

# MINERALES,



compuestos, elementos, átomos e isótopos

Los minerales son los constituyentes de las rocas.

Los términos *mineral, compuesto, elemento, átomo e isótopo*, se refieren a diferentes niveles de organización de la materia.

El siguiente nivel de organización superior a mineral, desde el punto de vista de Ciencias de la Tierra (Geología), es el de ROCAS

# Mineral

---

- ✓ Compuesto o elemento de ocurrencia natural
  - ✓ Inorgánico,
  - ✓ Sólido ,
  - ✓ Con una composición química específica,
  - ✓ Que posee una estructura interna ordenada de átomos
- ⇒ como consecuencia de esta estructura interna presenta una
- forma cristalina característica (sólido) y,
  - propiedades físicas características.

## Ejemplos de qué es y qué no es mineral

---

Diamante vs. diamante sintético

Diamante vs. Carbón

Hielo vs. Agua

¿El petróleo es mineral?, ¿la resina es mineral?

**Mineraloide.**- Compuesto sólido natural sin composición química específica y sin estructura cristalina (amorfo).

Ejemplo: vidrio, resina, opalo

**Polimorfo.** Compuesto que bajo diferentes condiciones organiza su estructura cristalina de diferente manera.

---

Ejemplos

**Calcita vs. Aragonita**, diferentes minerales de misma composición:  $\text{CaCO}_3$

**Diamante vs. Grafito**, diferentes minerales de misma composición: **C (Carbono)**

**Pirita vs. Marcasita**, diferentes minerales de misma composición:  $\text{FeS}_2$

**Cuarzo vs Cristobalita vs. Tridimita**, diferentes minerales de misma composición:  $\text{SiO}_2$

# ÁTOMO

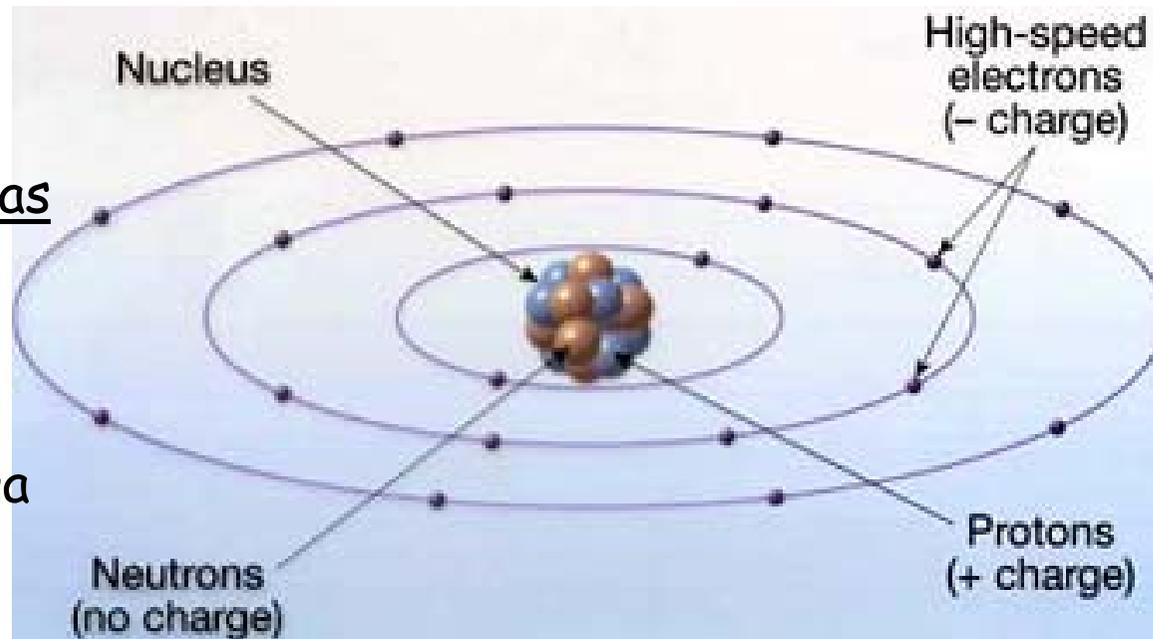
La más pequeña división de la materia que retiene las características químicas de un elemento.

Se representa como un sistema solar en miniatura con un núcleo de **protones** y **neutrones** y hasta 7 capas de electrones orbitando alrededor del núcleo

a) **Protones**.- partículas cargadas positivamente con masa de 1 AMU

b) **Neutrones**.-  
partículas  
eléctricamente neutras  
con masa de 1 AMU

c) **Electrones**.-  
partículas de tamaño  
infinitesimal con carga  
eléctrica negativa.

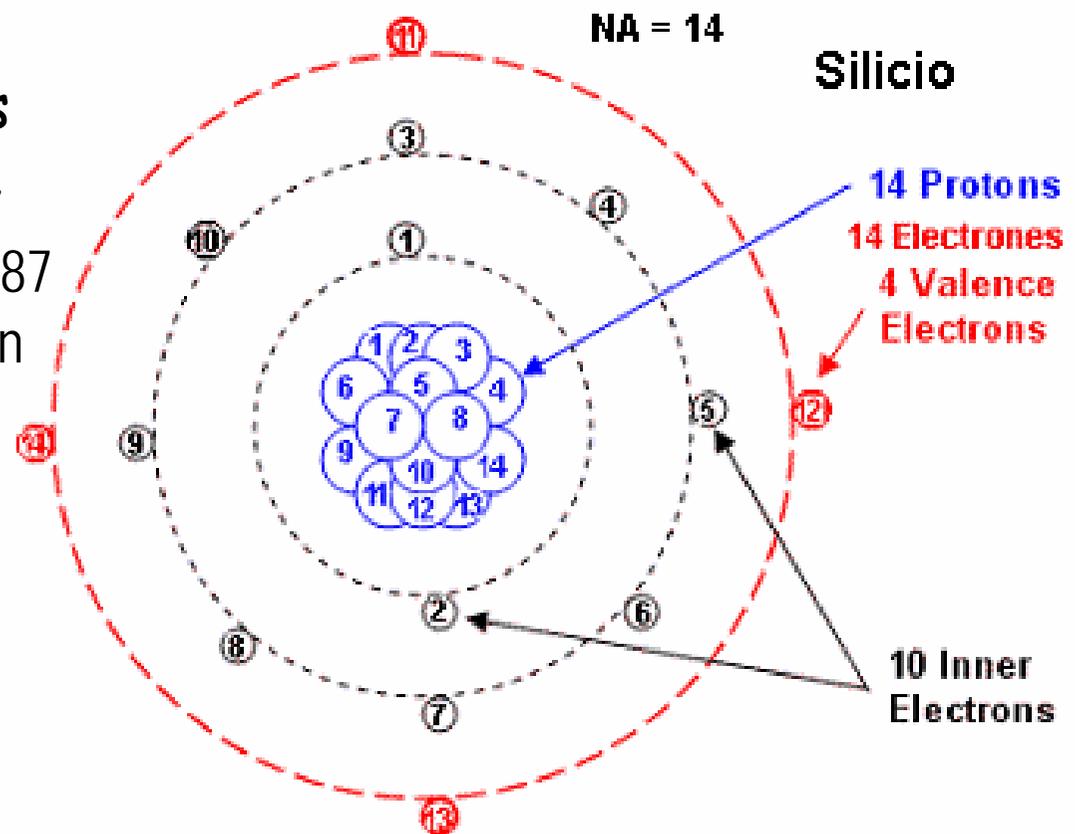


Número Atómico = Número de Protones (= # electrones)

Este número da la identidad de cada **ELEMENTO**

De No. Atómico 0 al 92 corresponden a elementos que ocurren naturalmente (el 61 es excepción; los 43, 85 y 87 son muy inestables, solo están en espectro estelar)

Del 92 en adelante **NO** ocurren naturalmente, cuando se logra producirlos, son inestables



|         |       |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |    |     |    |     |
|---------|-------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| Período | Grupo |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |    |     | 18 |     |
| 1       | 1     |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |    |     |    | 2   |
| 1       | 1     |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |    |     |    | 2   |
| 2       | 3     | 4  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5  | 6   | 7  | 8   | 9  | 10  |
| 2       | Li    | Be |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | B  | C   | N  | O   | F  | Ne  |
| 3       | 11    | 12 |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 13 | 14  | 15 | 16  | 17 | 18  |
| 3       | Na    | Mg |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Al | Si  | P  | S   | Cl | Ar  |
| 4       | 19    | 20 | 21 | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31 | 32  | 33 | 34  | 35 | 36  |
| 4       | K     | Ca | Sc | Ti  | V   | Cr  | Mn  | Fe  | Co  | Ni  | Cu  | Zn  | Ga | Ge  | As | Se  | Br | Kr  |
| 5       | 37    | 38 | 39 | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49 | 50  | 51 | 52  | 53 | 54  |
| 5       | Rb    | Sr | Y  | Zr  | Nb  | Mo  | Tc  | Ru  | Rh  | Pd  | Ag  | Cd  | In | Sn  | Sb | Te  | I  | Xe  |
| 6       | 55    | 56 | 57 | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 81 | 82  | 83 | 84  | 85 | 86  |
| 6       | Cs    | Ba | La | Hf  | Ta  | W   | Re  | Os  | Ir  | Pt  | Au  | Hg  | Tl | Pb  | Bi | Po  | At | Rn  |
| 7       | 87    | 88 | 89 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 |    | 114 |    | 116 |    | 118 |
| 7       | Fr    | Ra | Ac | Rf  | Db  | Sg  | Bh  | Hs  | Mt  | Uun | Uuu | Uub |    | Uuq |    | Uuh |    | Uuo |
|         |       |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |    |     |    |     |

Del 1 al 92 ocurren naturalmente con excepción del 61

43, 85 y 87 son muy inestables y solo están en espectro estelar

Del 92 en adelante no ocurren naturalmente y cuando se logra producirlos son muy inestables

|            |   |       |             |          |          |          |          |           |          |            |            |        |            |         |           |
|------------|---|-------|-------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|------------|------------|--------|------------|---------|-----------|
| Lantánidos | 6 | 58    | 59          | 60       | 61       | 62       | 63       | 64        | 65       | 66         | 67         | 68     | 69         | 70      | 71        |
|            |   | Ce    | Pr          | Nd       | Pm       | Sm       | Eu       | Gd        | Tb       | Dy         | Ho         | Er     | Tm         | Yb      | Lu        |
|            |   | Cerio | Praseodimio | Neodimio | Promecio | Samario  | Europio  | Gadolinio | Terbio   | Disproscio | Holmio     | Erbio  | Tulio      | Iturbio | Lutecio   |
| Actínidos  | 7 | 90    | 91          | 92       | 93       | 94       | 95       | 96        | 97       | 98         | 99         | 100    | 101        | 102     | 103       |
|            |   | Th    | Pa          | U        | Np       | Pu       | Am       | Cm        | Bk       | Cf         | Es         | Fm     | Md         | No      | Lr        |
|            |   | Torio | Protactinio | Uranio   | Neptunio | Plutonio | Americio | Curcio    | Berkelio | Californio | Einsteinio | Fermio | Mendelevio | Nobelio | Lawrencio |

Notas:

Metales    Metaloides    No metales    Gases nobles

(1) Base en peso atómico carbono de 12 ( ) indica el más estable o el de isótopo más conocido.

**Masa Atómica** =  $\Sigma$  de Protones + Neutrones del núcleo.

Un mismo elemento puede tener diferente masa atómica, en virtud a que el número de neutrones puede variar. Cada una de estas variaciones es un **ISÓTOPO**

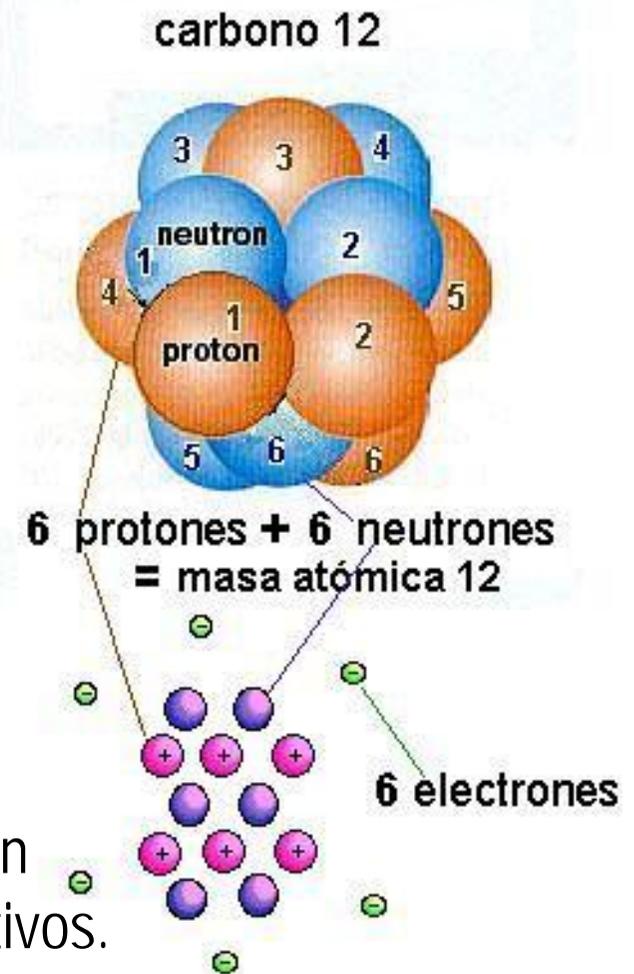
Ejemplo: la mayoría del H es de ma = 1 (1 protón); el deuterio es ma = 2 (1 protón, 1 neutrón) y el tritio es ma = 3 (1 protón, 2 neutrones)

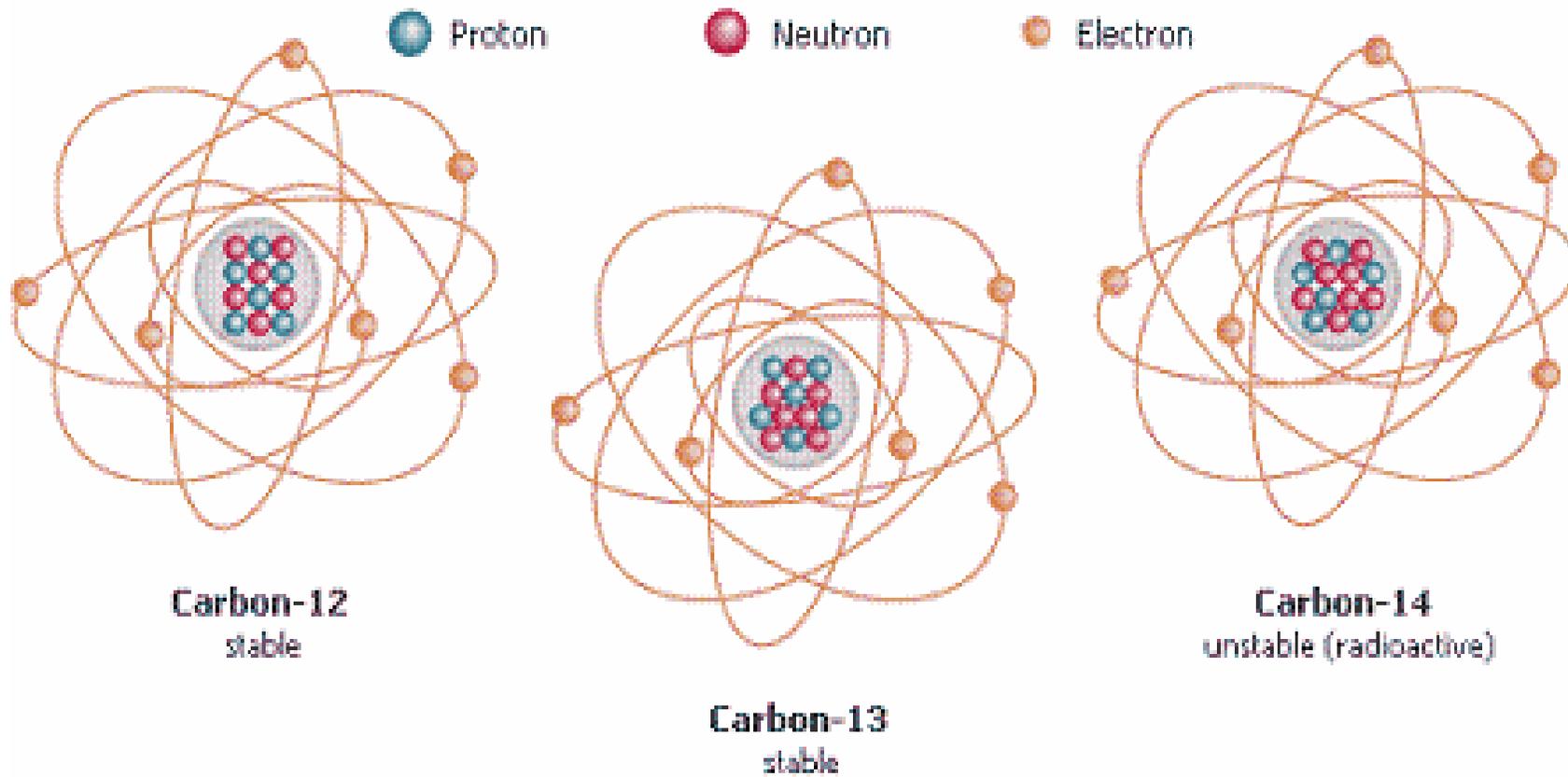
Entre más protones en el núcleo, hay más electrones y más capas orbitales.

En cada capa hay hasta un # determinado de electrones; en la última el máximo es 8 electrones

Elementos con 8 electrones en última capa son: gases inertes y son los más estables.

El resto de los elementos tiene < de 8 electrones en última capa,  $\Rightarrow$  por lo que son químicamente reactivos.





# Compuestos

Los Átomos de los elementos reaccionan unos con otros y forman **compuestos**.

Con estas reacciones se llenan las últimas capas de los átomos, con lo cual quedan químicamente estables.

En este proceso los átomos:

- a) **ganan** electrones: Aniones.- ion cargado **negativamente** (**# electrones** > **# proton**)
- b) **pierden** electrones: Cationes.- ion cargado **positivamente** (**# electrones** < **# protones**)

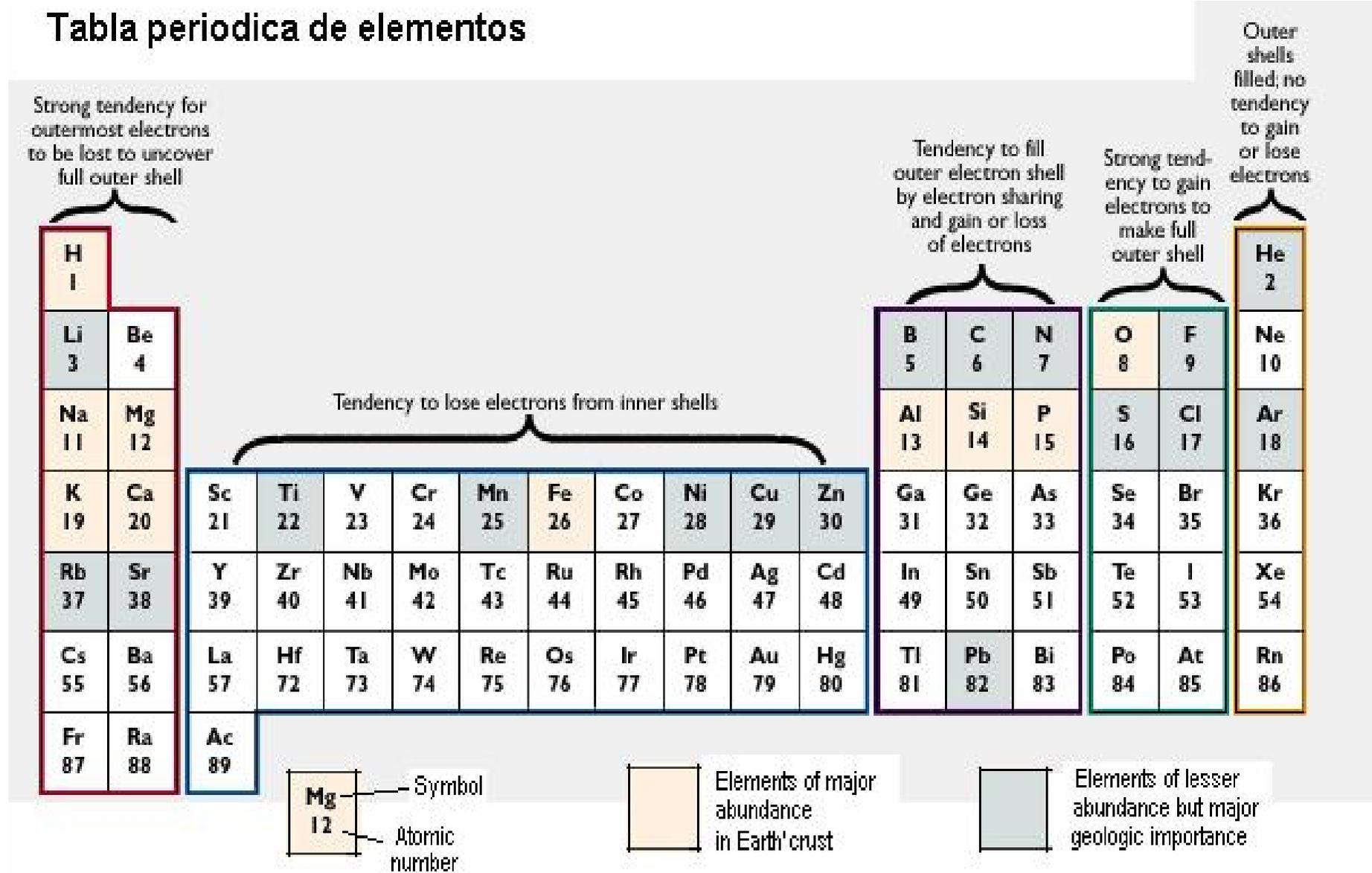
Átomos con 1,2 ó 3 electrones en última órbita  $\Rightarrow$  tienden a perderlos

Átomos con 4 ó más electrones en última órbita  $\Rightarrow$  tienden a ganarlos

Ejemplos: el Na con # atóm = 11  $\Rightarrow$  con 11 electrones: 2, 8 y 1, es catión con  $\text{Na}^{1+}$

El Cl con # atóm = 17  $\Rightarrow$  con 17 electrones: 2, 8, 7, es anión con  $\text{Cl}^{1-}$

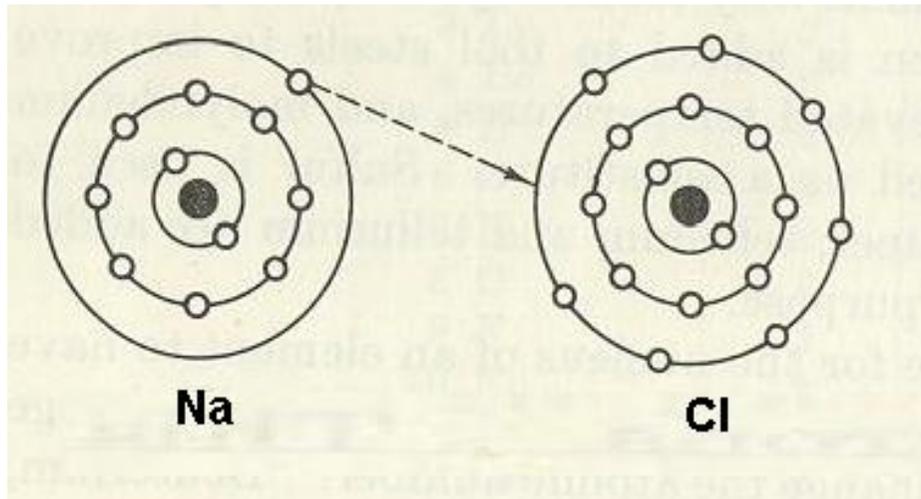
# Tabla periodica de elementos



# Tipo De Uniones Atómicas

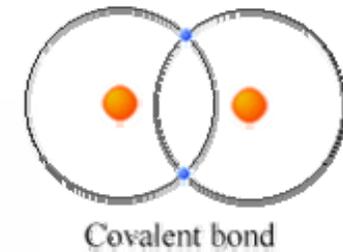
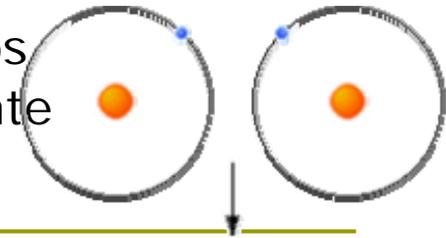
La forma como se unen los átomos de los compuestos, condiciona en gran medida el **arreglo interno ordenado de átomos** que ocurre en los minerales

**Iónica.** Electrón externo de un átomo se da a otro para completar sus 8 electrones de la última capa

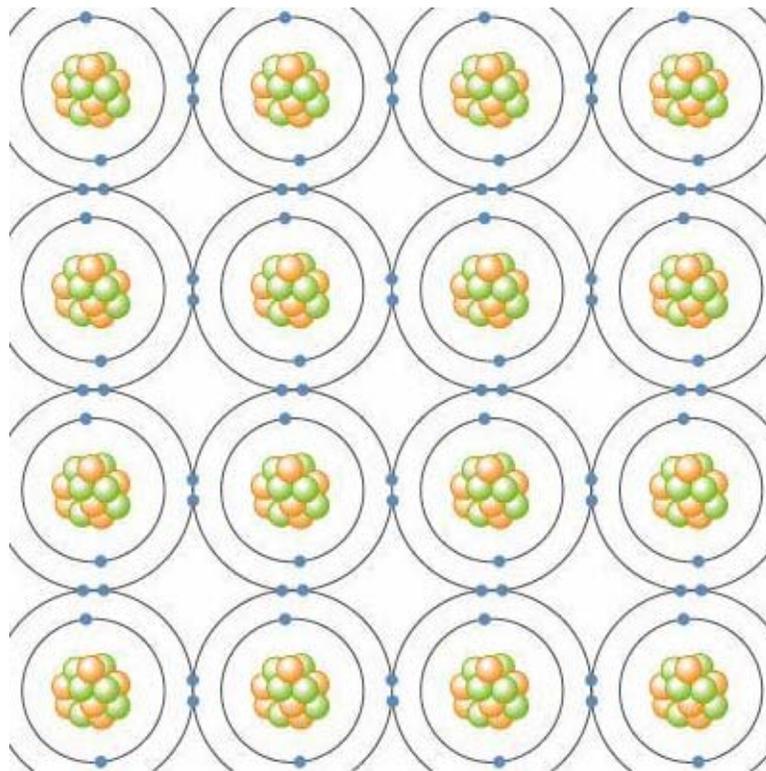


Ejemplo: el NaCl, LiF  
Característica importante: solubles en agua

**Covalente.** Unión más fuerte: electrones de ambos átomos son compartidos. La verdadera unión covalente solo se da con átomos del mismo elemento



Ejemplo: Diamante Característica: casi NO son solubles en agua

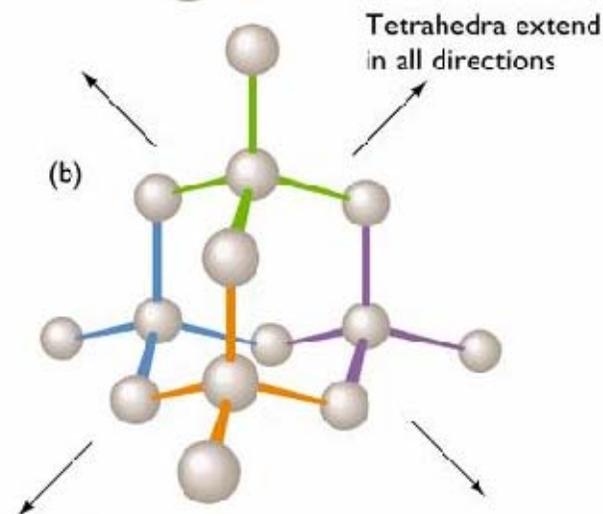
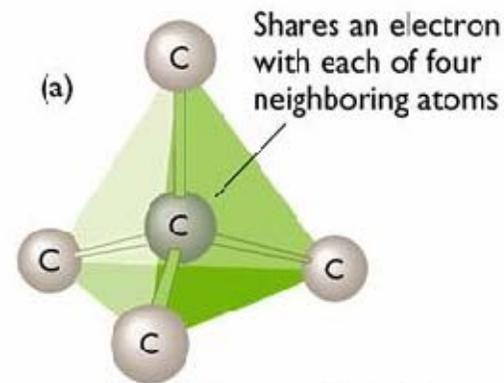


**Unión atómica del diamante.**

El diamante está compuesto por un solo elemento: carbono. Cada átomo de carbono tiene 4 electrones en su última capa y adquiere 4 más al compartir electrones con 4 átomos de carbono vecinos

(a) **Tetraedro de carbono** del diamante, formado por 1 átomo de carbono unido a otros 4

(b) **Red de tetraedros de carbono**



## Otros tipos de uniones atómicas

---

**Metálica.** Similares a uniones covalentes “apretadas”, porque la unión ocurre en capas más internas de energía y los electrones externos van de un lado a otro con facilidad

Presentan **propiedades** como conductividad eléctrica, térmica

**Van der Waals.** Atracción electrostática débil entre subunidades que tienen una cierta unión iónica o covalente

Ejemplo: grafito, talco

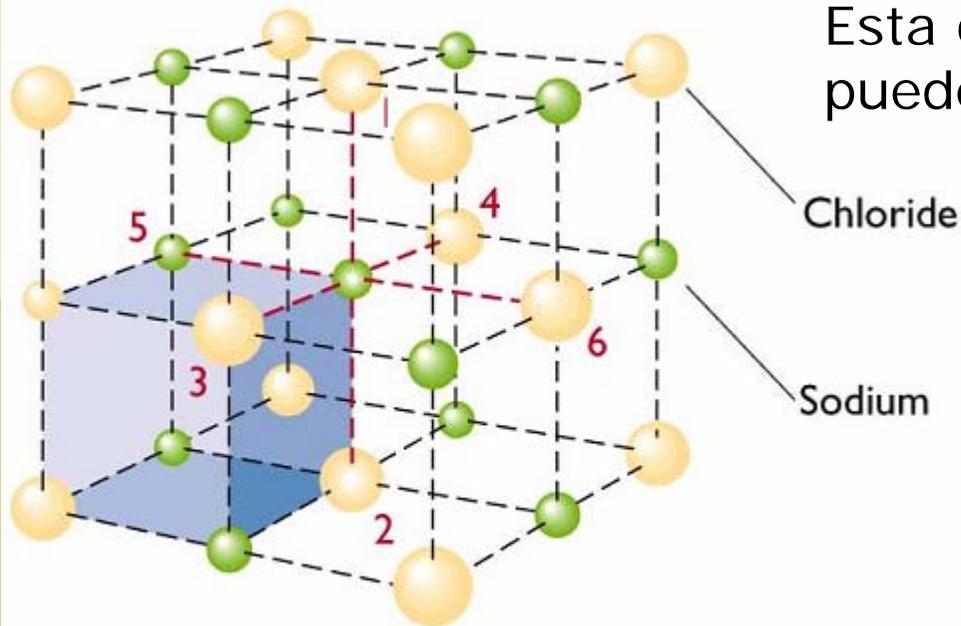
**Iones Complejos.** Iones combinados que actúan como si fueran un solo ion, formando pares fuertemente unidos.

Ejemplo:  $\text{CO}_3^{2-}$   $\text{SO}_4^{2-}$   $\text{NO}_3^{1-}$   $\text{SiO}_4^{4-}$

# Estructura cristalina de los minerales

Los Átomos individuales ordenados de los minerales se encuentran juntos en una red: **Látice Cristalino**. En esta red cada átomo o ión, se localiza en el mismo lugar específico

Si ocupan lugares **al azar** → estructura **amorfa**



Esta organización interna solo puede darse en un **Sólido**

**Estados de la Materia.**

**Sólido**, (baja °T ó alta °T y baja P)

Líquido y Gaseoso (alta °T ó baja °T y alta P)

Red de átomos de Cl y Na formando la estructura de la Halita (cloruro de sodio). Las líneas punteadas no son uniones entre átomos, sino que resaltan la estructura cúbica de los cristales de este mineral

en la Mineralogía,  
Lic. Biología  
NAM

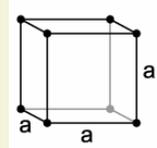
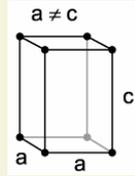
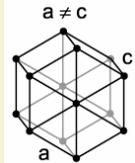
# Sistemas Cristalinos

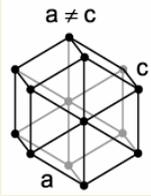
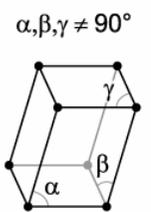
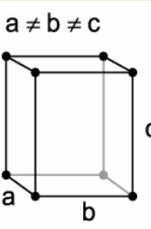
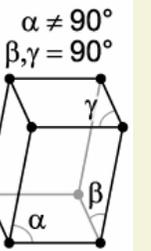
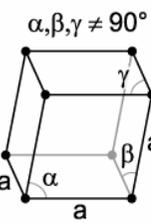
Existen **6 (7) Sistemas Cristalinos**: Isométrico, tetragonal, hexagonal, trigonal, ortorrómbico, monoclinico, triclinico.

Los cuáles se subdividen en **32 clases** en total.

Están caracterizados por su forma exterior (ángulos entre caras) pero principalmente por: sus **elementos de simetría**:

Eje de simetría: su longitud relativa y ángulos entre estos ejes;  
Planos de simetría y Centro de simetría.

| Sistema Cristalino            | Ejes           | Ángulos entre ejes                                 |   |
|-------------------------------|----------------|--|---|
| Isométrico (Cúbico ó Regular) | $a = b = c$    | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ;             |   |
| Tetragonal                    | $a = b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$               |  |
| Hexagonal                     | $a = b \neq c$ | $\alpha = \beta = 90^\circ$ ; $\gamma = 120^\circ$ |  |

|                          |                          |   |   |
|--------------------------|--------------------------|---|---|
| Hexagonal                | $a = b \neq c$           | $\alpha = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ$                     |    |
| Trigonal (o Romboédrico) | $a = b = c$              | $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$                             |    |
| Ortorrómico              | $a \neq b \neq c \neq a$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$                                |    |
| Monoclínico              | $a \neq b \neq c \neq a$ | $\alpha = \gamma = 90^\circ; \beta \neq 90^\circ$                   |   |
| Triclínico               | $a \neq b \neq c \neq a$ | $\alpha \neq \beta \neq \gamma$<br>(Todos distintos de $90^\circ$ ) |  |

# PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES

**Color.**- Propiedad más conspicua pero menos confiable. Depende del grado de absorción de la luz. Las pequeñas impurezas pueden cambiar el color.

**Raya.**- Color del polvo al rayarse. En algunos casos es diagnóstico como la hematita

**Lustre.**- Apariencia de la superficie bajo luz reflejada: Metálico, No Metálico (perlado, sedoso, vítreo, terroso, adamantino)

**Dureza.**- Resistencia a ser rayado. Se usa escala de Mohs del 1 al 10; 1 = yeso (el más suave), 10 = diamante (el más duro)

**Clivaje.**- Muy diagnóstica. Tendencia a romperse a lo largo de ciertos planos (débiles)

**Fractura.**- En minerales sin clivaje. Planos en los que se rompe cuando se golpean (ej. concoidal)

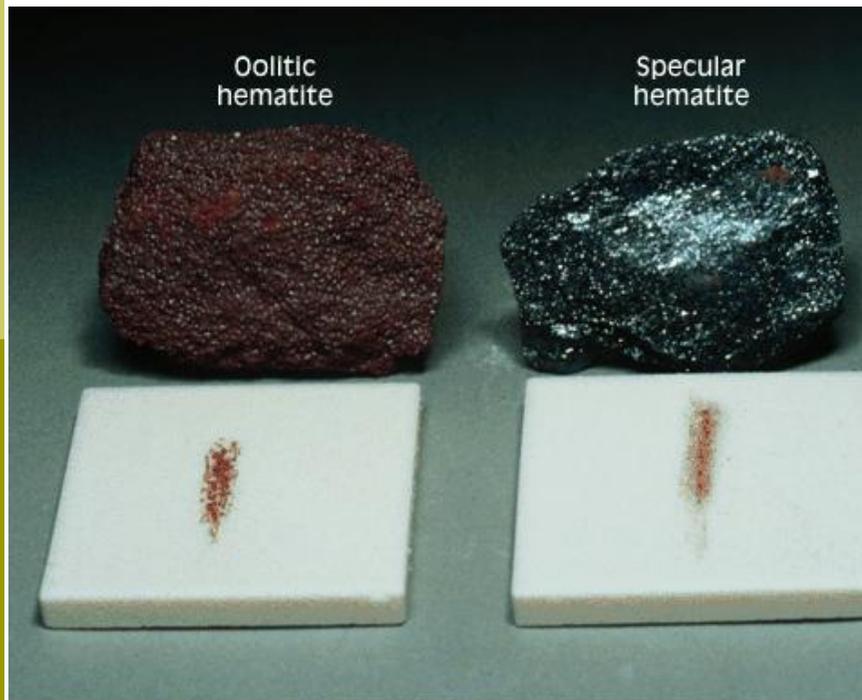
**Peso Específico.**- masa del sólido ó mineral / masa de agua de igual volumen que el sólido o mineral. Aumenta con el incremento del número atómico. (la mayoría está entre 2.5 y 3)

**Reacción al ácido.**- "burbujeo" al HCl Ej.:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}_2 + 2\text{Cl}_2$

**Forma.**- ángulos entre caras, reflejo de estructura cristalina.

**Sabor.**- Con precaución, útil para halita (NaCl), y silvita (KCl)

**Color.**- Propiedad conspicua pero poco indicativa. Ve los diferentes colores que puede tener el Cuarzo debido a sus impurezas



Raya

Aunque el color de un mineral varía, la raya usualmente varía menos

**Raya.**- Aunque el color de un mineral varía, el color de la raya es una propiedad más característica

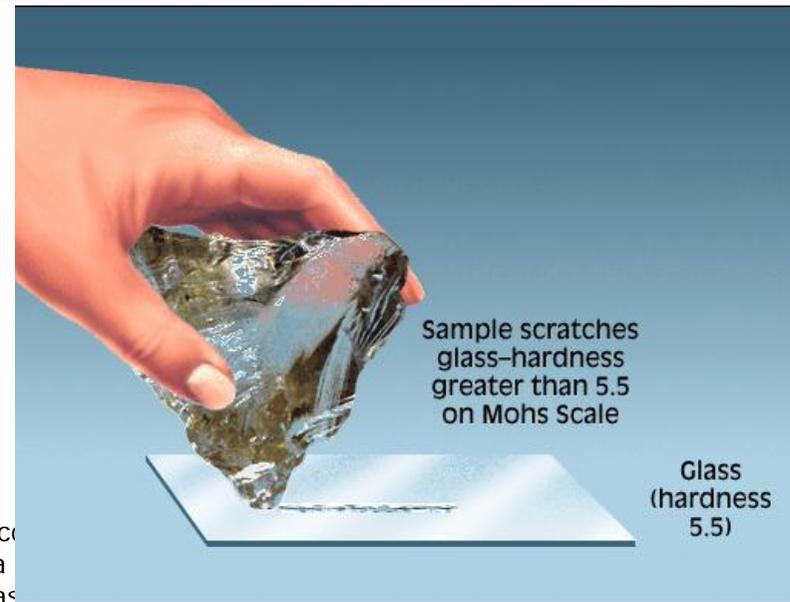
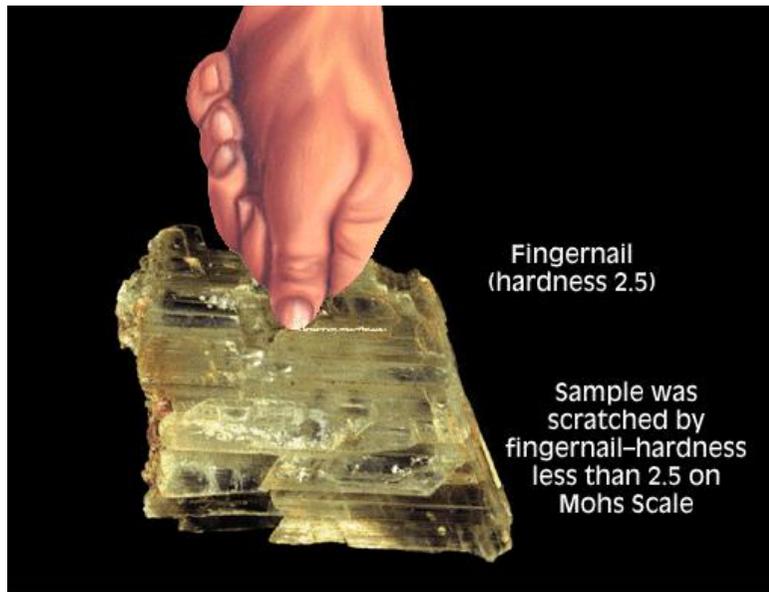


Tierra. Lic. Biología  
UNAM

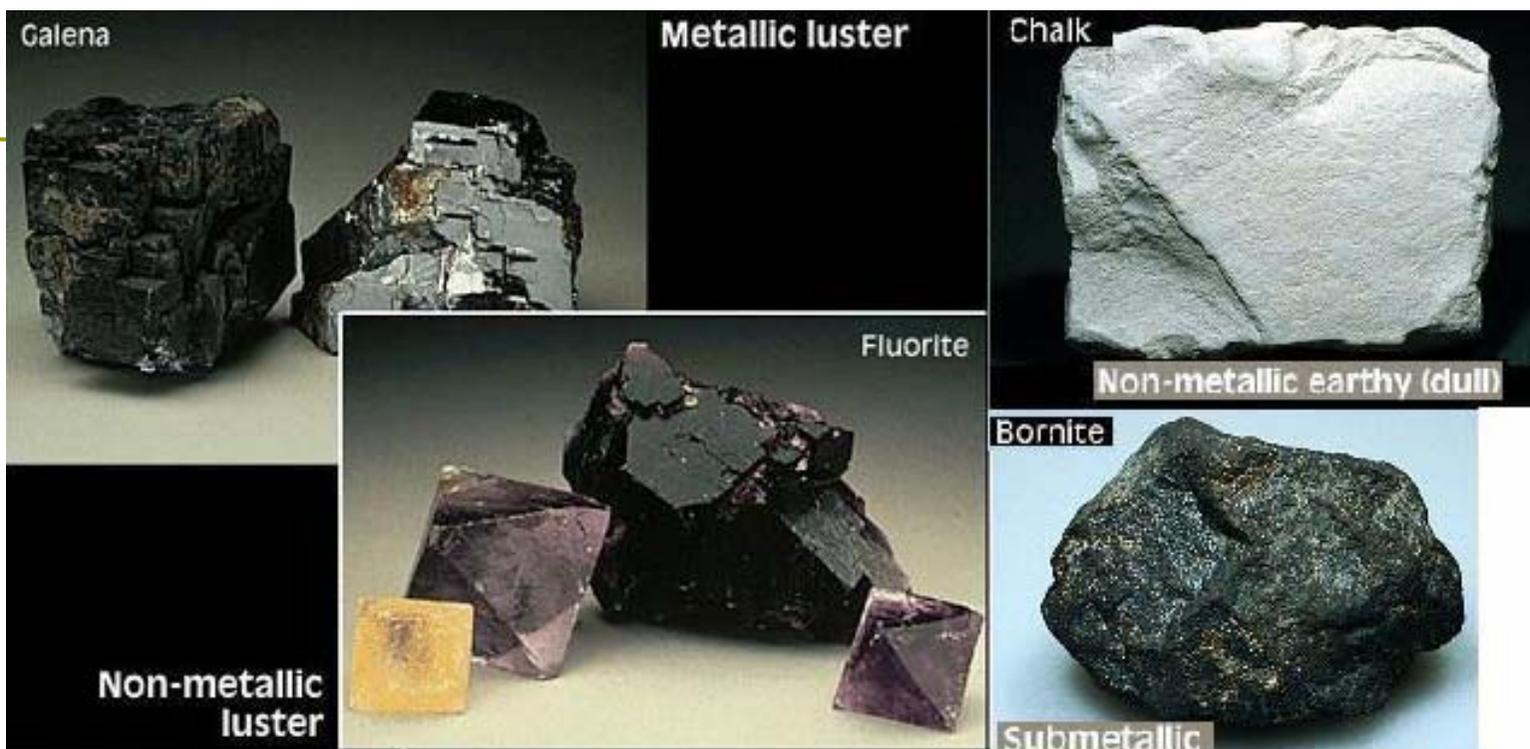
# Dureza

## Mohs Scale of Hardness

| Mineral    | Scale Number | Common Objects             |
|------------|--------------|----------------------------|
| Talc       | 1            |                            |
| Gypsum     | 2            |                            |
| Calcite    | 3            | Fingernail<br>Copper Penny |
| Fluorite   | 4            |                            |
| Apatite    | 5            | Steel Nail<br>Glass Plate  |
| Orthoclase | 6            |                            |
| Quartz     | 7            |                            |
| Topaz      | 8            | Streak Plate               |
| Corundum   | 9            |                            |
| Diamond    | 10           |                            |



# Lustre

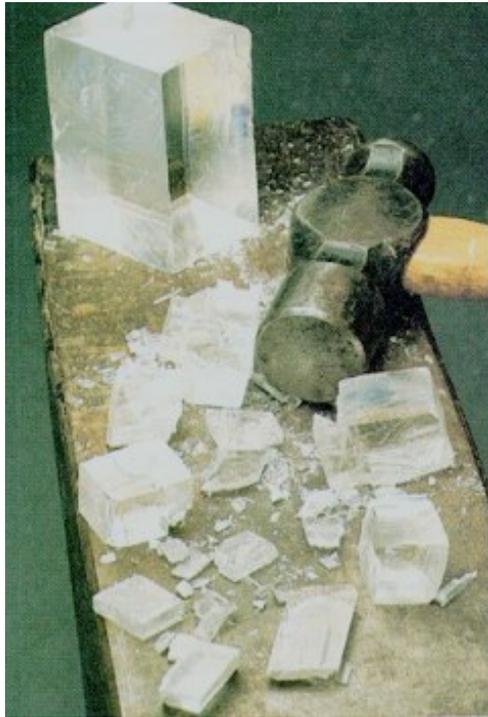


## Lustre

- Metálico
- Submetálico
- No metálico vítreo
- No metálico resinoso
- No metálico terroso
- No metálico perlado



# Clivaje y Fractura



**Clivaje:** Tendencia a romperse a lo largo de ciertos planos (débiles)

Prof. Cecilia I. Caballero M



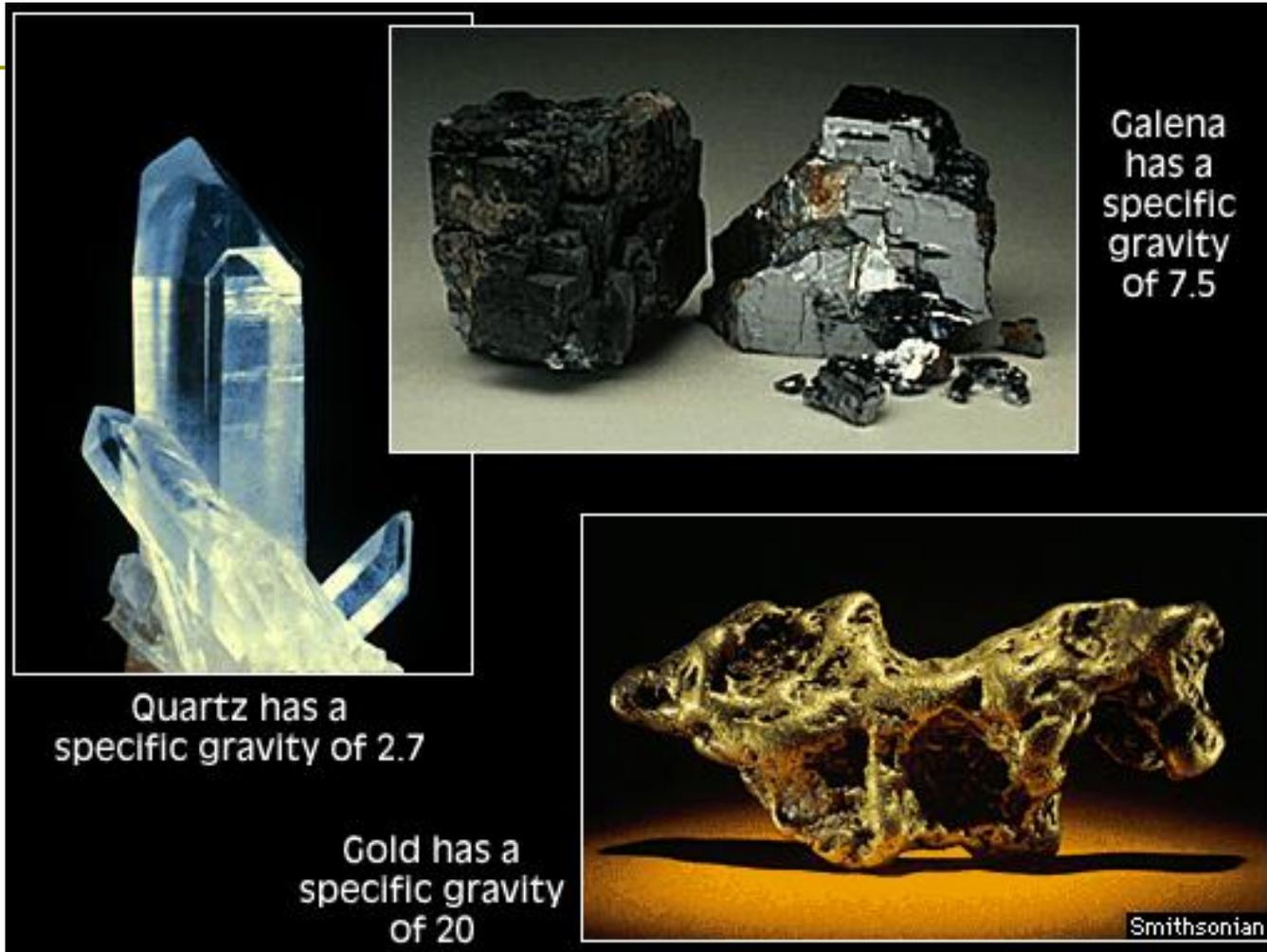
El cuarzo, que tiene uniones silicio-oxigeno igualmente fuertes en todas direcciones (estructura de red tridimensional), no tiene clivaje sino fractura conoidal



Fractura fibrosa

## Peso específico

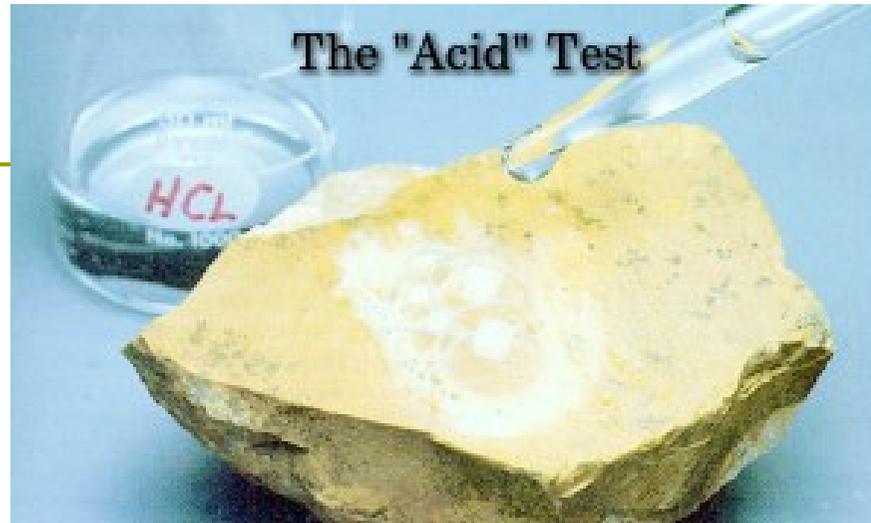
la mayoría de los minerales está entre 2.5 y 3



## Peso específico

Relación entre el peso del mineral y el peso de un volumen igual de agua

## Reacción al ácido



## Sabor



# CLASIFICACION DE MINERALES.

| Abundancia relativa de los elementos más comunes en la corteza terrestre |                                |
|--|--------------------------------|
| Elemento   | Porcentaje Aproximado por Peso |
| Oxigeno (O)  | 46.6                           |
| Silicio (Si)   | 27.7                           |
| Aluminio (Al)  | 8.1                            |
| Hierro (Fe)  | 5.0                            |
| Calcio (Ca)  | 3.6                            |
| Sodio (Na)   | 2.8                            |
| Potasio (K)  | 2.6                            |
| Magnesio (Mg)  | 2.1                            |
| Otros  | 1.7                            |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>                     |

Dada la composición de los elementos de la corteza terrestre, los minerales pueden clasificarse de forma muy general en dos:

- 1. Silicatos.**
- 2. No Silicatos.**

Los primeros (constituidos por el anión  $\text{SiO}_2$ ) están subdivididos con base en el contenido de su principal catión: Fe y los segundos de acuerdo con sus aniones constitutivos.

**(a) Silicatos.** Constituidos por tetraedros de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), estructura básica, dispuestos en diversos "arreglos"

**i) Ferromagnesianos**

arreglos de tetraedros aislados (grupo del olivino),  
arreglos de cadenas sencillas (grupo de piroxenos),  
cadenas dobles (grupo de anfíboles),  
arreglos en capas (micas oscuras: biotita)

**ii) No Ferromagnesianos**

en capas (micas claras: muscovita)  
en redes tridimensionales (grupo de los feldespatos y el cuarzo)

**(b) No Silicatos** Constituidos por varios grupos de acuerdo con sus aniones

**Elementos nativos** (Au, Ag, Cu)

**Óxidos** ( $\text{O}^{2-}$ ) e **Hidróxidos** ( $\text{OH}^-$ ) ej. hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y brucita ( $\text{Mg}[\text{OH}]_2$ )

**Haluros** cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), fluoruros ( $\text{F}^-$ ), bromuros ( $\text{Br}^-$ ), yoduros ( $\text{I}^-$ ),  
ej. halita ( $\text{NaCl}$ )

**Carbonatos** ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ej calcita  $\text{CaCO}_3$

**Sulfatos** ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ej. yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ),

**Sulfuros y sulfosales** (S) ej pirita ( $\text{FeS}_2$ ),

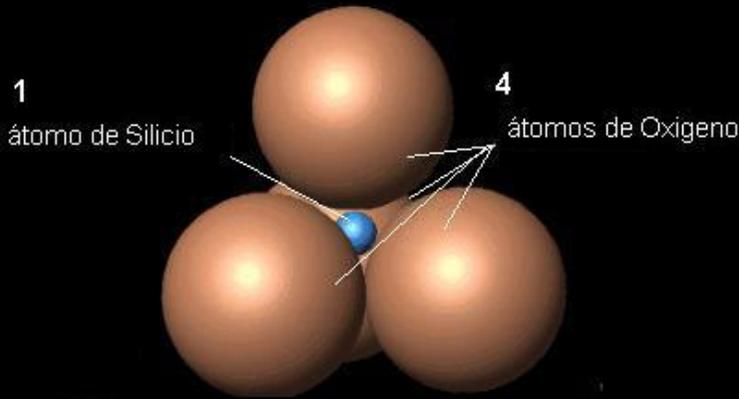
**Fosfatos** ( $\text{PO}_4$ ), Arsenatos, Vanadatos y Boratos ej apatito ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 (\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$ ),

**Orgánicos** (no son verdaderos minerales) ej. ámbar

Estructura básica de los silicatos: **tetraedro de silicio-oxígeno**

Funciona como un **ion**:  $\text{SiO}_4$  con carga de 4-

Y forma compuestos químicos neutros con la adición de iones cargados positivamente: **cationes**

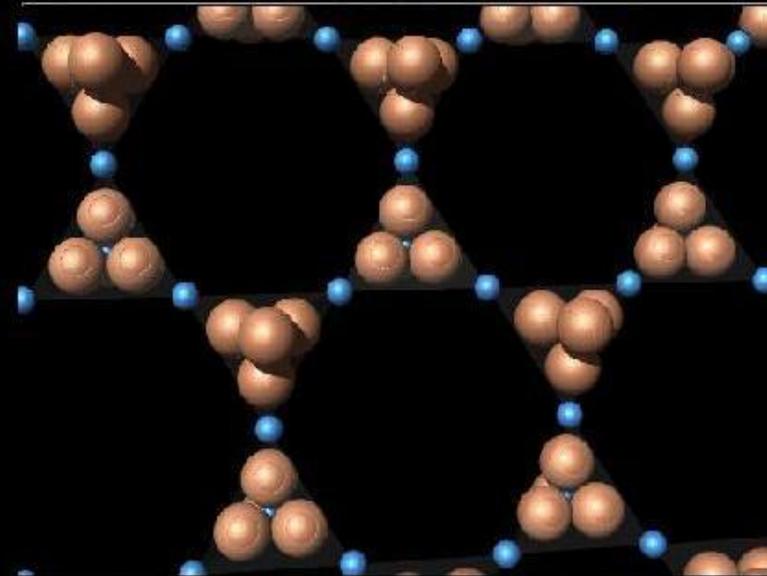


**Tetraedro de Silicio - oxígeno**

El tetraedro de silicio-oxígeno no es un compuesto, sino un ion  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  con una carga de -4  
En la naturaleza los tetraedros forman compuestos químicos neutros con la adición de iones cargados positivamente: cationes

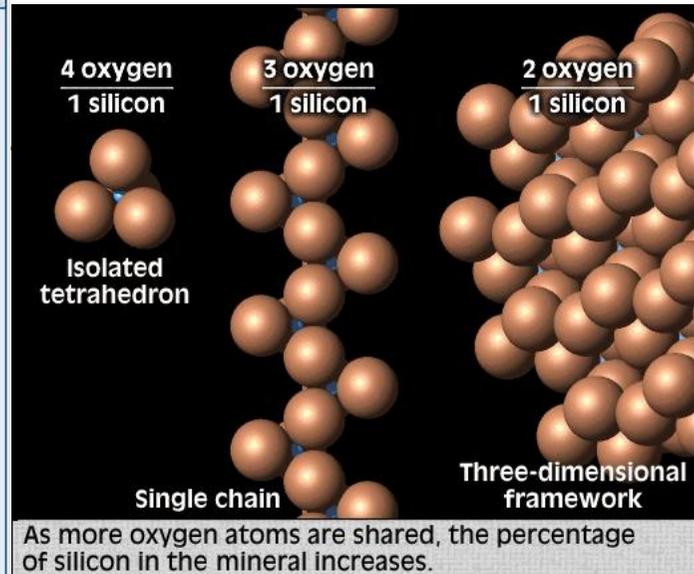
| Iones negativos   | Cationes positivos   |  |  |
|---|--|--|--|
|   |  $\text{Si}^{4+}$<br>0.39 |  $\text{Al}^{3+}$<br>0.51 |  |
|   |  $\text{Fe}^{3+}$<br>0.64 |  $\text{Mg}^{2+}$<br>0.66 |  $\text{Fe}^{2+}$<br>0.74 |
|  $\text{O}^{2-}$<br>1.40 |  $\text{Na}^{1+}$<br>0.97 |  $\text{Ca}^{2+}$<br>0.99 |  $\text{K}^{1+}$<br>1.33 |

De esta forma se producen estructuras estables químicamente, consistentes de tetraedros unidos por cationes



Así los tetraedros forman estructuras variadas en las que se comparten los átomos de Oxígeno de los tetraedros vecinos

| Mineral                      | Idealized Formula   | Cleavage                   | Silicate Structure                         | Contenido de                           |       |
|------------------------------|---|----------------------------|--|--|-------|
|                              |   |                            |  | Fe                                     | Si    |
| Olivine                      | $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$  | None                       | Single tetrahedron                         |  | - Si  |
| Pyroxene group (Augite)      | $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$  | Two planes at right angles | Single chains                              | Silicatos Ferromagnesianos (oscuros)   |       |
| Amphibole group (Hornblende) | $\text{Ca}_2(\text{Fe,Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{10}(\text{OH})_2$        | Two planes at 60° and 120° | Double chains                              |  |       |
| Micas                        | Biotite $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ | One plane                  | Sheets                                     | Silicatos No ferromagnesianos (claros) |       |
|                              | Muscovite $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$         |                            |  |  |       |
| Feldspars                    | Orthoclase $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$                                     | Two planes at 90°          | Three-dimensional networks (expanded view) |  |       |
|                              | Plagioclase $(\text{Ca,Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$                       |                            |  |  |       |
| Quartz                       | $\text{SiO}_2$  | None                       |  |  | ++ Si |



# FORMACIÓN DE MINERALES

---

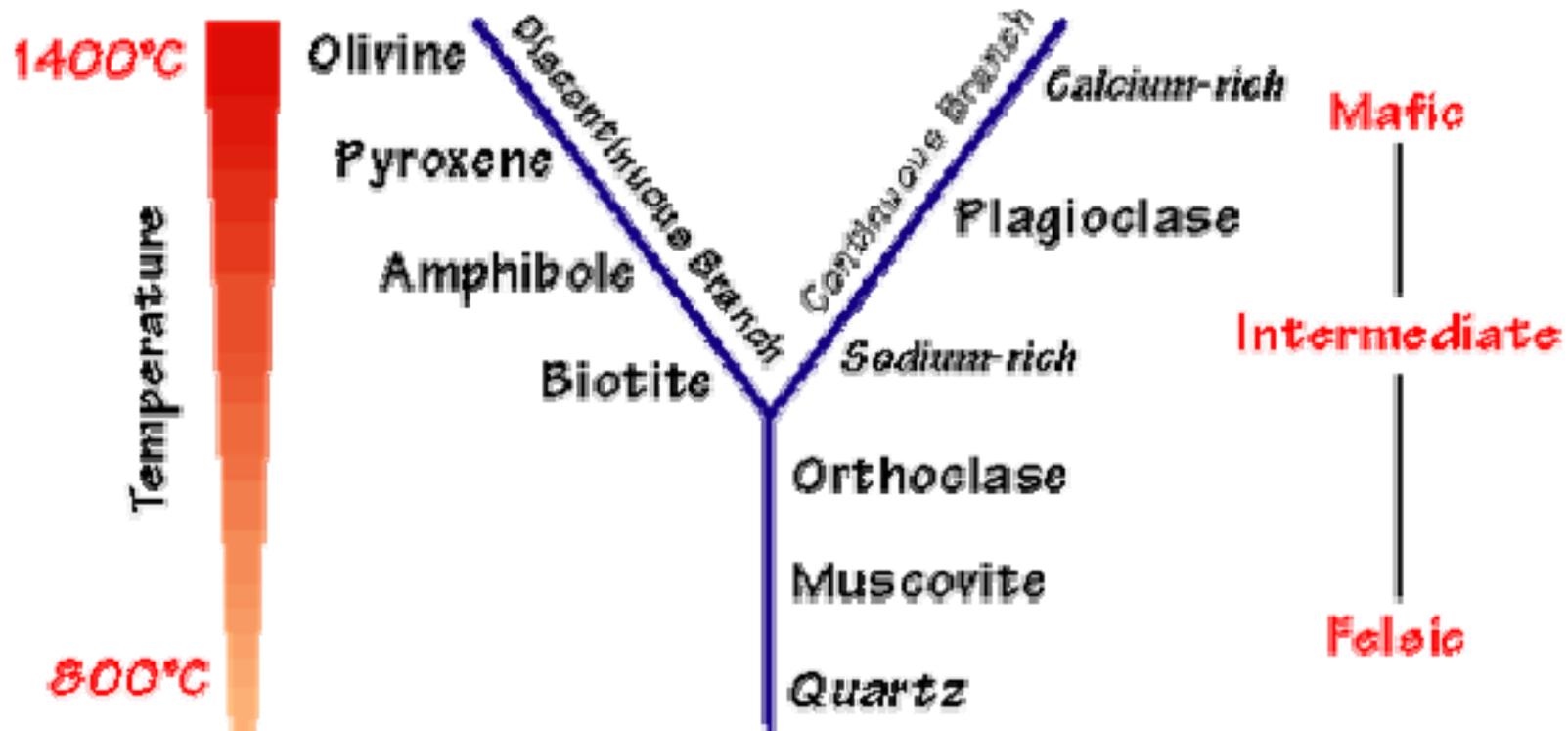
Todos los minerales que observamos en las rocas tienen determinada **temperatura de formación** (la transición de fase líquida a sólida), que va desde la temperatura ambiente (como los minerales formados en las rocas sedimentarias) hasta altas temperaturas (como las de una lava o magma al enfriarse).

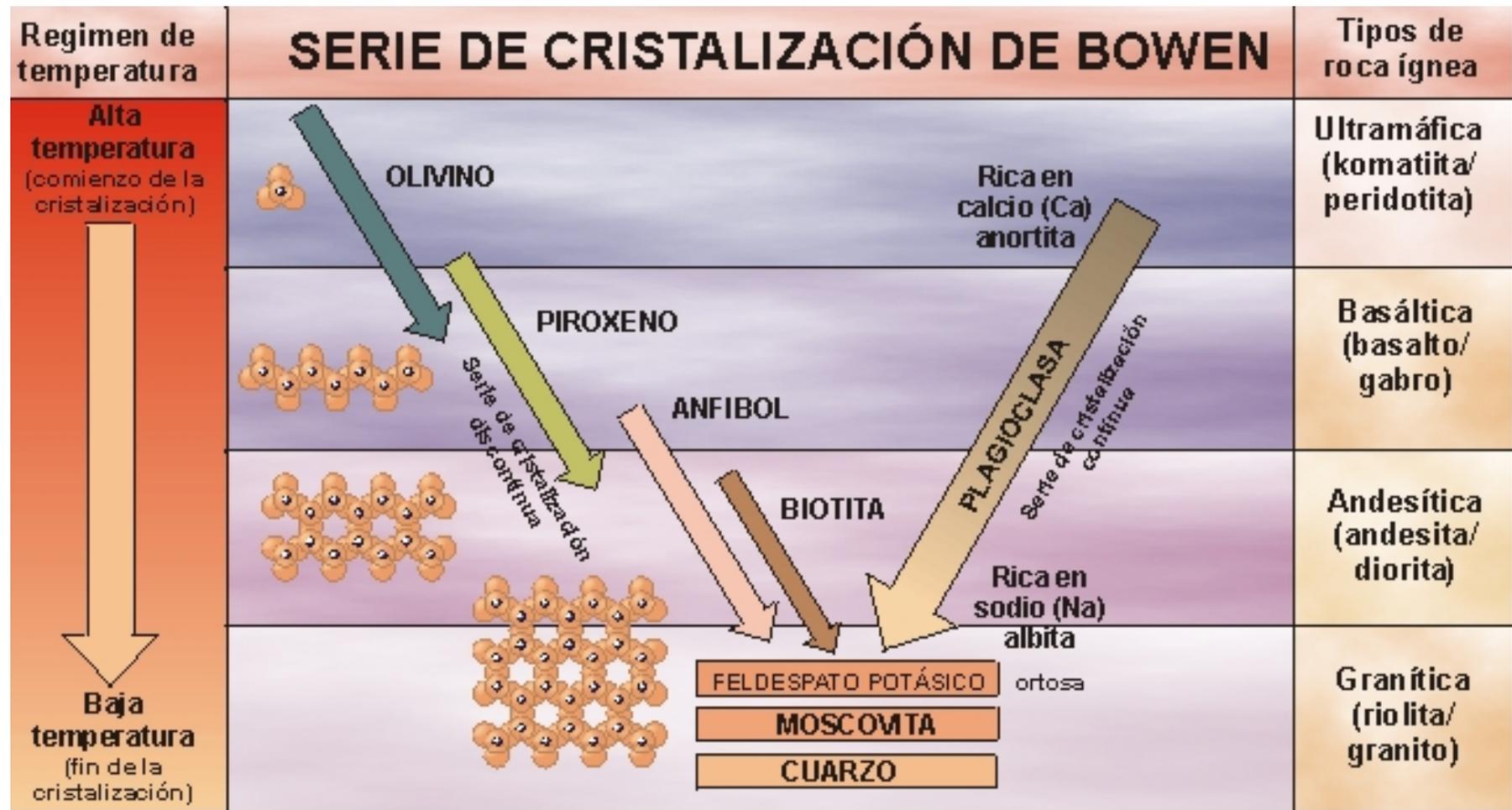
De tal manera que la presencia de **cada mineral es indicativo de las condiciones de formación de la roca.**

En las rocas ígneas este orden de formación de minerales de acuerdo a su temperatura se conoce como **Serie de Bowen.**

En las rocas metamórficas los **minerales se usan como índice para conocer la temperatura y presión** a la que se formaron tales rocas

# Bowen's Reaction Series





# IDENTIFICACION DE MINERALES

---

- + Observación de **propiedades físicas** en muestras de mano.
- + **Microscopio Petrográfico**.- Láminas delgadas vistas con luz transmitida y reflejada, se observan propiedades ópticas de los minerales características para su identificación (estas propiedades son consecuencia de su estructura interna):

Reflexión y refracción, Dispersión, Birrefringencia,  
Isotropía y Anisotropía, Pleocroismo

- + Mediante la **difracción de Rayos X**
- + **Microscopio electrónico y de barrido**.- Se observa la forma y estructura de los minerales.

## Identificación de Elementos:

- + Espectrómetros, + Fluorescencia de rayos X