

---

# CAPITULO V

## DESCRIPCION DE LOS MINERALES

Al igual que los reinos vegetal y animal, el reino mineral tiene una taxonomía que permite clasificar cualquier especie mineral. Varios esquemas de clasificación han sido propuestos, pero el que ha prevalecido desde mediados del siglo XIX es el atribuido a James Dwight Dana (1837), siendo la primera clasificación química basada en el anión o grupo aniónico dominante. Las clases están arregladas de acuerdo al aumento en complejidad del grupo aniónico y dentro de cada clase los minerales se agrupan de acuerdo a su tipo estructural. Otra clasificación basada en los mismos conceptos y también muy utilizada por diferentes autores es la clasificación de Strunz (1957). Se utiliza este método de clasificación debido a que los minerales que tienen el mismo anión o grupo aniónico dominante poseen una fuerte similitud en propiedades físicas y químicas y ocurren en ambientes geológicos parecidos. La estructura interna de los cristales fue añadida a los criterios de clasificación después del desarrollo de la difracción de rayos X, que permiten definir con precisión la estructura cristalina. De la composición química y de la estructura molecular se derivan las propiedades físicas y químicas de los minerales, dichas propiedades conforman otra rama de la MINERALOGIA DESCRIPTIVA. En ella se describen el nombre, fórmula química, la estructura y características cristalográficas; las propiedades físicas como dureza, exfoliación, tenacidad, fractura, densidad, calor, brillo, etc.; la composición y propiedades químicas que poseen, las variedades que existen, las asociaciones y medios donde ocurre, las localidades importantes y los usos del mineral.

En este capítulo nos limitaremos a dar las divisiones y subdivisiones de la Clasificación de Strunz, señalando el número de especies pertenecientes a cada una de ellas. La primera división de esta clasificación es en 9 clases. En la primera de ellas, la clase de los elementos nativos, se describen las subdivisiones con el nombre de las especies minerales, su composición química y el sistema cristalino que poseen. De entre ellas se toma la del oro y se describen de una manera detallada todas sus propiedades y características, como un ejemplo de la información que se encontrará en la Mineralogía Descriptiva. La clasificación de Strunz aquí usada es la descrita en el Photo Atlas of Minerals (1998).

### Clases:

1. Elementos
2. Sulfuros
3. Oxidos
4. Haluros
5. Carbohidratos, Nitratos, Arseniatos, Sulfitos, Selenitos, Yodatos y Teluritos.
6. Boratos
7. Sulfatos, Cromatos, Molibdatos, Tungstatos.
8. Fosfatos, Arsenatos, Vanadatos.
9. Silicatos.

A partir de estas clases se continúan las subdivisiones de Subclase, Grupo, Series, Especies y Subespecies. Por ejemplo:

Clase	Subclase	Grupo	Serie	Especie	Subespecie
Silicatos	Nesosilicatos				
	Sorosilicatos				
	Ciclosilicatos				
	Inosilicatos	Piroxenos	Ortorrómbica		
			Monoclínica	Diópsida	Diálaga
				Sahalita	

## 1. Elementos

Los minerales que pertenecen a la clase de los elementos (o elementos nativos), están compuestos por los elementos que aparecen en estado libre o puros en la naturaleza, generalmente son inertes químicamente y pueden presentarse solos o en aleaciones entre ellos. De todos los elementos existentes, 28 se conocen bajo esta restricción. Representan un insignificante porcentaje de la corteza terrestre, pero son muy importantes desde el punto de vista económico. Los minerales de esta clase se destacan por ciertas propiedades generales. Los metales se caracterizan por una alta conductividad eléctrica y térmica, un fuerte brillo metálico, un alto poder reflector y una alta densidad. El polimorfismo es común en diversos elementos como el carbono, dando el grafito y el diamante; el azufre se presenta en los sistemas ortorrómbico y monoclinico, así como en estado amorfo.

Actualmente se agrupan bajo esta clase 96 minerales.

### 1.A Metales, aleaciones intermetálicas

#### 1.A.A Grupo del Oro, Plata y Cobre

Anyuita	AuPb <sub>2</sub>	Tetragonal
Auricupruro	Cu <sub>3</sub> Au	Cúbico
Cobre	Cu	Cúbico
Hunchunita	Au <sub>2</sub> Pb	Cúbico
Oro	Au	Cúbico
Plata	Ag	Cúbico
Tetra-auricupruro	AuCu	Tetragonal

#### 1.A.B Grupo del Plomo, Cromo y Aluminio

Aluminio	Al	Cúbico
Cromo	Cr	Cúbico
Cupalita	(Cu,Zn)Al	Ortorrómbico
Katyrkita	(Cu,Zn)Al <sub>2</sub>	Tetragonal
Plomo	Pb	Cúbico

#### 1.A.C. Grupo del Renio, Cadmio y Zinc

Cadmio	Cd	Hexagonal
Danbaita	CuZn <sub>2</sub>	Cúbico

Renio	Re	Hexagonal
Zhanghengita	CuZn	Cúbico
Zinc	Zn	Hexagonal
1.A.D. Grupo del Indio y Estaño		
Indio	In	Tetragonal
Estaño	Sn	Tetragonal
Yuanjiangita	AuSn	Hexagonal
1.A.E Grupo del Mercurio – Amalgama		
Belendorffita	Hg <sub>6</sub> Cu <sub>7</sub>	Hexagonal
Eugenita	Ag <sub>11</sub> Hg <sub>2</sub>	Cúbico
Oroamalgama	(Au,Ag)Hg	Cúbico
Kolimita	Cu <sub>7</sub> Hg <sub>6</sub>	Cúbico
Plomoamalgama	HgPb <sub>2</sub>	Tetragonal
Luanheita	Ag <sub>3</sub> Hg	Hexagonal
Mercurio	Hg	Hexagonal
Moschellandsbergita	Ag <sub>2</sub> Hg <sub>3</sub>	Cúbico
Paraschachnerita	Ag <sub>3</sub> Hg <sub>2</sub>	Ortorrómico
Potarita	PdHg	Tetragonal
Schachnerita	Ag <sub>1.1</sub> Hg <sub>0.9</sub>	Hexagonal
Weishanita	(Au,Ag) <sub>3</sub> Hg <sub>2</sub>	Hexagonal
1.A.F Grupo del Níquel – Cobalto – Hierro.		
Awaruita	Ni <sub>2</sub> Fe	Cúbico
Cromoferruro	Fe <sub>3</sub> Cr <sub>1-x</sub> (x=0.6)	Cúbico
Fercromuro	Cr <sub>3</sub> Fe <sub>1-x</sub> (x=0.6)	Cúbico
Hierro	Fe	Cúbico
Kamacita	FeNi	Cúbico
Níquel	Ni	Cúbico
Taenita	(Ni,Fe)	Cúbico
Tetrataenita	FeNi	Tetragonal
Wairavita	CoFe	Cúbico
1.A.G. Grupo Paladio – Platino		
Iridio	Ir	Cúbico
Osmio	Os	Hexagonal
Paladio	Pd	Cúbico
Platino	Pt	Cúbico
Rodio	(Rh,Pt)	Cúbico
Rutenio	Ru	Hexagonal
1.A.H Grupo de Aleaciones de Platino		
Atokita	(Pd,Pt) <sub>3</sub> Sn	Cúbico
Cabrita	Pd <sub>2</sub> SnCu	Ortorrómico
Chengdeita	Ir <sub>3</sub> Fe	Cúbico
Ferroníquelplatino	Pt <sub>2</sub> FeNi	Tetragonal

Hongshiita	PtCu	Hexagonal
Isoferroplatino	(Pt,Pd) <sub>3</sub> (Fe,Cu)	Cúbico
Niggilita	PtSn	Hexagonal
Paolovita	Pd <sub>2</sub> Sn	Ortorrómico
Plumbopaladinita	Pd <sub>3</sub> Pb <sub>2</sub>	Hexagonal
Rustenburgita	(Pt,Pd) <sub>3</sub> Sn	Cúbico
Estanopaladinita	(Pd,Cu) <sub>3</sub> Sn <sub>2</sub>	Hexagonal
Taimyrita	(Pd,Cu,Pt) <sub>3</sub> Sn	Ortorrómico
Tetraferroplatino	PtFe	Tetragonal
Tulameenita	Pt <sub>2</sub> FeCu	Tetragonal
Zvyagintsevitita	(Pd,Pt,Au) <sub>3</sub> (Pd,Sn)	Cúbico

### 1.B Metales con carburos, siliciuros, nitruro, fosfuros.

1.B.A Grupo Carburos		
Cohenita	(Fe,Ni,Co) <sub>3</sub> C	Ortorrómico
Haxonita	(Fe,Ni) <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	Cúbico
Khamrabaevita	(Ti,V,Fe)C	Cúbico
Tongbaevita	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	Ortorrómico
1.B.B Grupo Siliciuros		
Ferdisilicita	FeSi <sub>2</sub>	Tetragonal
Fersilicita	FeSi	Cúbico
Gupeita	Fe <sub>3</sub> Si	Cúbico
Perryta	(Ni,Fe) <sub>8</sub> (Si,P) <sub>3</sub>	Hexagonal
Suessita	(Fe,Ni) <sub>3</sub> Si	Cúbico
Xinfengita	Fe <sub>5</sub> Si <sub>3</sub>	Hexagonal
1.B.C Grupo Nitruros		
Carlsbergita	CrN	Cúbico
Nierita	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Hexagonal
Osbornita	TiN	Cúbico
Roaldita	Fe <sub>4</sub> N	Cúbico
Siderazot	Fe <sub>5</sub> N <sub>2</sub>	Hexagonal
Sinoita	Si <sub>2</sub> N <sub>20</sub>	Ortorrómico
1.B.D Grupo Fosfuros		
Barrigerita	(Fe,Ni) <sub>2</sub> P	Hexagonal
Schreibersita	(Fe,Ni) <sub>3</sub> P	Tetragonal

### 1.C Metaloides

1.C.A Grupo Bismuto – Antimonio – Arsénico		
Antimonio	Sb	Hexagonal
Arsénico	As	Hexagonal
Arsenolamprita	As	Ortorrómico
Bismuto	Bi	Hexagonal

Paradocrasita	Sb <sub>2</sub> (Sb,As) <sub>2</sub>	Monoclínico
Stibarsen	SbAs	Hexagonal

**1.D No metales****1.D.A Grupo Sílice – Carbón**

Chaoita	C	Hexagonal
Diamante	C	Cúbico
Grafito	C	Hexagonal
Lonsdaleita	C	Hexagonal
Moissanita	SiC	Hexagonal
Sílice	Si	Cúbico

**1.D. B Grupo Telurio – Selenio – Azufre**

Rosickyita	S	Monoclínico
Selenio	Se	Hexagonal
Azufre	S	Ortorrónico
Telurio	Te	Hexagonal

**Grupo del Oro:****Oro (Au)**

Sistema Cristalino: Isométrico. Cristales precisos raros, o (111) los más comunes, también d(110) y m(311); cristales con frecuencia alargados en dirección de un eje octaédrico, que da origen a formas de aspecto romboédrico y formas arborescentes; también en placas aplanadas. Maclas: plano de macla 0. Cristales esqueléticos comunes, bordes salientes o curvos; en formas dendríticas, reticuladas, filiformes. También en forma masiva y en láminas delgadas; con frecuencia en granos aplanados o escamas, en terrones o pepitas. No tiene crucero. Fractura fibrosa. Muy maleable y dúctil. Dureza = 2.5 - 3. Peso específico = 15.6 - 19.3 (cuando esta puro). Lustre metálico. Color y raya amarillo oro, algunas veces tirando a blanco plata y raras veces a rojo anaranjado. Opaco. Composición: oro pero generalmente en aleación con plata en diferentes cantidades y algunas veces también contiene trazas de cobre, hierro, paladio, bismuto, selenio, telurio, platino, iridio y rhodesio.

Propiedades: soluble en agua regia y KCN, reacciona rápidamente con mercurio, funde al soplete produciendo pequeñas bolas brillantes.

Manipulaciones: limpiar mecánicamente con agua o ácidos.

Variedades:

1. Ordinaria contiene hasta 16 % de plata. El oro más puro que se ha descrito es la forma llamada "oro esponja" en Australia occidental con 99.91 % de oro y 0.09 % de plata.
2. Electrum o argentífera contiene hasta 36 % de plata.
3. Cuproaurita con Cobre hasta un 20 % de cobre .
4. Porpezita contiene hasta un 10% de Paladio.
5. Maldonita (oro negro) con contenido de Bismuto.
6. Rodita con contenido de Rh.
7. Iraurita con contenidos de Iridio
8. Oro platinado con contenidos de Platino

Características distintivas: se reconoce fácilmente de otros minerales metálicos, también de escamas y mica amarilla, por su maleabilidad y alto peso específico, este último hace posible que se

separe de la ganga por lavado, se distingue de la calcopirita y de la pirita ya que ambos sulfuros son quebradizos y solubles en ácido nítrico.

Génesis: el oro está ampliamente distribuido en la corteza terrestre. Se ha encontrado en varias rocas ígneas, más comúnmente en los tipos ácidos, y en algunas veces en partículas visibles. Ocurre en rocas sedimentarias y con bastante frecuencia en conexión con las rocas metamórficas. Es un constituyente del agua de mar. Se encuentra más frecuentemente en cantidades notables en las vetas de cuarzo y en las diversas formas de depósitos de placer.

Yacimientos: bastante escasos; los mayores yacimientos de oro se encuentran en Sudáfrica (Witwatersrand), ex Unión Soviética (Urales y Siberia), en Estados Unidos (Nevada, Colorado, California y Alaska), México, Canadá, Colombia, Australia y en las Islas Fidji. También se encuentra oro en Ghana, Zimbabwe, Egipto, Filipinas e India. Los principales yacimientos de Europa se localizan en Rumania, Checolovaquia, Alemania (aluviones auríferos de los ríos Isar, Danubio y Eder). Durante la fiebre de oro se encontraron pepitas de dimensiones y peso considerables (en el yacimiento australiano de Hill End apareció un bloque de oro de 93 kilos, en Chile una pepita de oro de 153 kilos). Los yacimientos aluviales clásicos de este período se encuentran en Estados Unidos (Alaska, California - Sacramento). En Siberia, aparecieron y siguen apareciendo, aunque raramente, grandes pepitas. En prácticamente todos los distritos notables de oro, éste se ha encontrado primero en placeres, y posteriormente los depósitos primarios.

Usos: el oro se emplea principalmente en joyería y anteriormente en la acuñación de monedas. Según Kraus (1965) las monedas de Estados Unidos se componían de 9 partes de oro contra 1 de cobre. En joyería, el oro se usa en aleación con plata, cobre y platino. El contenido de dichas aleaciones se expresa en el quilataje, el oro de 14 quilates se compone de 14 vigésimo cuartas partes de oro y 10 de otros metales. El oro se emplea también para aparatos científicos y eléctricos, fotografía, artes gráficas, odontología y medicina.

## **2. Sulfuros**

Incluyen un gran grupo de minerales, muchos de ellos tienen importancia económica y son llamados minerales de mena. En los sulfuros, un metal o semimetal (átomo pequeño), se une a un átomo de azufre (átomo grande). Cuando en un mineral hay metales y semimetales combinados con azufre, y ambos en cantidades similares, se les llama sulfosales.

Se incluyen en esta clase, minerales menos comunes formados por la unión de un metal y un metaloide (semimetal), como los sulfoarseniuros, arseniuros, antimoniuros, seleniuros y telururos.

Para la identificación de los minerales de este grupo son importantes: el color, el brillo metálico a veces diamantino, la opacidad (rara vez se encuentran especímenes transparentes como variedades de la esfalerita y el cinabrio), una baja dureza y una alta densidad. Se ha reportado a 523 minerales que conforman esta clase.

### **2.A Aleaciones de metales con metaloides**

- 2.A.A Aleaciones de Oro – Plata – Cobre con semimetales  
10 minerales
- 2.A.B Aleaciones de Níquel con semimetales.  
3 minerales
- 2.A.C Aleaciones de Paladio con semimetales.  
15 minerales

**2.B Sulfuros con Me: S > 1: 1**

2.B.A Sulfuros de Oro – Plata – Cobre con Me:S > 1: 1  
36 minerales

**2.C Sulfuros con Me : S = 1 : 1**

2.C.A Sulfuros de Cobre con Me:S = 1 : 1 (en capas)  
7 minerales

2.C.B Sulfuros de Zinc – Cobre – etc. con Me:S = 1 : 1 (estructura)  
59 minerales

2.C.C Sulfuros de Paladio – Platino – etc., con Me:S = 1 : 1 (plana)  
22 minerales

2.C.D Sulfuros de Estaño – Plomo – etc., con Me:S = 1 : 1  
22 minerales

2.C.E Sulfuros de Sodio – Potasio – etc., con Me:S = 1 : 1 (plana)  
2 minerales

**2.D Sulfuros con Me: S 1: 2 y 1 : 1**

2.D.A Sulfuros con Me:S = 3: 4  
25 minerales

2.D.B Sulfuros con M:S = 2: 3  
10 minerales

2.D.C Sulfuros con Me:S > 1 : 2 y < 1 : 1  
22 minerales

**2.E Sulfuros con Me:S < 1: 2 o = 1 : 2**

2.E.A Sulfuros de oro – plata – cobre con Me:S = 1: 2  
20 minerales

2.E.B Sulfuros de fierro – cobalto – níquel – platino – etc., con Me:S < o = 1 : 2  
60 minerales

2.E.C Sulfuros de cobalto - níquel con Me:S = 1 : 3  
3 minerales

**2.F. Sulfosales con AsS<sub>3</sub> y SbS<sub>3</sub> (como unidades estructurales)**

2.F.A Neso-sulfoarseniuros sin azufre adicional  
25 minerales

2.F.B Neso-sulfoarseniuros con azufre adicional  
14 minerales

2.F.C Poli-sulfoarseniuros  
23 minerales

**2.G Sulfosales con SnS como unidades estructurales**

2.G.A Sulfosales de cobre – plata – fierro sin plomo  
12 minerales

2.G.B Sulfosales de cobre – plata – fierro con plomo  
28 minerales

2.G.C Sulfosales: serie sartorita  
23 minerales

2.G.D Sulfosales con SnS + PbS como unidades estructurales  
3 minerales

**2.H Sulfosales con PbS como unidades estructurales**

2.H.A Sulfosales de cobre – plata – plomo  
33 minerales

- 2.H.B Sulfosales de plomo (sin cobre o plata)  
3 minerales

### 2.J Sulfoarsenatos

- 2.J.A Sin azufre adicional  
1 mineral
- 2.J.B Con azufre adicional  
2 minerales

### 2.K. Sulfo-metaloides, sulfo-haluros, sulfo-óxidos

- 2.K.A Sulfo-metaloides  
12 minerales
- 2.K.B Sulfo-haluros  
11 minerales
- 2.K.C Sulfo-óxidos  
14 minerales

## 3. Haluros

Los haluros incluyen aquellos minerales cuyos aniones únicos o principales son los elementos halógenos Cl, F, Br, I y están unidos a los metales alcalinos o alcalino-térreos, como el Cu, Ag, Na, K, etc. Los más comunes son los cloruros y los fluoruros. Los cloruros se disuelven con facilidad en el agua, o con la humedad de las manos, tienen un sabor salado o amargo, generalmente son de color claro, de densidad y dureza bajas. Los fluoruros poseen una dureza mayor, la fluorita tiene una dureza de 4. Los haluros son de gran importancia, ya que son materia prima para la industria química, la metalúrgica y la del vidrio. Actualmente 142 minerales componen esta clase.

### 3.A Haluros simples sin agua

- 3.A.A Haluros simples  $Me:X = 1 : 1$  sin agua  
16 minerales
- 3.A.B Haluros simples  $Me:X = 1 : 2$  sin agua  
6 minerales
- 3.A.C Haluros simples  $Me:X = 1 : 3$  sin agua  
3 minerales

### 3.B Haluros simples con agua

- 3.B.A Haluros simples  $Me:X = 1 : 1$  con agua  
1 mineral
- 3.B.B Haluros simples  $Me:X = 1 : 2$  con agua  
6 minerales
- 3.B.C Haluros simples  $Me:X = 1 : 3$  con agua  
2 minerales

### 3.C. Haluros simples con (O,OH)

- 3.C.A Haluros simples con Oxígeno  
2 minerales
- 3.C.B Haluros simples con hidroxilo, sin agua  
8 minerales
- 3.C.C Haluros simples con hidroxilo y agua  
8 minerales
- 3.C.D Haluros simples con hidroxilo, agua y otros aniones



- 2.H.B Sulfosales de plomo (sin cobre o plata)  
3 minerales

### 2.J Sulfoarsenatos

- 2.J.A Sin azufre adicional  
1 mineral
- 2.J.B Con azufre adicional  
2 minerales

### 2.K. Sulfo-metaloides, sulfo-haluros, sulfo-óxidos

- 2.K.A Sulfo-metaloides  
12 minerales
- 2.K.B Sulfo-haluros  
11 minerales
- 2.K.C Sulfo-óxidos  
14 minerales

## 3. Haluros

Los haluros incluyen aquellos minerales cuyos aniones únicos o principales son los elementos halógenos Cl, F, Br, I y están unidos a los metales alcalinos o alcalino-térreos, como el Cu, Ag, Na, K, etc. Los más comunes son los cloruros y los fluoruros. Los cloruros se disuelven con facilidad en el agua, o con la humedad de las manos, tienen un sabor salado o amargo, generalmente son de color claro, de densidad y dureza bajas. Los fluoruros poseen una dureza mayor, la fluorita tiene una dureza de 4. Los haluros son de gran importancia, ya que son materia prima para la industria química, la metalúrgica y la del vidrio. Actualmente 142 minerales componen esta clase.

### 3.A Haluros simples sin agua

- 3.A.A Haluros simples  $Me:X = 1 : 1$  sin agua  
16 minerales
- 3.A.B Haluros simples  $Me:X = 1 : 2$  sin agua  
6 minerales
- 3.A.C Haluros simples  $Me:X = 1 : 3$  sin agua  
3 minerales

### 3.B Haluros simples con agua

- 3.B.A Haluros simples  $Me:X = 1 : 1$  con agua  
1 mineral
- 3.B.B Haluros simples  $Me:X = 1 : 2$  con agua  
6 minerales
- 3.B.C Haluros simples  $Me:X = 1 : 3$  con agua  
2 minerales

### 3.C. Haluros simples con (O,OH)

- 3.C.A Haluros simples con Oxígeno  
2 minerales
- 3.C.B Haluros simples con hidroxilo, sin agua  
8 minerales
- 3.C.C Haluros simples con hidroxilo y agua  
8 minerales
- 3.C.D Haluros simples con hidroxilo, agua y otros aniones

**4.A Oxidos con Me:O = 2 : 1 y 1 : 1**

4.A.A Oxidos con Me:O = 2 : 1 grupo de la cuprita.

2 minerales

4.A.B. Monóxidos

13 minerales

4.A.C Oxidos dobles

4 minerales

**4.B. Oxidos con Me:O = 3 : 4 (espinelas)**

4.B.A Oxidos con Me:O = 3 : 4 espinela de aluminio

4 minerales

4.B.B Oxidos con Me:O = 3 : 4 espinela de fierro

6 minerales

4.B.C Oxidos con Me:O = 3 : 4 espinela de Cromo

6 minerales

4.B.D Oxidos con Me:O = 3 : 4 espinela de Vanadio – Titanio – Germanio

4 minerales

4.B.E Oxidos con Me:O = 3 : 4 espinela de Manganese

5 minerales

4.B.F Oxidos con Me:O = 3 : 4 espinela grupo tripkeita

6 minerales

4.B.G Oxidos con Me:O = 3 : 4 espinela grupo de crisoberilo

5 minerales

**4.C. Oxidos con Me:O = 2 : 3 (sesquióxidos)**

4.C.A Sesquióxidos: grupo de la Arsenolita

8 minerales

4.C.B Sesquióxidos: grupo de la Bixbyita

1 mineral

4.C.C Sesquióxidos: grupo del Corindón

5 minerales

4.C.D Sesquióxidos: grupo de la Ilmenita

8 minerales

4.C.E Sesquióxidos complejos principalmente hexagonal y trigonal

29 minerales

4.C.F Sesquióxidos: grupo de la Perovskita

7 minerales

4.C.G Sesquióxidos: grupo de la Stibiconita

9 minerales

4.C.H Sesquióxidos: grupo Betafita – Pirocloro - Microlita

8 minerales

4.C.I Sesquióxidos: grupo del Pseudopirocloro

9 minerales

4.C.J Sesquióxidos: grupo de la Pseudobrookita

9 minerales

4.C.K Sesquióxidos: grupo Plomo - Germanio

2 minerales

**4.D. Oxidos con Me:O = 1 : 2 (dióxidos)**

4.D.A Grupo del Cuarzo

- 1 mineral
- 4.D.B Modificaciones de SiO<sub>2</sub>  
5 minerales
- 4.D.C SiO<sub>2</sub> con agua  
2 minerales
- 4.D.D Grupo del rutilo  
14 minerales
- 4.D.E Grupo de la pirolusita  
11 minerales
- 4.D.F Grupo de la ramsdelita  
10 minerales
- 4.D.G Grupo de la brookita  
4 minerales
- 4.D.H Grupo de la wolframita  
15 minerales
- 4.D.I Grupo de la columbita  
6 minerales
- 4.D.J Titanatos, niobiatos y tantalatos de talla grande o mediana con cationes de +2  
29 minerales
- 4.D.K Miscelánea de tantalatos y niobiatos  
14 minerales
- 4.D.L Grupo Baddeley – Uraninita  
5 minerales

**4.E. Oxidos con Me:O = 1 : 2**

- 4.E.A Oxidos con Me<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
1 mineral
- 4.E.B Oxidos de molibdeno  
4 minerales
- 4.E.C Oxidos de tungsteno  
7 minerales

**4.F. Hidróxidos sin vanadio ni uranio.**

- 4.F.A Dihidróxidos Me(OH)<sub>2</sub>  
11 minerales
- 4.F.B Trihidróxidos Me(OH)<sub>3</sub>: grupo Bayerita  
7 minerales
- 4.F.C Oxihidróxidos  
21 minerales
- 4.F.D Hidróxidos con Me[X(OH)<sub>6</sub>] X = Sn, Ge, Sb  
11 minerales
- 4.F.E Oxidos – hidratados  
13 minerales
- 4.F.F Hidróxidos - hidratados  
1 mineral

**4.G. Oxidos e hidróxidos de vanadio y uranio**

- 4.G.A Oxidos e hidróxidos de vanadio  
36 minerales

- 4.G.B Hidróxidos de uranio y urano-hidratos  
26 minerales

**5. Carbonatos, nitratos, arseniatos, sulfatos, seleniatos, teluratos, iodatos.**

Los carbonatos incluyen minerales muy comunes y ampliamente distribuidos. En ellos, la principal unidad aniónica es  $(\text{CO}_3)^{2-}$ . Comúnmente los carbonatos originan cristales de caras bien definidas, se pueden identificar rápidamente por la efervescencia que presentan al reaccionar con ácidos diluidos, son relativamente blandos (se rayan con la navaja), presentan una buena exfoliación y generalmente son de colores claros.

La estructura de los nitratos es parecida a la de los carbonatos ( $\text{NO}_3$ ), guardan similitudes con ellos, aunque presentan menor solubilidad y algunos de ellos poseen sabor.

**5.A Carbonatos sin aniones adicionales y sin agua.**

- 5.A.A Carbonatos alcalinos  
6 minerales  
5.A.B Carbonatos hexagonales o trigonales.  
26 minerales  
5.A.C Carbonatos ortorrómbicos o monoclinicos  
13 minerales

**5.B. Carbonatos con aniones adicionales sin agua**

- 5.B.A Grupo azurita – malaquita  
16 minerales  
5.B.B Grupo de la dawsonita  
6 minerales  
5.B.C Grupo tychita – bradleyita  
8 minerales  
5.B.D Grupo bastnasita – synchisita  
14 minerales  
5.B.E Grupo hydrocerusita – leadhilita  
6 minerales  
5.B.F. Grupo de la bismutita  
3 minerales

**5.C. Carbonatos sin aniones adicionales y con agua**

- 5.C.A Grupo barringtonita  
6 minerales  
5.C.B Grupo natrón – pirsonita  
7 minerales  
5.C.C Grupo lanthanita  
7 minerales  
5.C.D Grupo weologanita  
2 minerales

**5.D. Carbonatos con aniones adicionales y agua.**

- 5.D.A Grupo artinita – hidromagnesita  
13 minerales  
5.D.B Grupo barentsita  
4 minerales

- 5.D.C Grupo alumohidrocalcita  
8 minerales
- 5.D.D Grupo hidrotalcita  
17 minerales
- 5.D.E Carbonatos con otros iones complejos  
3 minerales
- 5.D.F Grupo ancyllita  
7 minerales

**5.E. Urano - Carbonatos**

- 5.E.A Urano-carbonatos sin aniones adicionales ni agua.  
2 minerales
- 5.E.C Urano-carbonatos sin aniones adicionales con agua  
13 minerales
- 5.E.D Urano-carbonatos con aniones adicionales y agua  
10 minerales

**5.H. Nitratos**

- 5.H.A Nitratos sin aniones adicionales ni agua  
3 minerales
- 5.H.B Nitratos con aniones adicionales y sin agua  
1 mineral
- 5.H.C Nitratos sin aniones adicionales y con agua.  
2 minerales
- 5.H.D Nitratos con aniones adicionales y con agua.  
1 mineral

**5.J. Arseniatos**

- 5.J.A Sin aniones adicionales y sin agua  
6 minerales
- 5.J.B Con aniones adicionales y sin agua  
9 minerales
- 5.J.C Sin aniones adicionales y con agua  
3 minerales
- 5.J.D Con aniones adicionales y agua  
1 mineral

**5.K. Sulfitos (SO<sub>3</sub>)**

- 5.K.A Sin aniones adicionales y sin agua  
1 mineral
- 5.K.B Con aniones adicionales y sin agua  
2 minerales
- 5.K.C Sin aniones adicionales y con agua  
3 minerales
- 5.K.D Con aniones adicionales y agua  
1 mineral

**5. L Selenitos (SeO<sub>3</sub>)**

- 5.L.A Sin aniones adicionales y sin agua  
1 mineral
- 5.L.B Con aniones adicionales y sin agua  
2 minerales

5.L.C Sin aniones adicionales y con agua  
5 minerales

5.L.D Con aniones adicionales y agua  
ningún mineral

#### 5. M Teluritos

5.M.A Sin aniones adicionales y sin agua  
13 minerales

5.M.B Con aniones adicionales y sin agua  
9 minerales

5.M.C Sin aniones adicionales y con agua  
6 minerales

5.M.D. Con aniones adicionales y agua  
6 minerales

#### 5.N. Urano – selenitos, teluritos.

5.N.A Sin aniones adicionales y sin agua  
3 minerales

5.N.B Con aniones adicionales y sin agua  
1 mineral

5.N.C Sin aniones adicionales y con agua  
ningún mineral

5.N.D Con aniones adicionales y agua  
2 minerales

#### 5.O. Iodatos.

5.O.A Sin aniones adicionales y sin agua  
1 mineral

5.O.B Con aniones adicionales y sin agua  
4 minerales

5.O.C Sin aniones adicionales y con agua  
2 minerales

5.O.D Con aniones adicionales y agua  
3 minerales

### 6. Boratos

Dentro de esta clase se agrupan 130 minerales, la unidad fundamental es  $\text{BO}_3$ , que se pueden unir en forma de cadena, de hojas o de grupos múltiples aislados. Esto se debe a que el ión de boro trivalente, el cual es muy pequeño, se une a tres oxígenos teniendo una configuración estable. Como la carga del catión central es +3 y tiene como vecinos próximos tres oxígenos, la fuerza del enlace boro – oxígeno tiene que ser una unidad, igual exactamente a la mitad de la energía de enlace del ión oxígeno, lo cual permite que un oxígeno sea compartido por dos iones de boro, enlazando los triángulos  $\text{BO}_3$  para formar una unidad de mayor tamaño. Los boratos son fuente primordial del bórax, el cual es usado en la fabricación de vidrios especiales de poco peso y gran transparencia para las radiaciones de gran energía.

#### 6.A Monoboratos

6.A.A Monoboratos ( $\text{BO}_3$ ) sin aniones adicionales  
6 minerales

- 6.A.B Monoboratos ( $\text{BO}_3$ ) con aniones adicionales  
27 minerales
- 6.A.C Monoboratos [ $\text{B}(\text{O},\text{OH})_4$ ] con y sin aniones adicionales  
14 minerales

**6.B. Diboratos**

- 6.B.A Neso-diboratos con triángulos dobles [ $\text{B}_2(\text{O},\text{OH})_5$ ]  
6 minerales
- 6.B.B Neso-diboratos con dobles tetraedros [ $\text{B}_2(\text{O},\text{OH})_6$ ]  
2 minerales
- 6.B.C Ino-diboratos con triángulos y/o tetraedros.  
3 minerales

**6.C. Triboratos**

- 6.C.A Neso-triboratos  
10 minerales
- 6.C.B Ino-triboratos  
3 minerales
- 6.C.C Filo-triboratos  
1 mineral

**6.D. Tetraboratos**

- 6.D.A Neso-tetraboratos  
6 minerales
- 6.D.B Ino-tetraboratos  
2 minerales
- 6.D.C Filo-tetraboratos  
2 minerales
- 6.D.D Tecto-tetraboratos  
1 mineral

**6.E. Pentaboratos**

- 6.E.A Neso-pentaboratos  
4 minerales
- 6.E.B Ino-pentaboratos  
5 minerales
- 6.E.C Filo-pentaboratos  
7 minerales
- 6.E.D Tecto-pentaboratos  
2 minerales

**6.F. Hexaboratos**

- 6.F.A Neso-hexaboratos  
5 minerales
- 6.F.B Ino-hexaboratos  
1 mineral
- 6.F.C Filo-hexaboratos  
11 minerales

**6.G. Heptaboratos y mega-boratos**

- 6.G.A Heptaboratos y mega-boratos  
12 minerales

## 7. Sulfatos, Cromatos, Molibdatos y Tungstatos

Esta clase incluye aquellos minerales cuyos grupos aniónicos son del tipo general  $(XO_4)^{-2}$  en los cuales X es un ión hexavalente como S, Cr, Mo, W. La mayoría de estos minerales tienen brillo no metálico. Los sulfatos comprenden un gran número de minerales, algunos de origen primario en venas y otros de origen secundario en zonas de oxidación de otros depósitos o en depósitos evaporíticos. 352 minerales conforman este grupo.

### 7.A Sulfatos sin aniones adicionales y sin agua

- 7.A.A Cationes medianos  
3 minerales
- 7.A.B Cationes de medianos a grandes  
7 minerales
- 7.A.C Cationes grandes  
11 minerales
- 7.A.D Grupo Barita  
5 minerales

### 7.B Sulfatos con aniones adicionales y sin agua

- 7.B.A Cationes medianos o de medianos a grandes  
28 minerales
- 7.B.B Grupo de la Alunita  
16 minerales
- 7.B.C Grupo de la Beudantita  
12 minerales
- 7.B.D Cationes grandes  
13 minerales

### 7.C Sulfatos sin aniones adicionales y con agua

- 7.C.A Cationes medianos  
8 minerales
- 7.C.B Grupo del Vitriolo  
24 minerales
- 7.C.C Grupo del Alunógeno  
12 minerales
- 7.C.D Cationes de medianos a grandes  
37 minerales
- 7.C.E Cationes grandes  
12 minerales

### 7.D Sulfatos con aniones adicionales y con agua

- 7.D.A Cationes medianos  
ningún mineral
- 7.D.B Grupo de la Langita  
11 minerales
- 7.D.C Grupo de la Copiaita  
15 minerales
- 7.D.D Sulfato-hidrotalcitos  
25 minerales
- 7.D.E Grupo de la Aluminita



- 19 minerales
- 7.D.F Grupo Minasragita  
2 minerales
- 7.D.G Cationes medianos y grandes  
ningún mineral
- 7.D.H Grupo Kainita  
3 minerales
- 7.D.I Grupo Sideronatrita  
4 Minerales
- 7.D.J Grupo Serpierita  
4 minerales
- 7.D.K Grupo Etringita  
4 minerales
- 7.D.L Grupo Slavikita  
2 minerales
- 7.D.M Grupo Fleischerita  
6 minerales
- 7.D.N Sólo con cationes grandes  
1 mineral
- 7.D.O Con otros aniones complejos  
10 minerales

#### **7.E. Urano-sulfatos**

- 7.E.D Urano-sulfatos con aniones adicionales y con agua  
11 minerales

#### **7.F. Cromatos**

- 7.F.A Sin aniones adicionales y sin agua  
4 minerales
- 7.F.B Con aniones adicionales y sin agua  
10 minerales
- 7.F.C Sin aniones adicionales y con agua  
ningún mineral
- 7.F.D Con aniones adicionales y con agua  
4 minerales

#### **7.G Molibdatos y tungstatos**

A pesar de la diferencia en el peso atómico del wolframio y el molibdeno, poseen el mismo radio iónico, lo cual permite sustituirse mutuamente en los grupos tetraédricos con el oxígeno. Sin embargo, en la naturaleza los procesos de diferenciación geoquímica separan a estos elementos, encontrándose tungstatos primarios exentos de molibdeno y viceversa. En los minerales secundarios es más frecuente la asociación de estos dos elementos.

- 7.G.A Sin aniones adicionales y sin agua  
6 minerales
- 7.G.B Con aniones adicionales y sin agua  
10 minerales
- 7.G.C Sin aniones adicionales y con agua

2 minerales

7.G.D Con aniones adicionales y con agua  
3 minerales

**7.H. Urano – molibdatos y urano - tungstos**

7.H.A Sin aniones adicionales y sin agua  
ningún mineral

7.H.B Con aniones adicionales y sin agua  
ningún mineral

7.H.C Sin aniones adicionales y con agua  
3 minerales

7.H.D Con aniones adicionales y con agua  
4 minerales

**7.I. Thiosulfatos**

7.I.D Con aniones adicionales y con agua  
1 mineral

**8. Fosfatos, arsenatos y vanadatos**

Incluyen un gran número de minerales (633 actualmente), la mayoría de ellos son muy escasos. El único fosfato realmente común es el apatito y su variedad criptocristalina, el colofano. Tienen el grupo aniónico  $(XO_4)^{3-}$  en el cual X puede ser P, As o V. Este tetraedro es igual al de los sulfatos, un radical independiente que no puede compartir oxígenos o dar grupos polimerizados. Todos los fosfatos están contruidos con este radical, como unidad estructural fundamental. Los iones pentavalentes de arsénico y vanadio se forman de igual manera con fuerzas de enlace del mismo tipo e intensidad. El fósforo, arsénico y vanadio pueden sustituirse mutuamente.

**8.A Fosfatos sin aniones adicionales y sin agua**

8.A.A Con cationes pequeños  
7 minerales

8.A.B. Con cationes medianos  
18 minerales

8.A.C Con cationes de medianos a grandes  
30 minerales

8.A.D Con cationes grandes  
11 minerales

8.A.E Grupo de la xenotima  
5 minerales

8.A.F Grupo de la monazita  
9 minerales

**8.B. Fosfatos con aniones adicionales y sin agua**

8.B.A Berilio, Litio y otros cationes  
13 minerales

8.B.B Cationes +2 OH :  $XO_4 = 1 : 1$   
16 minerales

8.B.C Cationes +2 OH :  $XO_4 = 2 : 1$   
10 minerales

8.B.D Cationes +2 OH :  $XO_4 = 3 : 1$

- 4 minerales
- 8.B.E Cationes medianos +2 y +3  
11 minerales
- 8.B.F Cationes medianos +3  
2 minerales
- 8.B.G Cationes medianos sin agua ni hidroxilo  
8 minerales
- 8.B.H Cationes medianos y grandes  
ningún mineral
- 8.B.I Cationes grandes +1 y medianos +2 o +3  
6 minerales
- 8.B.J Cationes grandes +1 y +2 y medianos +2 o +3  
9 minerales
- 8.B.K Trigonal cationes grandes +1 y medianos +3  
15 minerales
- 8.B.L Cationes grandes y medianos +2  
24 minerales
- 8.B.M Cationes grandes y medianos +2 y /o +3  
15 minerales
- 8.B.N Cationes grandes  
ningún mineral
- 8.B.O Grupo del Apatito hexagonal  
26 minerales
- 8.B.P Otros cationes grandes  
8 minerales
- 8.B.Q Con Bismuto  
8 minerales

**8.C. Fosfatos sin aniones adicionales y con agua**

- 8.C.A Cationes pequeños  
9 minerales
- 8.C.B Cationes medianos +2 ( $\text{Me}_3(\text{X})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )  
23 minerales
- 8.C.C Cationes medianos +3 y +4  
14 minerales
- 8.C.D Cationes grandes +1 y +2 y medianos +2  
38 minerales
- 8.C.E Cationes grandes +1 y +2 y medianos +2 o +3  
9 minerales
- 8.C.F Cationes grandes  
23 minerales

**8.D. Fosfatos con aniones adicionales y con agua.**

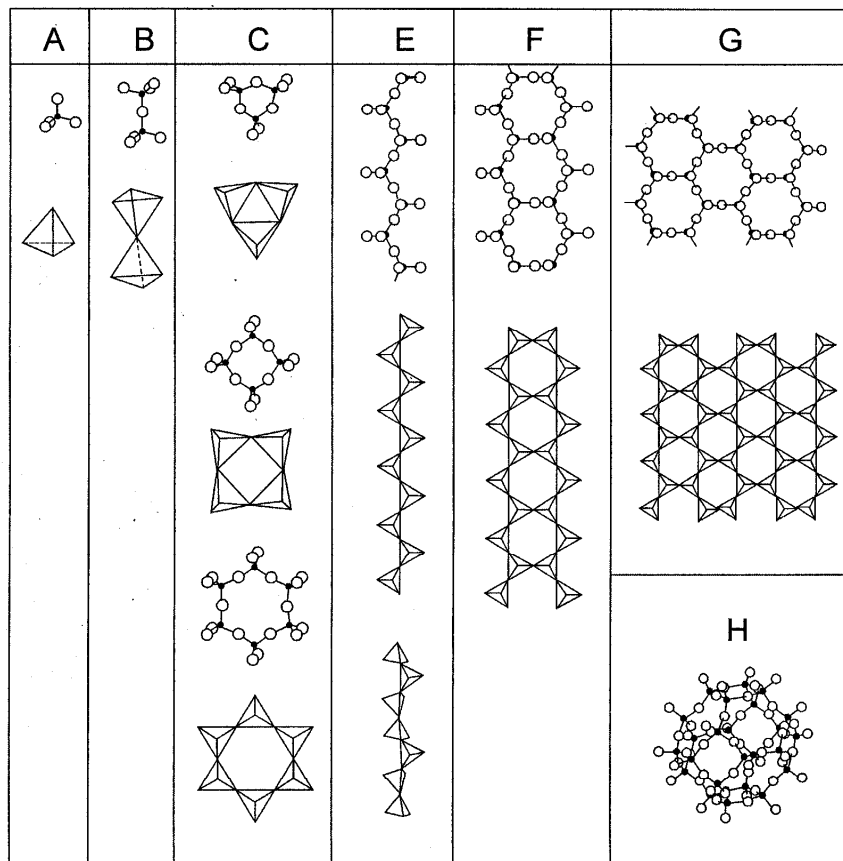
- 8.D.A Cationes pequeños  
7 minerales
- 8.D.B Cationes medianos +2  
14 minerales
- 8.D.C. Cationes medianos +3  
26 minerales

- 8.D.D Cationes +2 y+3 P : OH > 1 : 1  
5 minerales
- 8.D.E Me (+2) Me<sub>2</sub>(+3)(OH)(XO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>  
19 minerales
- 8.D.F Grupo Dufrenita P : OH > 1 : 2  
6 minerales
- 8.D.G Grupo Turquesa – Childrenita P : OH = 1 : 2  
10 minerales
- 8.D.H Cationes pequeños y medianos +2 y +3 P . OH < 1 : 2  
6 minerales
- 8.D.I Cationes grandes +1/+2 y pequeños-medianos +2, +3, +4  
22 minerales
- 8.D.J Grupo Lavendulan  
11 minerales
- 8.D.K Grupo Tsumocorita  
9 minerales
- 8.D.L Cationes grandes +2 y pequeños-medianos +2  
13 minerales
- 8.D.M P : OH < O = 1 : 1  
12 minerales
- 8.D.N Grupo Agardita  
6 minerales
- 8.D.O Grupo Mitridatita  
5 minerales
- 8.D.P Cationes muy grandes con otra estructura  
4 minerales
- 8.D.Q Cationes grandes  
5 minerales
- 8.D.R Molibdo-fosfatos  
6 minerales
- 8.E. Urano-fosfatos, urano-arsenatos y urano-vanadatos**
  - 8.E.A Urano-fosfatos y urano-arsenatos tetragonales  
29 minerales
  - 8.E.B Urano-fosfatos y urano-arsenatos ortorrómbicos  
11 minerales
  - 8.E.C Urano-fosfatos y urano-arsenatos monoclinicos  
15 minerales
  - 8.E.D Urano-fosfatos y urano-arsenatos triclinicos  
8 minerales
  - 8.E.E Urano-vanadatos  
14 minerales

## 9. Silicatos

Los silicatos son el grupo de compuestos más importantes de la corteza terrestre, y probablemente constituyen el 95% de la misma (si se cuenta el grupo de la sílice,  $\text{SiO}_2$ , como silicato). La abundancia de silicatos y aluminosilicatos reflejan la abundancia de oxígeno, aluminio y silicio, que son los elementos más comunes en la corteza (O= 47%, Si=28%, Al=8 %).

Están clasificados de acuerdo con su estructura atómica, como se muestra en la siguiente figura, las diversas estructuras pueden considerarse derivadas de la unidad tetraédrica  $\text{SiO}_4$ , por la unión de varias de ellas con la pérdida de un oxígeno en cada enlace. La habilidad del Al para reemplazar al Si en la unidad tetraédrica aumenta mucho el número de tipos posibles de silicatos. Normalmente, la unidad tetraédrica de  $\text{SiO}_4$  posee un exceso de cuatro cargas negativas, que tienen que ser compensadas por cuatro cargas positivas que proporcionan los cationes. Si el Al sustituye al Si, queda "libre" una carga negativa adicional, de tal modo que permite introducirse en la estructura a cationes adicionales o diferentes. Por la adición de dos o más unidades de silicatos surgen estructuras más complicadas, por ejemplo, la idocrasa y la epidota contienen ambas ocho unidades de  $\text{SiO}_4$  y  $\text{Si}_2\text{O}_7$ .



**Figura 75. Silicatos: A) Nesosilicatos; B) Sorosilicatos; C) Ciclosilicatos; D) Inosilicatos de cadena sencilla izquierda y de cadena doble a la derecha; G) Filosilicatos; H) Tectosilicatos. Los centros de los átomos (negro = silicio o aluminio; blanco = oxígeno). Se muestran los tetraedros que coordinan los poliedros.**

**9.A. Nesosilicatos**

- 9.A.A Grupo Penakita  
7 minerales
- 9.A.B Grupo del Olivino  
15 minerales
- 9.A.C Grupo del Granate  
17 minerales
- 9.A.D Grupo del Zircón  
7 minerales
- 9.A.E No-clasificados sin otros aniones  
7 minerales
- 9.A.F Con otros aniones  
ningún mineral
- 9.A.G Con catión y óxido  
20 minerales
- 9.A.H Con óxido, hidróxido y/o haluro  
15 minerales
- 9.A.I Con hidróxido  
29 minerales
- 9.A.J Con otros aniones complejos  
21 minerales
- 9.A.K Boro y Berilio  
22 minerales
- 9.A.M Urano-silicatos  
ninguno
- 9.A.N Grupo uranofano  
10 minerales
- 9.A.O Grupo weeksita  
4 minerales

**9.B Sorosilicatos**

- 9.B.A Grupo thorvertita  
4 minerales
- 9.B.B Grupo melilita  
15 minerales
- 9.B.C Grupo bertrandita – hemimorfita  
5 minerales
- 9.B.D Grupo de la axinita  
5 minerales
- 9.B.E Grupo cuspidina –tilleyita  
12 minerales
- 9.B.F Grupo wohlerita  
5 minerales
- 9.B.G Grupo rinkita  
4 minerales
- 9.B.H Grupo rosenbuchita – lamprofilita  
12 minerales
- 9.B.I Grupo murmanita

- 14 minerales
- 9.B.J Grupo helandita  
4 minerales
- 9.B.K Grupo pierrerita  
4 minerales
- 9.B.L Grupo nasonita  
2 minerales
- 9.B.M Grupo melanotekita  
3 minerales
- 9.B.N Con  $\text{Si}_2\text{O}_7 + \text{SiO}_4$   
21 minerales
- 9.B.O Grupo yoshimuraita  
4 minerales
- 9.B.P Con  $\text{Si}_3\text{O}_{10}$   
6 minerales
- 9.B.Q Con  $\text{Si}_3\text{O}_{10} + \text{SiO}_4$   
7 minerales
- 9.B.R Con  $\text{Si}_5\text{O}_{16}$   
1 mineral

#### 9.C. Ciclosilicatos

- 9.C.A Con miembros de 3 anillos  
23 minerales
- 9.C.B Con miembros de 4 anillos  
18 minerales
- 9.C.C. Con miembros de 6 anillos grupo berilo  
5 minerales
- 9.C.D Grupo lovozerita  
14 minerales
- 9.C.E Grupo de la turmalina  
16 minerales
- 9.C.F Grupo de la milarita  
14 minerales
- 9.C.G Grupo eudialita  
5 minerales

#### 9.D. Inosilicatos

- 9.D.A Grupo clinoenstatita  
4 minerales
- 9.D.B Grupo de la diópsida  
4 minerales
- 9.D.C Grupo de la augita  
4 minerales
- 9.D.D Grupo de la jadeíta  
5 minerales
- 9.D.E Ortopiroxenos y piroxenoides  
14 minerales
- 9.D.F Anfíboles ortorrómbicos de Mg, Fe, Mn  
11 minerales

- 9.D.G Anfíboles monoclinicos de Mg, Fe, Mn  
8 minerales
- 9.D.H Anfíboles cálcicos  
28 minerales
- 9.D.I Anfíboles sódico-cálcicos  
23 minerales
- 9.D.J Anfíboles sódicos  
17 minerales
- 9.D.K Con cadenas ramificadas  
13 minerales
- 9.D.L De cadenas a bandas  
7 minerales
- 9.D.M Con Si<sub>3</sub>O<sub>9</sub> de 3 cadenas  
22 minerales
- 9.D.N Grupo Xonotlita  
8 minerales
- 9.D.O Grupo batisita  
6 minerales
- 9.D.P Grupo rodonita  
10 minerales
- 9.D.Q Grupo stokesita  
8 minerales
- 9.D.R Grupo alamosita  
1 mineral
- 9.D.S Grupo narsarsukita  
5 minerales
- 9.D.T Grupo neptunita  
3 minerales
- 9.D.U Cadenas a filosilicatos  
24 minerales

#### **9.E. Filosilicatos**

- 9.E.A Tetragonal y pseudotetragonal  
31 minerales
- 9.E.B Grupo pirofilita – talco  
4 minerales
- 9.E.C Grupo de la muscovita  
8 minerales
- 9.E.D Grupo de la biotita  
15 minerales
- 9.E.E Grupo de la margarita  
8 minerales
- 9.E.F Otras micas sin agua  
7 minerales
- 9.E.G Micas con agua  
12 minerales
- 9.E.H Micas interestratificadas  
8 minerales



- 9.E.I Grupo de la montmorillonita – saponita  
13 minerales
- 9.E.J Grupo sudoíta – clorita  
10 minerales
- 9.E.K Grupo de la caolinita  
3 minerales
- 9.E.L Grupo alofano  
3 minerales
- 9.E.M Grupo serpentina  
21 minerales
- 9.E.N Grupo serpentina de níquel  
2 minerales
- 9.E.O Grupo de la halloysita  
4 minerales
- 9.E.P Grupo de la pirosmalita  
9 minerales
- 9.E.Q Grupo paligorskita – sepiolita  
6 minerales
- 9.E.R Filosilicatos de calcio  
12 minerales
- 9.E.S Con tetraedros de doble capa  
11 minerales

#### **9.F. Tectosilicatos**

- 9.F.A Grupo nefelina  
10 minerales
- 9.F.B Grupo de la leucita  
3 minerales
- 9.F.C Grupo del feldespato  
10 minerales
- 9.F.D Grupo de la plagioclasa  
13 minerales
- 9.F.E Con otros aniones tetraedrales  
16 minerales
- 9.F.F Grupo de la sodalita  
10 minerales
- 9.F.G Grupo de la escapolita  
7 minerales
- 9.F.I Zeolitas fibrosas  
8 minerales
- 9.F.J Zeolitas con cadenas de 4 anillos conectadas individualmente  
10 minerales
- 9.F.K Zeolitas con cadenas de 4 anillos conectadas doblemente  
12 minerales
- 9.F.L Zeolitas con 6 anillos  
12 minerales
- 9.F.M Grupo zeolitas – mordenita  
7 minerales

9.F.N Grupo zeolitas – heulandita  
6 minerales

9.F.O Grupo zeolitas con estructura desconocida  
6 minerales

**9.Y. Silicatos con estructura desconocida**

9.Y.Y Silicatos con estructura desconocida  
3 minerales