

MINERALOGÍA FÍSICA

MINERALOGÍA SISTEMÁTICA

Mineralogía física

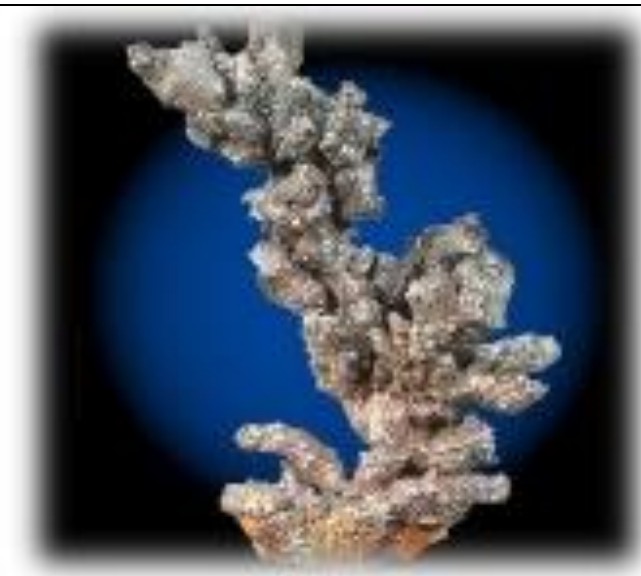
Minerales en muestra de mano. Elementos nativos, sulfuros y sulfosales



Au (oro)



Ag (plata)



Cu (cobre)

Conceptos generales

Mineralogía física: La clasificación mineral se basa en la *composición química y en la estructura interna* (*anión o grupo aniónico dominante*).

Clasificación mineralógica

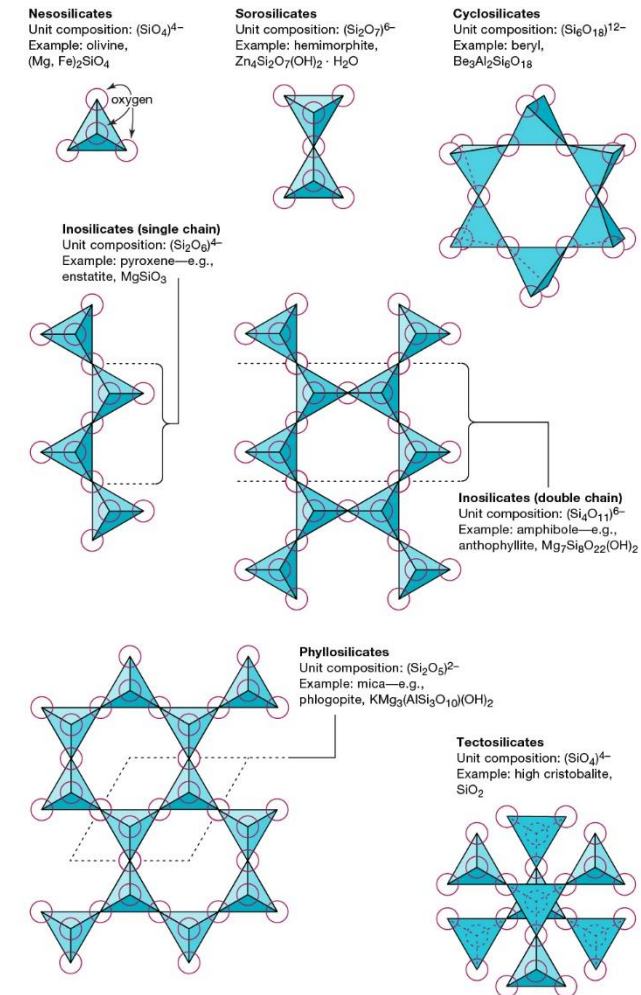
Existen aproximadamente unos 5400 minerales aprobados por la IMA (International Mineralogical Association).

http://nrmima.nrm.se//IMA_Master_List_%282018-11%29.pdf

Es necesario clasificar estos minerales siguiendo un orden racional.

La clasificación mineral se basa en la **composición química y en la estructura interna**, las cuales en conjunto representan la esencia de un mineral y determinan sus propiedades físicas.

Structural linkage schemes among silicates



Clasificación mineralógica

La clasificación mineral se divide en varias categorías: clase, grupo, serie, especie y variedad.

- Especie: el nivel fundamental, en el que dividen los minerales por su composición química y su estructura cristalina. Ejemplo: cuarzo, corindón.
- Variedad: variaciones dentro de una especie mineral por su color u otras propiedades físicas. Ejemplo: amatista, cuarzo ahumado.
- Serie: conjunto de especies minerales que forman una solución sólida. Ejemplo: serie del olivino, serie de la plagioclasa.
- Grupo: conjunto de especies minerales con unas características químicas comunes y que comparten la misma estructura cristalina. Ejemplo: grupo de los piroxenos.
- Clase: conjunto de especies minerales que se caracterizan por tener el mismo anión o grupo aniónico dominante. Ejemplo: silicatos, óxidos.

Clasificación mineralógica

Existen nueve grandes clases:

1. Elementos nativos (no grupo aniónico).
2. Sulfuros y sulfosales (S^{2-} , otros).
3. Óxidos e hidróxidos (O^{2-} , OH^-).
4. Haluros (F^- , Cl^-).
5. Carbonatos, nitratos y boratos ($(CO_3)^{2-}$, $(NO_3)^-$, $(BO_3)^-$).
6. Sulfatos y cromatos ($(SO_4)^{2-}$, $(CrO_4)^{2-}$).
7. Fosfatos ($(PO_4)^{3-}$), arseniats ($(AsO_4)^{3-}$), vanadatos, wolframatos y molibdatos.
8. Silicatos ($(SiO_4)^{4-}$).
9. Minerales orgánicos.

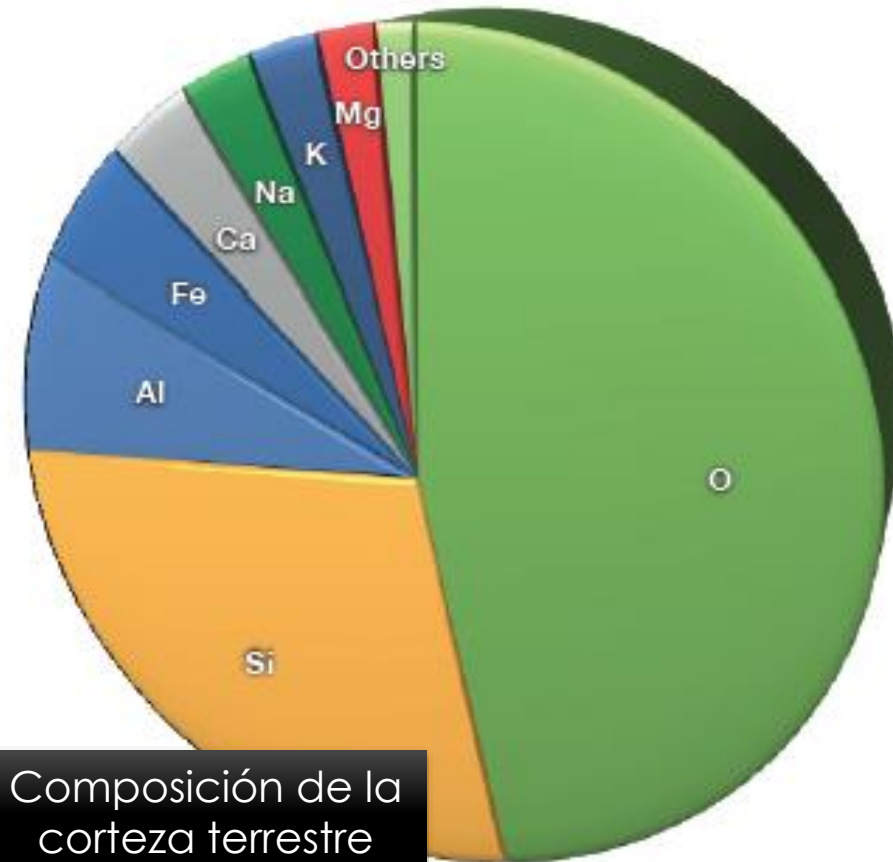
<http://www.webmineral.com/danaclass.shtml>

<http://www.webmineral.com/strunz.shtml>

Elementos más abundantes en la corteza terrestre

O, Si, Al, Fe,
Mg, Ca, Na, K

Los silicatos son los minerales más abundantes en la corteza terrestre



Composición de la corteza terrestre

Carga eléctrica en los minerales

- Los minerales contienen cargas positivas (cationes) y negativas (aniones), pero **los minerales son eléctricamente neutros**.
- Eso significa que las cargas positivas y negativas de un mineral deben estar balanceadas: **la suma total de cargas positivas debe ser igual a la de cargas negativas**.
- Esto significa que un modo de comprobar si hemos escrito bien un mineral es comprobando la carga total:
 - Si la suma total es cero, no necesariamente hemos escrito bien la fórmula (una combinación aleatoria de cationes y aniones puede sumar carga cero).
 - Si la suma no es cero, la fórmula está mal escrita.
- Por tanto, conviene aprenderse las cargas de los principales cationes y aniones.

Carga eléctrica en los minerales

Cationes:

- H^+ , K^+ , Na^+ : monovalentes.
- Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} : divalentes.
- Fe^{2+} , Fe^{3+} : divalente y trivalente.
- Al^{3+} : trivalente.
- C^{4+} , Si^{4+} , Ti^{4+} : tetravalentes.
- P^{5+} : pentavalente.

Aniones:

- $(OH)^-$, F^- , Cl^- : monovalente.
- O^{2-} , $(CO_3)^{2-}$, $(SO_4)^{2-}$: divalente.
- $(PO_4)^{3-}$: trivalente

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/>

GROUP	PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS																18
1	IIA		III A										14	15	16	17	VIIA
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 1.0079 H HYDROGEN	2 9.0122 He HELIUM	3 6.941 Li LITHIUM	4 9.0122 Be BERYLLIUM	5 10.811 B BORON	6 12.011 C CARBON	7 14.007 N NITROGEN	8 15.999 O OXYGEN	9 18.998 F FLUORINE	10 20.180 Ne NEON	11 22.990 Na SODIUM	12 24.305 Mg MAGNESIUM	13 26.982 Al ALUMINIUM	14 28.086 Si SILICON	15 30.974 P PHOSPHORUS	16 32.065 S SULPHUR	17 35.453 Cl CHLORINE	18 39.948 Ar ARGON
4 39.098 K POTASSIUM	20 40.078 Ca CALCIUM	21 44.956 Sc SCANDIUM	22 47.867 Ti TITANIUM	23 50.942 V VANADIUM	24 51.996 Cr CHROMIUM	25 54.938 Mn MANGANESE	26 55.845 Fe IRON	27 58.933 Co COBALT	28 58.693 Ni NICKEL	29 63.546 Cu COPPER	30 65.39 Zn ZINC	31 69.723 Ga GALLIUM	32 72.64 Ge GERMANIUM	33 74.922 As ARSENIC	34 78.96 Se SELENIUM	35 79.904 Br BROMINE	36 83.80 Kr KRYPTON
5 85.468 Rb RUBIDIUM	38 87.62 Sr STRONTIUM	39 88.906 Y YTTRIUM	40 91.224 Zr ZIRCONIUM	41 92.906 Nb NIOBIUM	42 95.94 Mo MOLYBDENUM	43 (98) Tc TECHNETIUM	44 101.07 Ru RUTHENIUM	45 102.91 Rh RHODIUM	46 106.42 Pd PALLADIUM	47 107.87 Ag SILVER	48 112.41 Cd CADMIUM	49 114.82 In INDIUM	50 118.71 Sn TIN	51 121.76 Sb ANTIMONY	52 127.60 Te TELLURIUM	53 126.90 I IODINE	54 131.29 Xe XENON
6 132.91 Cs CAESIUM	56 137.33 Ba BARIUM	57-71 La-Lu Lanthanide	72 178.49 Hf HAFNIUM	73 180.95 Ta TANTALUM	74 183.84 W TUNGSTEN	75 186.21 Re RHENIUM	76 190.23 Os OSMIUM	77 192.22 Ir IRIDIUM	78 195.08 Pt PLATINUM	79 196.97 Au GOLD	80 200.59 Hg MERCURY	81 204.38 Tl THALLIUM	82 207.2 Pb LEAD	83 208.98 Bi BISMUTH	84 (209) Po POLONIUM	85 (210) At ASTATINE	86 (222) Rn RADON
7 223 Fr FRANCIUM	88 (226) Ra RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinide	104 (261) Rf RUTHERFORDIUM	105 (262) Db DUBNIUM	106 (266) Sg SEABORGIUM	107 (264) Bh BOHRIUM	108 (277) Hs HASSIUM	109 (268) Mt MEITNERIUM	110 (281) Uun UNUNNIUM	111 (272) Uuu UNUNUNIUM	112 (285) Uub UNUNBIUM	114 (289) Uuq UNUNQUADIUM					

RELATIVE ATOMIC MASS (A)

GROUP IUPAC

GROUP CAS

ATOMIC NUMBER

SYMBOL

ELEMENT NAME

Metal Semimetal Nonmetal
 1 Alkali metal 16 Chalcogens element
 2 Alkaline earth metal 17 Halogens element
 Transition metals 18 Noble gas
 Lanthanide
 Actinide

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)

Ne - gas Fe - solid
Ga - liquid Tc - synthetic

LANTHANIDE

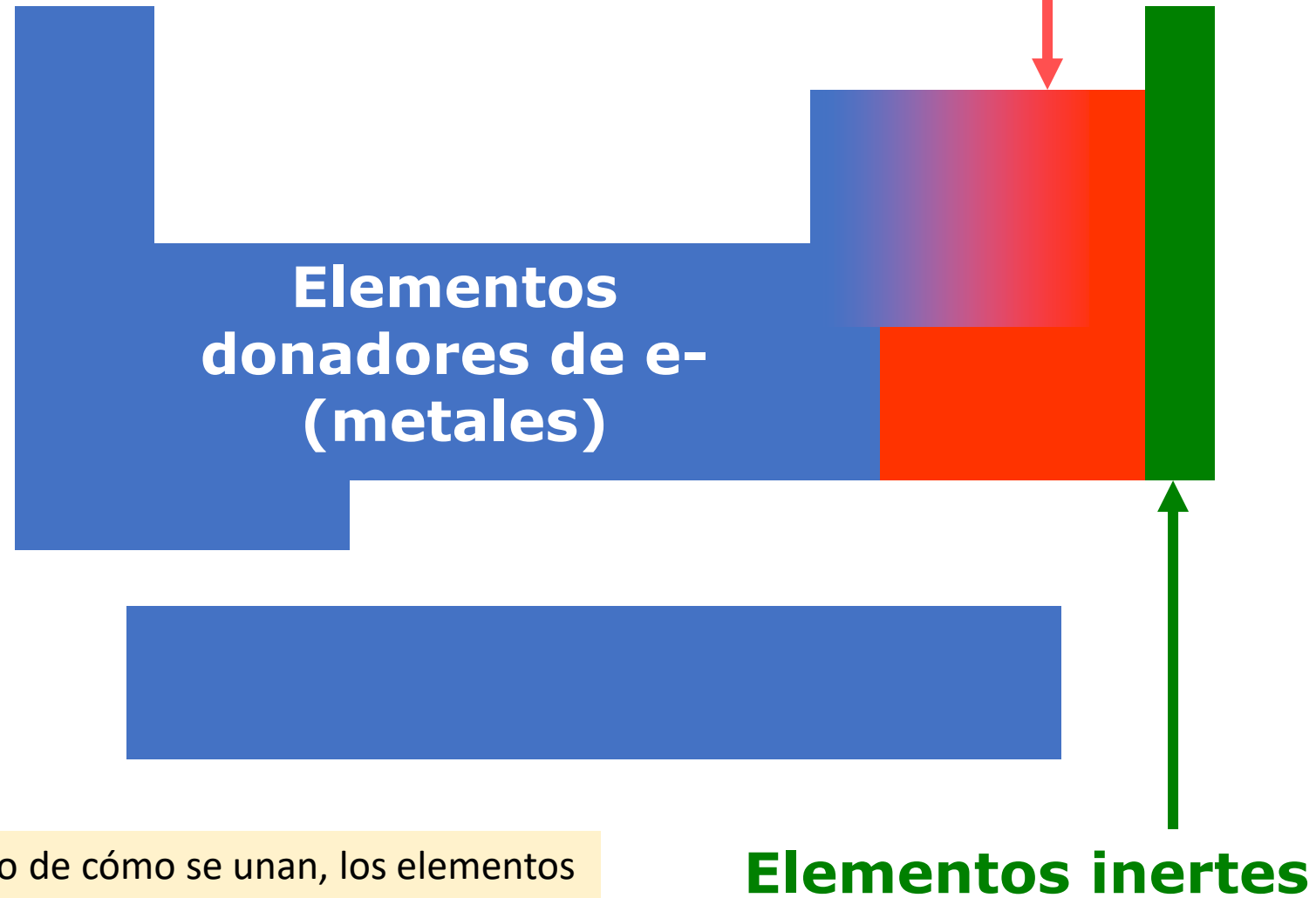
57 138.91 La LANTHANUM	58 140.12 Ce CERIUM	59 140.91 Pr PRASECOYMIUM	60 144.24 Nd NEODYMIUM	61 (145) Pm PROMETHIUM	62 150.36 Sm SAMARIUM	63 151.96 Eu EUROPIUM	64 157.25 Gd GADOLINIUM	65 158.93 Tb TERBIUM	66 162.50 Dy DYSPROSIUM	67 164.93 Ho HOLMIUM	68 167.26 Er ERBIUM	69 168.93 Tm THULIUM	70 173.04 Yb YTTERIUM	71 174.97 Lu LUTETIUM
-------------------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

ACTINIDE

89 (227) Ac ACTINIUM	90 232.04 Th THORIUM	91 231.04 Pa PROTACTINIUM	92 238.03 U URANIUM	93 (237) Np NEPTUNIUM	94 (244) Pu PLUTONIUM	95 (243) Am AMERICIUM	96 (247) Cm CURIUM	97 (247) Bk BERKELIUM	98 (251) Cf CALIFORNIUM	99 (252) Es EINSTEINIUM	100 (257) Fm FERMIUM	101 (258) Md MENDELEVIUM	102 (259) No NOBELIUM	103 (262) Lr LAWRENCIUM
-----------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

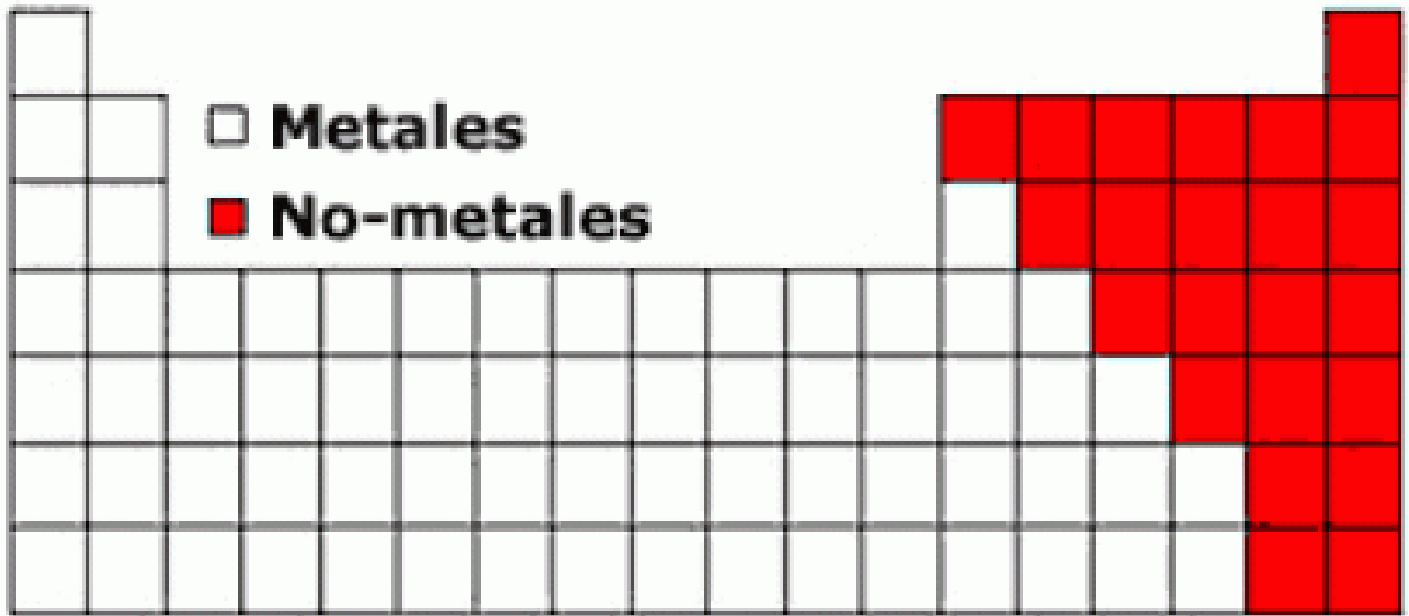
(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements having no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.
However three such elements (Th, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Clasificación de elementos



Dependiendo de cómo se unan, los elementos formarán diferentes tipos de enlace.

Elementos inertes



Metal
Metaloide
No metal

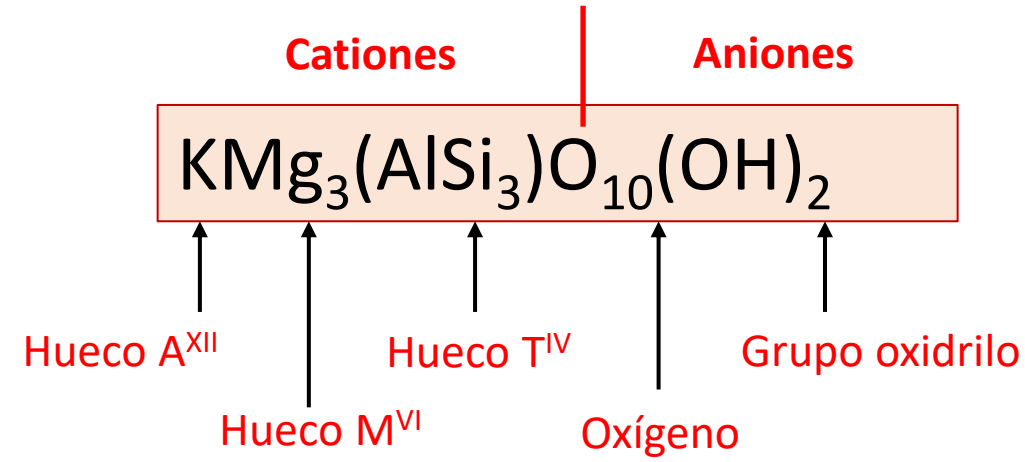
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac-Lr															

Nomenclatura en una fórmula química mineral

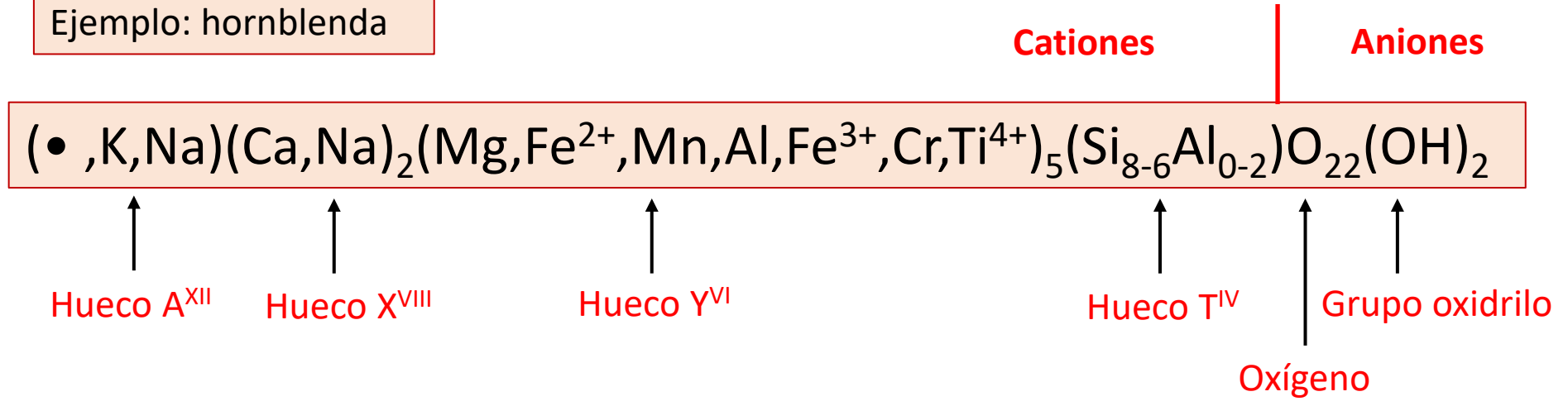
- Los cationes, a la izquierda. Los aniones, a la derecha.
- En los cationes: como regla general, de izquierda a derecha según disminuya el número de coordinación. O lo que es lo mismo: como regla general, de menor a mayor carga catiónica de izquierda a derecha.
- En los aniones: como regla general, a la izquierda el anión principal, luego los siguientes.
 - Silicatos: a la izquierda el oxígeno, luego los grupos OH, y luego otros aniones (F, Cl).
- En todos los iones: si varios elementos ocupan el mismo sitio cristalográfico, por lo general suelen agruparse dentro de un paréntesis.

Nomenclatura en una fórmula química mineral

Ejemplo:
flogopita



Ejemplo: hornblenda



Nombres de los minerales

A lo largo de la historia han existido varias razones para nombrar a los minerales:

- Propiedades físicas: rubellita, rutilo, albita, barita, etc.
- Composición: cuprita, tantalita, cromita, etc.
- Lugares: andalucita (Andalucía), aragonito (Aragón), etc.
- Personas: afverdsonita, sillimanita, biotita, etc.
- Otros.

MINERALES NATIVOS

Fórmula general: Elementos simples

Características: Minerales compuestos por un único elemento químico o aleaciones y por tanto con una composición química y una estructura sencillas.

Se dividen en tres grupos:

-Metales: Oro, Cobre, Plata, Platino, Hierro...

-Semimetales: Arsénico, Antimonio...

-No metales: Azufre, Diamante, Grafito



Cobre



Oro



Azufre

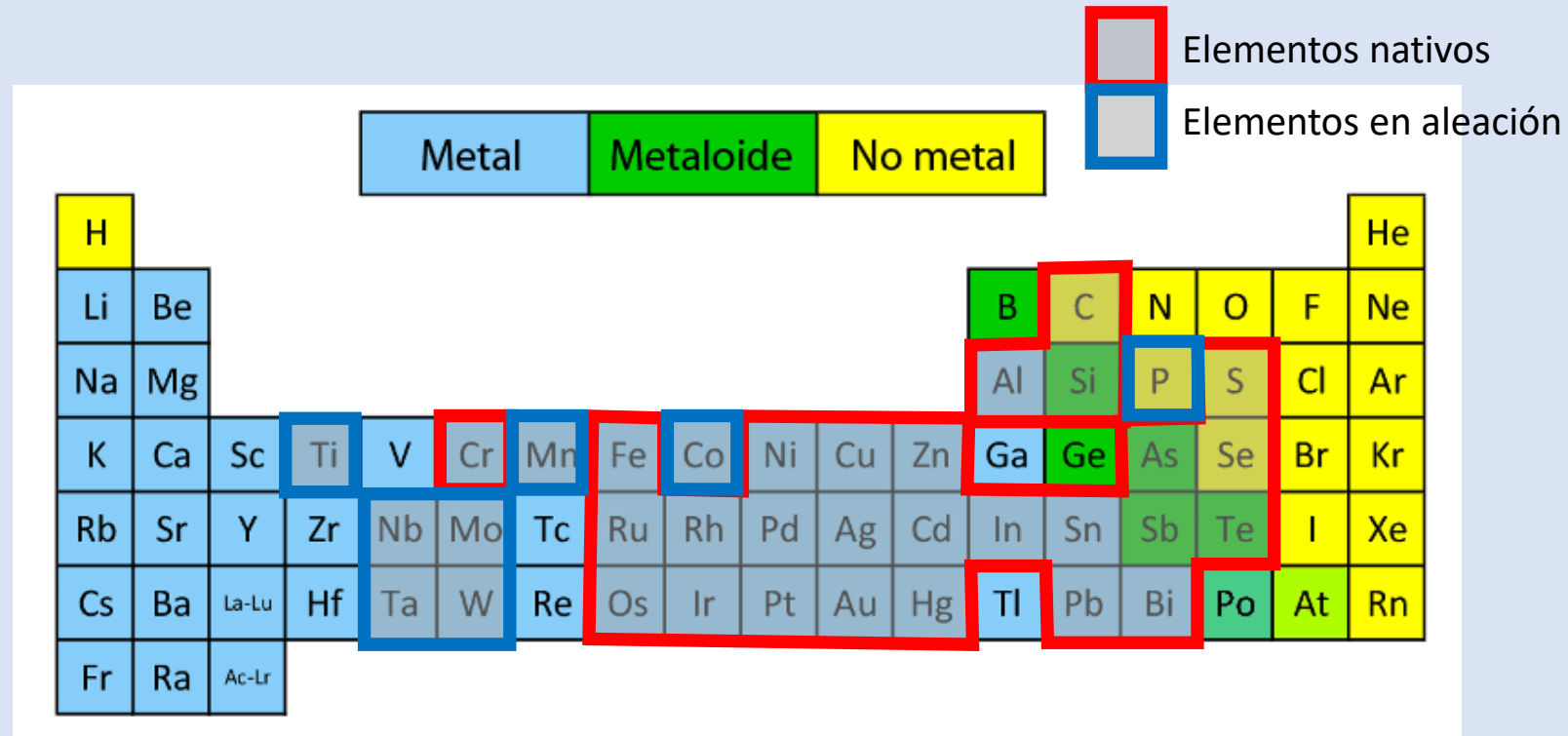


Diamante

*Pulsa sobre
cada imagen*

Elementos nativos

A excepción de los gases nobles, solamente unos 27 elementos se encuentran en estado nativo. Otros elementos están presentes como aleaciones de los elementos nativos. Muchos son de puro interés científico.



a) metales b) semimetales c) no metales

Mineralogía física

Elementos nativos

Se trata de sustancias formadas por una sola especie de átomos (elementos químicos) que se encuentran en la naturaleza en estado nativo y tienen dificultad para unirse con otros. Las propiedades de estos minerales sean muy diferentes: algunos son muy blandos, como el azufre y el grafito, mientras que el diamante, también incluido en este grupo, presenta el mayor valor de dureza de la escala de Mohs; la mayoría son sólidos (oro, plata), mientras que el mercurio es líquido.

Clasificación

<p>a) METALES</p> <p><u>a1 - Grupo del Oro</u></p> <table><tr><td>Oro</td><td>Au</td></tr><tr><td>Plata</td><td>Ag</td></tr><tr><td>Cobre</td><td>Cu</td></tr><tr><td>Plomo</td><td>Pb</td></tr><tr><td>Aluminio</td><td>Al</td></tr></table>	Oro	Au	Plata	Ag	Cobre	Cu	Plomo	Pb	Aluminio	Al	<p>b) SEMIMETALES</p> <p><u>b1 - Grupo del Arsénico</u></p> <table><tr><td>Arsénico</td><td>As</td></tr><tr><td>Antimonio</td><td>Sb</td></tr><tr><td>Bismuto</td><td>Bi</td></tr></table>	Arsénico	As	Antimonio	Sb	Bismuto	Bi
Oro	Au																
Plata	Ag																
Cobre	Cu																
Plomo	Pb																
Aluminio	Al																
Arsénico	As																
Antimonio	Sb																
Bismuto	Bi																
<p><u>a2 - Grupo del Platino</u></p> <table><tr><td>Platino</td><td>Pt</td></tr><tr><td>Paladio</td><td>Pd</td></tr><tr><td>Platino-Iridio</td><td>Pt-Ir</td></tr></table>	Platino	Pt	Paladio	Pd	Platino-Iridio	Pt-Ir	<p>c) NO METALES</p> <p><u>c1 - Grupo del azufre</u></p> <table><tr><td>Azufre</td><td>S</td></tr><tr><td>Selenio</td><td>Se</td></tr><tr><td>Teluro</td><td>Te</td></tr></table>	Azufre	S	Selenio	Se	Teluro	Te				
Platino	Pt																
Paladio	Pd																
Platino-Iridio	Pt-Ir																
Azufre	S																
Selenio	Se																
Teluro	Te																
<p><u>a3 - Grupo del Hierro</u></p> <table><tr><td>Hierro</td><td>Fe</td></tr><tr><td>Kamacita</td><td>Fe-Ni</td></tr><tr><td>Taenita</td><td>Fe-Ni</td></tr></table>	Hierro	Fe	Kamacita	Fe-Ni	Taenita	Fe-Ni	<p><u>c2 -Grupo del Carbono</u></p> <table><tr><td>Grafito</td><td>C</td></tr><tr><td>Diamante</td><td>C</td></tr></table>	Grafito	C	Diamante	C						
Hierro	Fe																
Kamacita	Fe-Ni																
Taenita	Fe-Ni																
Grafito	C																
Diamante	C																

Mineralogía física

Elementos nativos

Se dividen en tres grupos:

- **Metales**: Grupo del oro (oro, plata, cobre y plomo)
Grupo del platino (platino, paladio, iridio y osmio)
Grupo del hierro (hierro y ferroníquel).
- **Semimetales**: Arsénico, antimonio y bismuto. Menos frecuentes antimonio y bismuto.
- **No metales**: Azufre y carbono.

Mineralogía física

Elementos nativos

Metales:

- Propiedades similares provenientes de su estructura común (blandos, maleables, dúctiles, y séctiles).
- Buenos conductores de calor y electricidad
- Brillo metálico
- Fractura astillosa
- Puntos de fusión bajos
- Densidades elevadas

Características debido a empaquetamiento muy apretado (empaquetamiento cúbico compacto)

Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del oro

Oro (Au):



Oro (Au)

Oro (Au) cúbico H: 2.5-3.0 G: 19.3

Forma: Raramente en cristales octaédricos redondos, normalmente en láminas, escamoso o macizo. En placeres es la llamada "pepita".

Propiedades físicas:

Fractura: irregular muy maleable y dúctil

Color: Varias tonalidades de amarillo

Brillo: metálico

Química: Solución sólida completa con Ag, parcial con Cu

Origen: Génesis hidrotermal, metamórficos y placeres.

Usos: Transacciones internacionales, inversiones, joyería, electrónica y decoraciones

Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del oro

Oro (Au):



Oro (Au)



Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del oro

Plata (Ag):



Plata (Ag)

Plata (Ag) cúbico H: 2.5-3.0 G: 0.5

Forma: Habitualmente forma grupos ramosos, arborescentes e hilamentosos, en placas y escamas o también macizo rellenando fracturas.

Propiedades físicas:

Fractura: Astillosa, maleable y dúctil

Color y raya: blanco de plata, frecuentemente con pátina castaño, gris o negro

Brillo: metálico

Química: Solución sólida completa con Au, parcial con Cu y Hg

Origen: Oxidación de sulfuros, génesis hidrotermal

Usos: Se usa en ligas metálicas, fotografía, joyería, electrónica

Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del oro

Plata (Ag):



Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del oro

Cobre (Cu):



Cobre (Cu)

Cobre (Cu) cúbico H:2.5-3.0 G:8.9

Forma: los más frecuentes son los grupos dendríticos arborescentes, pero aparece también cristalizado, siendo el octaedro la forma más frecuente en la que se presenta

Propiedades físicas:

Fractura: astillosa irregular muy maleable y dúctil

Color: rojo cobre en superficies frescas, frecuentemente brillo apagado por pátinas

Brillo: metálico

Química: Solución sólida completa con Au, parcial con Cu y Hg

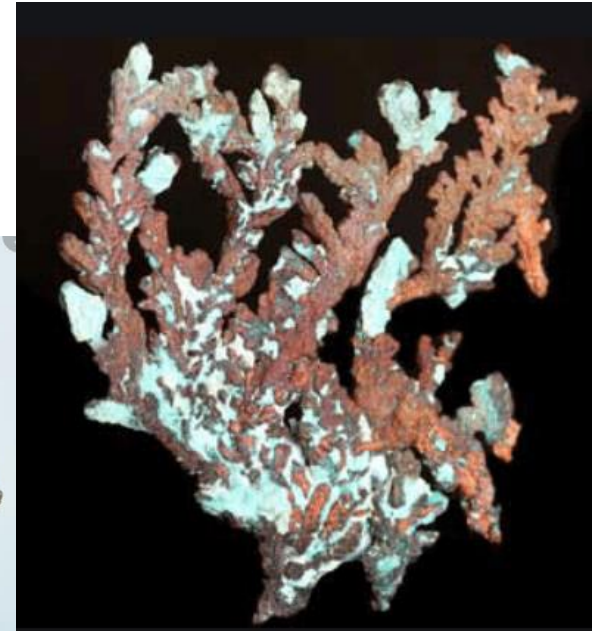
Origen: Oxidación de depósitos de sulfuros asociado a lavas basálticas

Usos : electricidad, aleaciones metálicas (latón [Cu+Zn], bronce [Cu+Sn])

Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del oro

Cobre (Cu):



Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del platino (platino, paladio, iridio y osmio)

Platino (Pt):



Platino (Pt)

Platino (Pt) cúbico H: 4-4.5 G: 21.45 puro y 14-19 nativo

Forma: Cristales cúbicos son poco frecuentes, normalmente deformados. Por lo general en pequeños granos y escamas, algunas veces masas irregulares y pepitas de gran tamaño

Propiedades físicas:
Fractura: maleable y dúctil
Color: gris acero
Brillo: metálico reluciente
Magnético cuando es rico en hierro

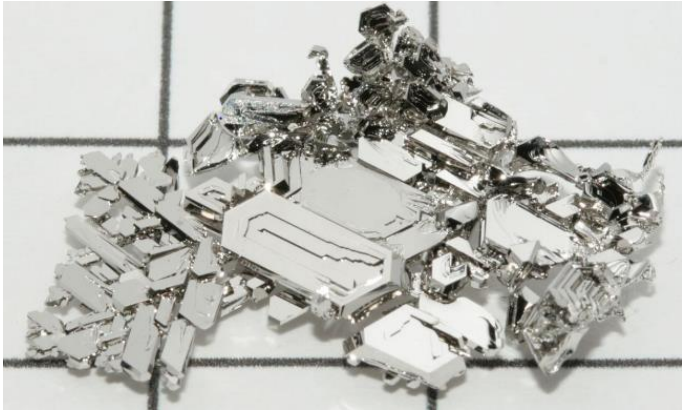
Química: Aleación con Fe, y pocas cantidades de Ir, Os, Rd y Pd. También Cu, Au y Ni

Origen: Rocas ultrabásicas, dunitas asociadas a olivino, cromita, piroxeno y magnetita

Usos: Industria química y de petróleo. Odontología, instrumental médico, joyería y Equipamiento eléctrico.

Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del platino



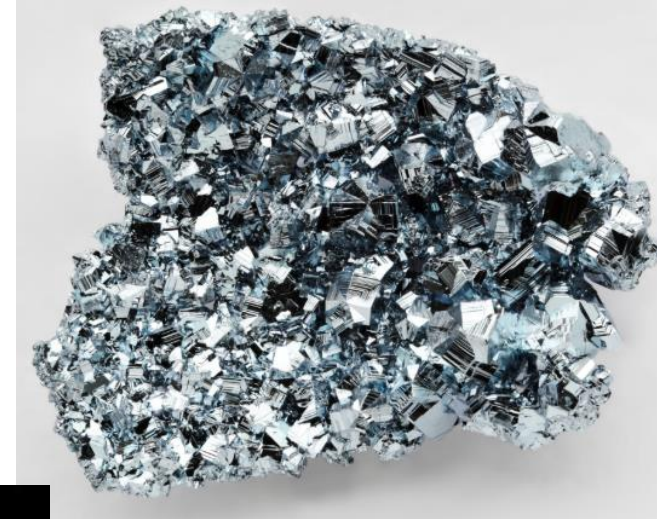
Platino



Paladio



Iridio



Osmio

Mineralogía física

Elementos nativos: Grupo del hierro (hierro, kamacita, taenita)

Hierro (Fe)



Hierro (Fe)

Hierro (Fe) cúbico H: 4.5 G: 7.3-7.9

Forma: Cristales cúbicos son poco frecuentes, normalmente deformados. Por lo general en pequeños granos y escamas, algunas veces masas irregulares y pepitas de gran tamaño

Propiedades físicas:
Fractura: astillosa, maleable, opaco
Color: gris acerado a negro
Brillo: metálico
Fuertemente magnético

Química: Con algo de Ni y Co, Cu, Mn, S, C. Kamacita 5.5% de Ni y Taenita con mayor contenido de Ni (27 a 65%)

Origen: hierro terrestre y en meteoritos

Mineralogía física

Elementos nativos

Semimetales (arsénico, antimonio, bismuto):

- Propiedades similares provenientes de su estructura común (quebradizos, mucho menor conducción de calor y electricidad que metales).
- Reflejan enlaces intermedios entre metálicos y covalentes
- Poco comunes nativos

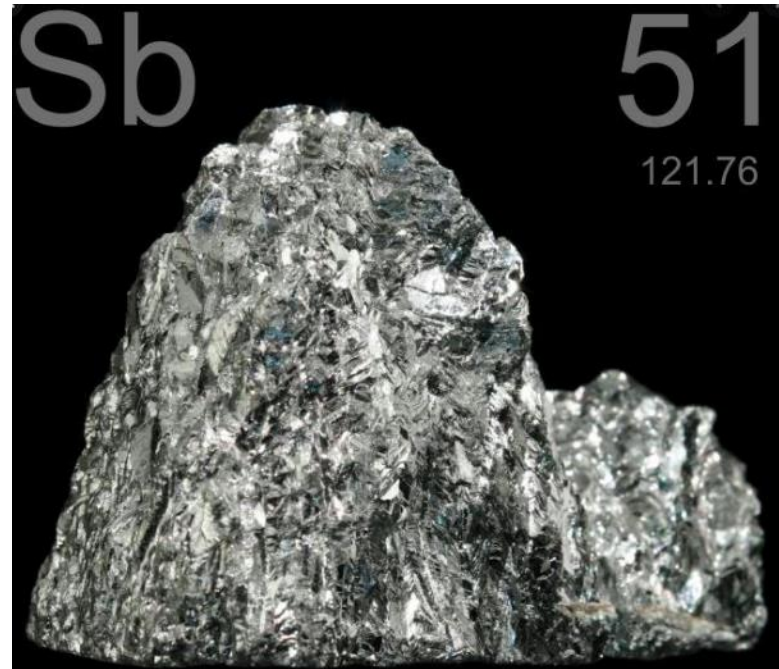
Mineralogía física

Elementos nativos

Semimetales (arsénico, antimonio, bismuto):



Arsénico



Antimonio



Bismuto

Mineralogía física

Elementos nativos

No-metales (azufre y carbono):

- Enlaces covalentes predominantemente.
- Brillo semimetálico hasta adamantino

Mineralogía física

Elementos nativos: No metales

Azufre (S):



Azufre (S)

Azufre α (S) rómbico H: 1.5-2.5 G: 2.1

Forma: cristales con formas piramidales o bipiramidales con truncamientos de vértices. También en masas irregulares, reniformes y terroso.

Propiedades físicas:

Fractura: concoidea

Color: amarillo de azufre que varía por contenido de impurezas a tonalidades amarillas de verde, gris y rojo. Transparente a translúcido.

Brillo: resinoso

Origen: en terrenos con actividad volcánica como producto de sublimación

Usos: Producción de ácido sulfúrico e hidrógeno sulfurado, insecticidas, fertilizantes.

Mineralogía física

Elementos nativos: No metales

Carbono (C): Grafito



Grafito (C)

Grafito (C) hexagonal H: 1-2 G: 2.3

Forma: cristales con formas piramidales o bipiramidales con truncamientos de vértices. También en masas irregulares, reniformes y terroso.

Propiedades físicas:

Fractura: concoidea

Color y huella: negro, marca el papel y ensucia los dedos

Brillo: metálico algunas veces terroso opaco

Tacto: graso

Origen: rocas metamórficas de alta presión

Usos: refractario, lubricante,, pinturas

Mineralogía física

Elementos nativos: No metales

Carbono (C): Diamante



Diamante (C)

Diamante (C) cúbico H: 10 G: 3.5

Forma: Habitualmente en cristales de hábito octaédrico, pero también forma cubos y dodecaedros.

Propiedades físicas:

Color: amarillo pálido a incoloro, también tonalidades pálidas de rojo, anaranjado, verde, azul pardo.

Brillo: adamantino

Origen: necesita para su génesis alta presión y temperatura, formándose en rocas ultrabásicas del manto. Aparece asociado sobre todo a Kimberlitas. Al ser muy duro y estable, se acumula en placeres aluviales y marítimos.

Usos: Abrasivo, joyería, material de perforación

Mineralogía física

Sulfuros y sulfosales

Pertenece a esta importante clase aquellos **minerales** formados por combinaciones no oxigenadas de metales o metaloides con azufre (o bien con As, Sb, Se y Te). Dependiendo del anión predominante, se dividen en:

- ✓ Sulfuros (S)
- ✓ Arseniuros (As)
- ✓ Antimoniuros (Sb)
- ✓ Seleniuros (Se)
- ✓ Telururos, (Te)
- ✓ Sulfosales (**sulfuros** dobles de un metal y un metaloide)

Mineralogía física

Sulfuros y sulfosales

La fórmula general es $A_m X_n$

A = elemento metálico (Fe, Pb, Zn, Cu, Ag, Ni, Co, Mo y Hg)

X = elemento no metálico, además de S (Se, Te, As, Sb y Bi)

- La mayoría son **menas** y por consiguiente **opacos**.
- Son más frecuentes los **enlaces iónicos**.
- H: 1- 6; el más blando es la molibdenita (1).
- Tienen **huellas (rayas)** características.
- Por alteración pasan a sulfatos $(SO_4)^{2-}$.
- Coordinación tetraédrica u octaédrica.

Mineralogía física

Sulfuros y sulfosales

<p>Tipo A₂X</p> <p>Grupo de la argentita:</p> <p>Grupo de la calcosina:</p> <p>Pirrotina</p>	<p>Acantita- Argentita</p> <p>Calcosina</p>	<p>Ag₂S</p> <p>Cu₂S</p> <p>Fe(1-x)S</p>
<p>Tipo AX</p> <p>Grupo de la galena:</p> <p>Grupo de la esfalerita:</p> <p>Grupo de la wurzita:</p> <p>Grupo de la calcopirita:</p> <p>Grupo de la niquelina:</p> <p>Grupo de la estibina:</p>	<p>Galena</p> <p>Esfalerita</p> <p>Wurzita</p> <p>Calcopirita</p> <p>Niquelina</p> <p>Pentlandita</p> <p>Cinabrio</p> <p>Estibina</p>	<p>PbS</p> <p>(Zn,Fe)S</p> <p>(Zn,Fe)S</p> <p>CuFeS₂</p> <p>NiAs</p> <p>(Fe,Ni)₉S₈</p> <p>HgS</p> <p>Sb₂S₃</p>
<p>Tipo AX₂</p> <p>Grupo de la pirita:</p> <p>Grupo de la marcasita:</p> <p>Grupo de la cobaltina:</p>	<p>Pirita</p> <p>Marcasita</p> <p>Cobaltita</p> <p>Molibdenita</p>	<p>FeS₂</p> <p>FeS₂</p> <p>CoAsS</p> <p>MoS₂</p>

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX

Esfalerita (ZnS) cúbica H:3.5-4.0 G:4.0

Forma: los cristales son generalmente dodecaédricos y cubos, presentando generalmente maclas de tipo polisintético. También en masas.



Propiedades: Color castaño, negro e incluso verde y amarillo. Raya blanca parduzca. Brillo resinoso, metálico y adamantino. Traslúcido, con luz reflejada aparece de color gris y reflexiones internas, amarillas o pardas, según el contenido en hierro (blenda acaramelada).

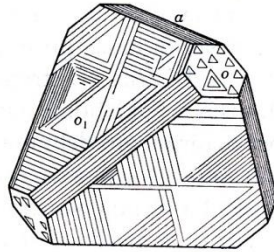
Química: Puede contener Fe en sustitución de Zn hasta el 20%

Usos: Extracción de Zn por galvanización.
Extracción de Cd, In, Ga, Ge.

Origen: hidrotermal de temperatura media; pegmatítico y neumatolítico

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX



Esfalerita (ZnS)

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX

Galena (PbS) cúbica H:2.5 G:7.5

Forma: La forma más corriente de presentarse es en cubos. Estos aparecen con aristas biseladas o vértices truncados, llegando a la forma octaédrica.



Propiedades: Color gris plomo, raya gris oscura, brillo metálico, opaco, exfoliación perfecta.

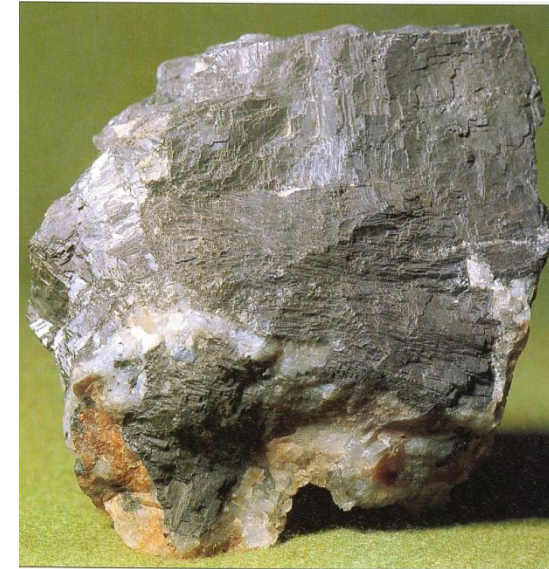
Química: Puede presentar una cantidad apreciable de Ag (se extrae Ag como subproducto).

Origen: génesis hidrotermal o sedimentaria

Usos: Extracción de Pb y Ag. El Pb es muy tóxico y su empleo va disminuyendo

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX



Galena (PbS)

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX

Calcopirita	CuFeS ₂	tetragonal	H:3.5-4.0 G:4.2
-------------	--------------------	------------	-----------------



Forma: los cristales son pseudotetraedros, corrientemente por recubrimiento o pseudomorfosis de la tetraedrita o tenantita

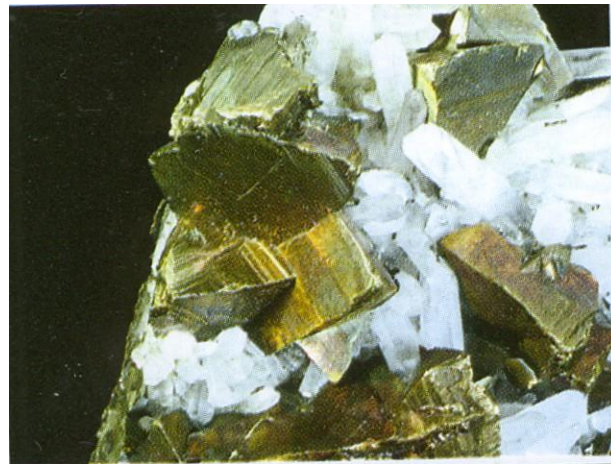
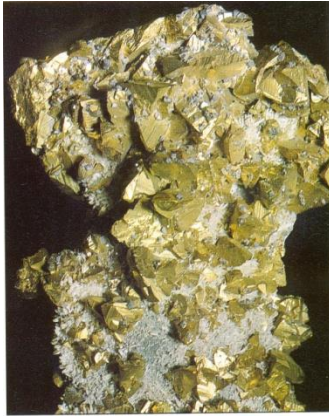
Propiedades: Color amarillo latón verduzco, raya negra verdosa, brillo metálico, opaco con coloración amarilla característica (comunes las alteraciones a carbonatos de Cu, como malaquita y azurita, y a otros sulfuros como bornita, calcocita y covellina)

Origen: génesis hidrotermal

Usos: Extracción de Cu (es la principal mena)

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX



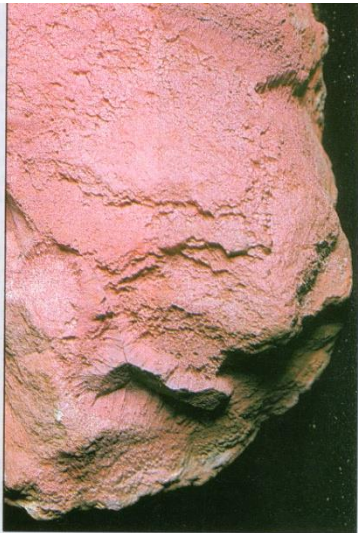
Calcopirita
(CuFeS₂)

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX

Cinabrio HgS trigonal H:2.5 G:8.1

Forma: En cristales normalmente romboédricos con maclas de penetración. La forma más frecuente de presentarse es en masa granular.



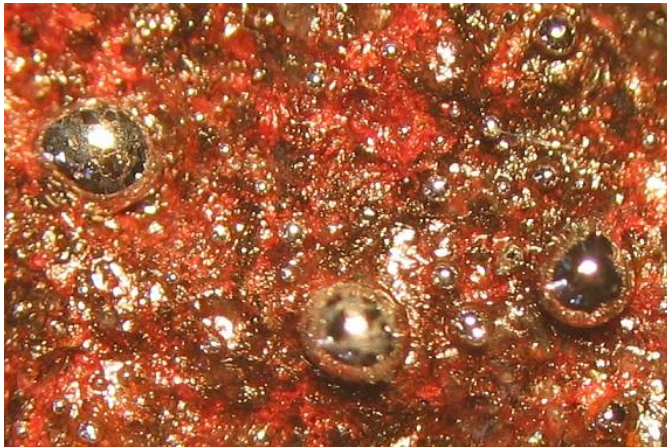
Propiedades: Color rojo púrpura, raya roja más clara, brillo térreo o adamantino. Brillos plateados debidos al mercurio.

Origen: Génesis hidrotermal de baja temperatura asociado con actividades volcánicas.

Usos: Extracción de Hg: dispositivos eléctricos y médicos, tratamiento antimonio.

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX



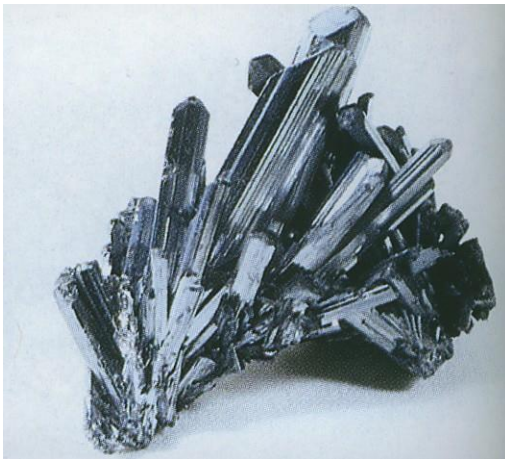
Cinabrio (HgS)

Mineralogía física

Sulfuros tipo A_2X_3

Antimonita (estibina) (Sb_2S_3) rómbica H: 2 G: 4.5

Forma: cristales prismáticos delgados que llegan a ser aciculares e incluso finas agujas, con rayado vertical, terminados en punta. También en formas hojosas, masivas o granudas.



Propiedades: Opaca, brillo metálico, color gris plomo, exfoliación tabular (010) perfecta, estrias según [010].

Química: Puede contener cantidades pequeñas de Au, Ag, Fe, Pb, Cu

Origen: génesis hidrotermal

Usos: Extracción de Sb (aleación, pigmentos)

Mineralogía física

Sulfuros tipo A_2X_3



Antimonita(Sb_2S_3)

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX_2

Pirita (FeS₂) cubica H:6-6.5 G:5.0

Forma: cristaliza con mucha facilidad. Son típicos los cubos, el octaedro y el pentagonododecaedro (piritoedro). En formas masivas granudas y mamelonares.



Propiedades: opaca, brillo metálico, color amarillo latón pálido, raya oscura, estrías en las caras del cubo (estructura triglifa). Puede alterar en sulfatos e hidratos de hierro. Sujeta al fenomeno de la pseudomorfosis (goethita sobre pirita)

Otros: Tiene un polimorfo rómbico (marcasita)

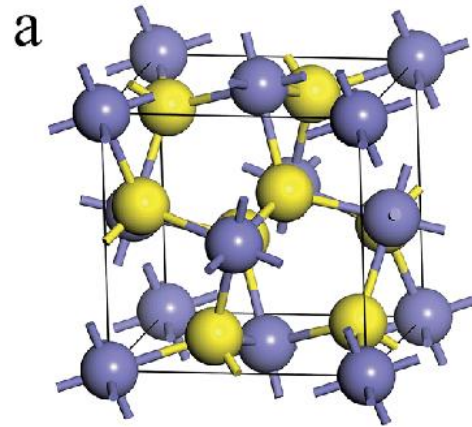
Origen: génesis magmática, metamórfica por contacto e hidrotermal

Usos: Producción de ácido sulfúrico. No es mena de hierro.

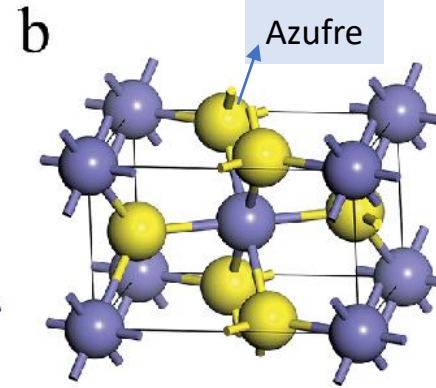


Tiene un 53,48% de azufre y un 46,52% de hierro. Aparece en yacimientos magmáticos de alta temperatura.

CÚBICO



PIRITA



MARCASITA

Esfalerita, pirita y marcasita



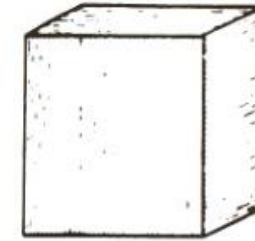
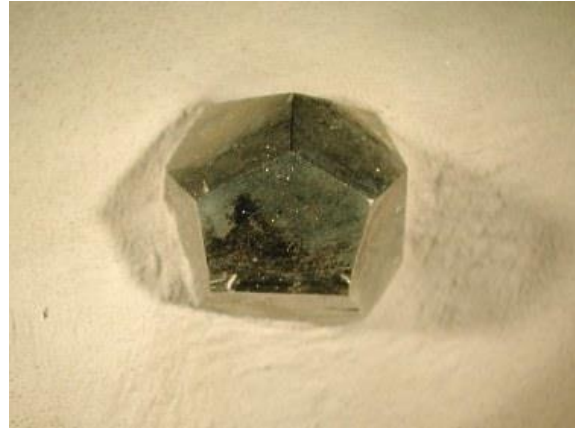
marcasita



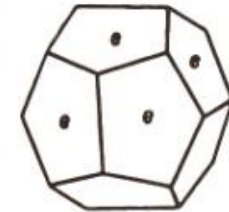
RÓMBICO

Marcasita contiene aproximadamente 46,6% de hierro y 53,4% de azufre, por tanto su fórmula es FeS_2 . Se presenta en zonas de baja a media temperatura en rocas sedimentarias y venas metalíferas.

Sulfuros tipo AX_2



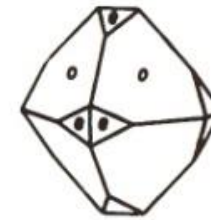
(a)



(b)



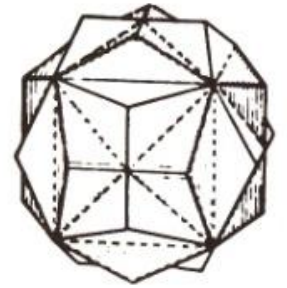
(c)



(d)



(e)



(f)

Hábitos pirita

Mineralogía física

Sulfuros tipo AX_2

Molibdenita MoS_2 hexagonal H=1-1.5 G=4.6

Forma: Cristales tabulares hexagonales, más frecuente en láminas y escamas, o maciza



Propiedades: Opaca, flexible, grasa al tacto, brillo metálico, color gris plomo, raya negra, exfoliación perfecta según (0001)

Origen: génesis hidrotermal

Usos: Extracción de Mo (aleación), lubricante

Mineralogía física

Telururos



Calaverita

Color amarillo-graso a blanco

Brillo metálico, raya verdosa gris amarillenta, dureza 2.5-3, densidad 9.31



Silvanita

Color gris-blanco, plateado, amarillo

Brillo metálico, raya gris plateada, dureza 1.5-2, densidad 7.9-8.3

Los telururos son compuestos entre el Au-Ag y el Te. Se caracterizan por su baja dureza y alto peso específico.

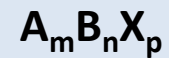
Mineralogía física

Sulfosales

Las sulfosales son compuestos de metales, semimetales y azufre. Algunos sulfuros también se componen de estos elementos (por ejemplo, la cobaltita). La diferencia radica en que, en los sulfuros, el semimetal actúa como el azufre (tiene carga negativa), mientras que en las sulfosales actúa como un metal (tiene carga positiva).

Comprende un grupo de más de 100 minerales.

La fórmula general es



A = (Ag, Cu y Pb) B = (As, Sb, Bi y Sn) X = S

- Tienen menor dureza.
- Son más solubles en ácidos.

Minerales más comunes: Tipo A_3BX_3

Serie: Pirargirita - Proustita
 Ag_3SbS_3 Ag_3AsS_3

Serie: Tetraedrita - Tennantita
 $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ $Cu_{12}As_4S_{13}$

Mineralogía física

Sulfosales

- Berthierita (FeSb_2S_4)
- Bournonita (PbCuSbS_3)
- Hutchinsonita ($\text{TlPbAs}_5\text{S}_9$)
- Tetraedrita ($(\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$)
- Semseyita ($\text{Pb}_9\text{Sb}_8\text{S}_{21}$)
- Freibergita ($\text{Ag}_6\text{Cu}_4\text{Fe}_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$)
- Famatinita (Cu_3SbS_4)
- Tennatita ($(\text{Cu,Ag,Fe,Zn})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$)
- Proustita (Ag_3AsS_3)
- Pirargirita (Ag_3SbS_3)
- Luzonita (Cu_3AsS_4)
- Jamesonita ($\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$)