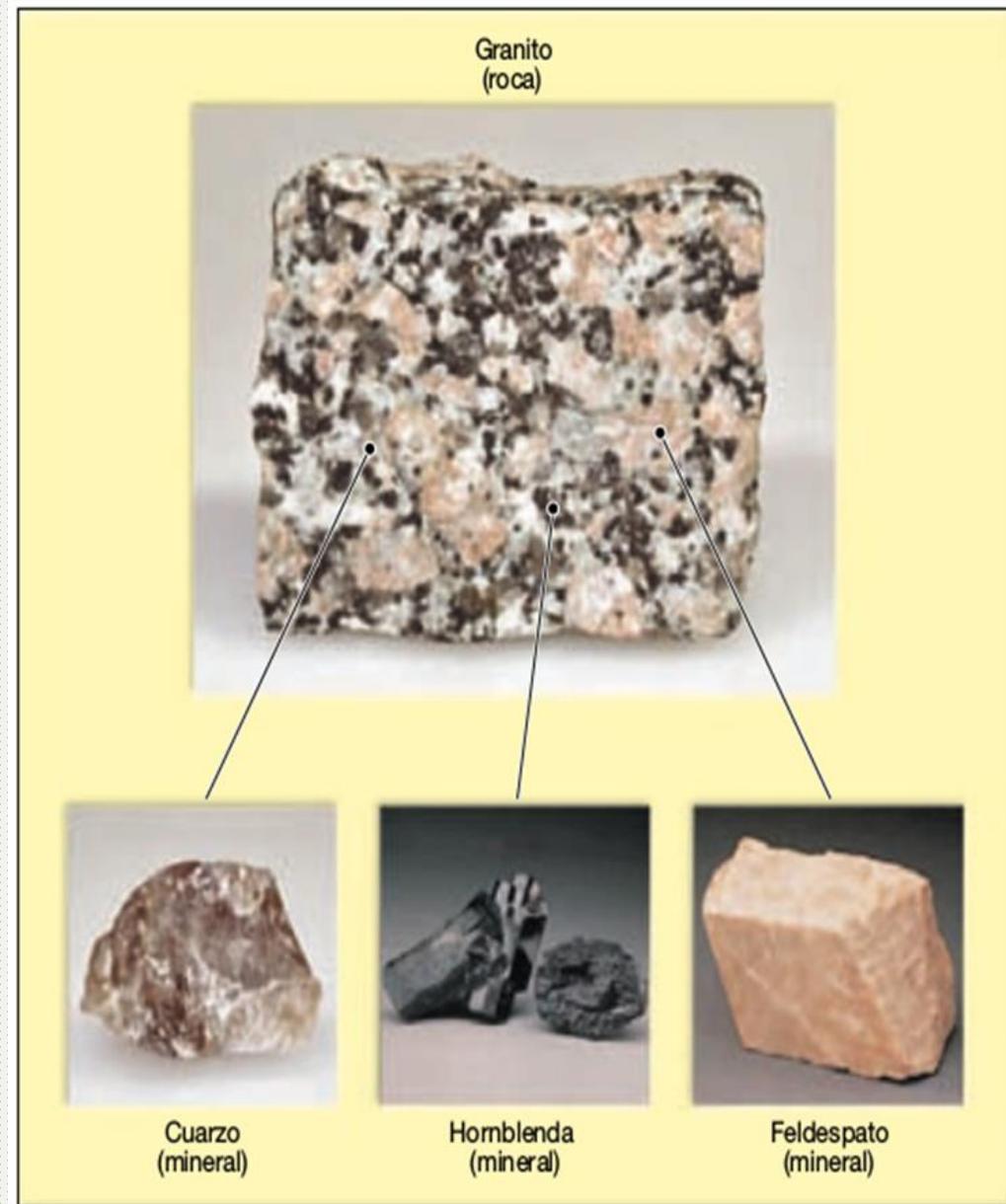
Los **minerales** son los componentes básicos de las **rocas**.

Los minerales son una combinación de elementos químicos (Oro y Azufre)

**Rocas:** Masa **sólida** formada por uno o más minerales (agregado mineral).

Los minerales están unidos de forma que se conservan las propiedades de cada uno.

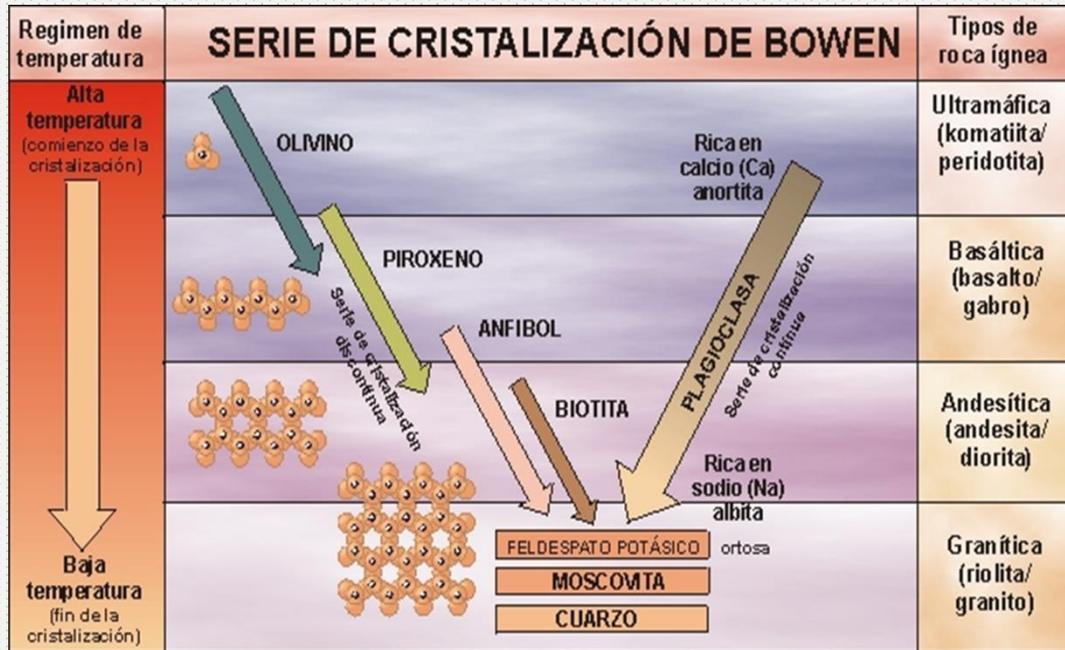
Ej.: Calizas, Granitos, Obsidiana, Carbón.



(Tarbuck & Lutgens, 2005)

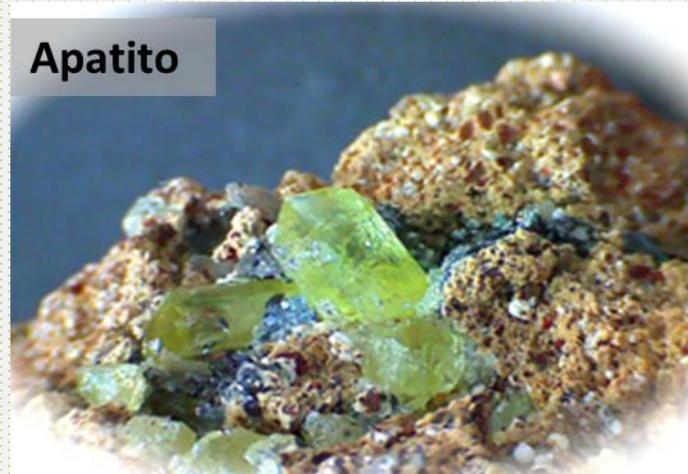
# Minerales Primarios:

- Formados a altas P y T
- Serie de Bowen
- Silicatos
- Clasificación



# Minerales Accesorios:

- Aparecen en menor abundancia
- No decisivos para la clasificación
- Fines económicos



Circón

# Minerales secundarios o arcillosos

- Originados por la meteorización de los silicatos
- Presentan grano muy fino y estructura laminar
- Predominan en las rocas sedimentarias (Pizarras y Lutitas)
- son importantes formadores de suelo
- Ej. Caolinita.



# Contenido visto en clase:

1. Conceptos básicos

2. Propiedades físicas de los minerales

- Estructura y sistemas cristalinos...

3. Clasificación de los minerales  
(composición)

4. Minerales como formadores de rocas

# Fuentes consultadas:

- Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. 8ª ed. Tarbuck & Lutgens (2005)
- Manual de mineralogía. 4ª ed., (Vol I y II). Klein & Hurlbut, Jr (1997)
- [www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl) Museo Virtual de Geología (Autor: Dr. Wolfgang Griem)

# Preguntas???

YOUR DAD'S BEEN  
UNDER A LOT OF  
PRESSURE LATELY.

