



## **CAPÍTULO 4: PROCEDENCIA DE LOS METALES**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Cuando el hombre descubre los metales observa que los puede usar en su beneficio en ese instante comienza el desarrollo intelectual de la humanidad.

Posteriormente, cuando los metales son convertidos en herramientas y en máquinas nace el desarrollo de la tecnología y de las ciencias las que, con vertiginosa velocidad, colocan al hombre en relevante situación frente a la naturaleza.

La metalurgia, arte de extraer, concentrar, purificar, transformar y adaptar los metales, tiene su trasfondo enclavado en la prehistoria y el hombre se hizo metalurgista primero, antes que cualquier otro profesional. Con ella nace el progreso y el bienestar de la humanidad toda, creando un presente de libertadores y un futuro de amplios horizontes para las generaciones venideras.

### **4.2. PROCEDENCIA DE LOS METALES**

Los metales proceden de:

- a) Yacimientos Metalíferos
- b) Desechos artificiales, Chatarra
- c) Meteorito

#### **a) Metales procedentes de Minerales**

Los metales y demás elementos (incluyendo algunos gases), proceden de los minerales que forman la corteza terrestre. Estos metales están en combinaciones binarias, ternarias, etc., como ocurre con el hierro, cobre, zinc, plomo, mercurio, estaño, entre los más comunes y metales no reactivos al estado elemental y en aleaciones, tales como el Au, Ag, Pt, Cu, electrum (Ag – Au).

Los minerales forman yacimientos que pueden ser de origen primario o secundario y dentro de ellos en una diversidad de formas que la geología ha descrito con mucha exactitud. Dichos minerales yacen en las rocas, que forman la parte sólida del globo terrestre y que se denomina corteza terrestre.

Estas rocas se denominan: ígneas, metamórficas y sedimentarias dependiendo cual haya sido el origen de ellas.

Dentro de los minerales metalíferos más comunes que se encuentran formando menas importantes, tenemos:

**Metal y Minerales****Fórmula Química****Aluminio**Coridón  
Bauxita**Al** $\text{Al}_2\text{O}_3$   
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ **Calcio**Fluorita  
Calcita  
Dolomita**Ca** $\text{CaF}_2$   
 $\text{Ca CO}_3$   
 $\text{Ca CO}_3 \text{ Mg CO}_3$ **Cromo**

Cromita

**Cr** $\text{FeO Cr}_2 \text{O}_3$ **Cobre**Cobre nativo  
Chalcocita (Calcosita)  
Calcopirita  
Bornita (pecho de paloma)  
Atacamita  
Cuprita  
Malaquita  
Azurita  
Crisocola  
Chalcantita  
Brochantita**Cu**Cu  
 $\text{Cu}_2 \text{S}$   
 $\text{CuFeS}_2$  ( $\text{Cu}_2\text{S FeS}_2$ )  
 $\text{Cu}_5 \text{Fe S}_4$   
 $\text{Cu Cl}_2 \cdot 3 \text{Cu (OH)}_2$   
 $\text{Cu}_2 \text{O}$   
 $\text{Cu CO}_3 \cdot \text{Cu (OH)}_2$   
 $2 \text{Cu CO}_3 \cdot \text{Cu (OH)}_2$   
 $\text{Cu Si O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{Cu SO}_4 \cdot 3 \text{Cu (OH)}_2$ **Hierro**Hierro nativo  
Hematita (más explotado en Chile)  
Magnetita  
Siderita  
Limonita  
Pirita**Fe**Fe  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  70% Fe  
 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  72% Fe  
 $\text{Fe CO}_3$  48% Fe  
Fe OH  $n\text{H}_2\text{O}$   
 $\text{FeS}_2$  32% Fe**Plomo**

Galena

**Pb**

PbS

**Manganeso**

Pirolusita

**Mn** $\text{Mn O}_2$ **Mercurio**

Cinabrio

**Hg**

Hg S

**Molibdeno**

Molibdenita

**Mo** $\text{Mo S}_2$



**Plata**  
Argentita

**Ag**  
Ag<sub>2</sub> S

**Estaño**  
Casiterita

**Sn**  
Sn O<sub>2</sub>

**Titanio**  
Rutilo  
Ilmenita

**Ti**  
Ti O<sub>2</sub>  
Fe Ti O<sub>3</sub>

**Uranio**  
Uranita

**U**  
U O<sub>2</sub>

**Zinc**  
Blenda

**Zn**  
Zn S

**Zirconio**  
Circonita

**Zr**  
Zr O<sub>2</sub>

Entre las gangas comunes que acompañan los minerales, tenemos: Cuarzo: SiO<sub>2</sub>; Calcita: Ca CO<sub>3</sub>; Yeso: Ca SO<sub>4</sub> 5 H<sub>2</sub>O; arcillas y rocas, en general, y que en otras oportunidades estas gangas o materiales estériles pueden constituir el mineral a explotar. Ejemplo: el cuarzo es un mineral de ganga para el cobre, pero es la base para la fabricación del vidrio.

Por otra parte, los minerales se encuentran formando yacimientos, por concentraciones naturales de ellos, y que la minería ha definido de acuerdo a como sea su forma. Ejemplos de tipos de yacimientos tenemos:

1. Yacimientos Porfíricos
2. Yacimientos Magmáticas
3. Vetiformes
4. Lenticulares
5. Manteados o Mantos
6. Relleno de cavidades
7. Placeres

Y varios otros tipos más, que sería largo de enumerar.

El hombre posee varios métodos para prospectar y “catear” yacimientos minerales y para ello se sirve de:

1. Observación directa en el terreno (aérea y terrestre)
2. Sondajes
3. Magnetometría
4. Sismología
5. Geoquímica

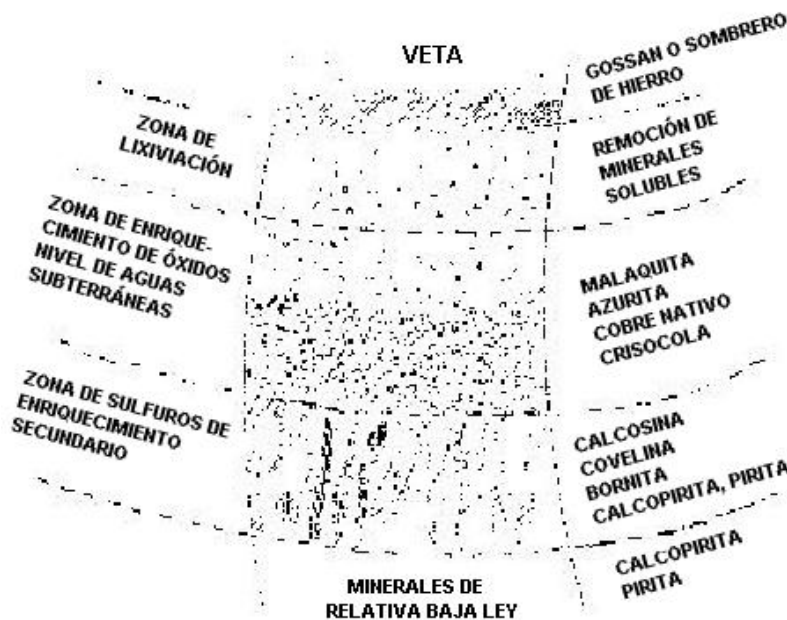
6. Sensores remotos (fotografía infrarroja)
7. Contadores

Y varios otros sistemas, hasta los más sofisticados, como los “busca tesoros”, que tienen un fundamento científico.

La búsqueda de yacimientos implica una empresa de gran envergadura, ya que se debe aportar grandes capitales, así como de personal especializado: Geólogos, Ingenieros de Minas, Ingenieros Metalúrgicos, Ingenieros Eléctricos, Ingenieros Mecánicos, Calculistas, Geodestas, Geoquímicos, etc., y personal de servicio, especializado en maquinarias de todo tipo.

Cada tipo de yacimiento tiene características únicas y particulares, sin embargo, para una determinada sustancia, digamos cobre, las características son similares.

Observemos el siguiente esquema de un yacimiento de cobre (Figura 1) y veamos lo que ocurre cuando éste sufre los efectos transformantes del medio exterior terrestre.



**Figura 1:** Esquema de un yacimiento de cobre

## b) Desechos artificiales o chatarra

Todos los metales que el hombre ya ha utilizado en el conformado de piezas, fundiciones, etc., pasan a constituir desechos o chatarra, los que son comercializados y vueltos a refundir, para fabricar u obtener de ellos nuevas piezas, repuestos, etc.

Todos los países del mundo utilizan, en gran medida, los metales procedentes de chatarra, lo que constituye una fuente importante de metales.



### c) Meteoritos

En el pasado, el hombre primitivo debió haber extraído metales de meteoritos que halló en la superficie de la corteza. Sin embargo, nunca en el presente siglo, por lo menos, los meteoritos han sido fuente de metales explotados por el hombre. Constituyen, eso sí, fuentes de gran curiosidad científica.

A continuación se dan algunos datos y estadísticas importantes de tipo general.

Tabla de los Elementos más abundantes en la corteza terrestre:

Elemento	Porcentaje en Peso	Porcentaje Atómico	Porcentaje en Volumen
O	46.40	62.19	94.04
Si	28.15	21.49	0.88
Al	8.23	6.54	0.48
Fe	5.63	2.16	0.49
Mg	2.33	2.05	0.33
Ca	4.15	2.22	1.18
K	2.36	2.20	1.11
H	2.09	1.15	1.49
Ti	0.87		
Cl	0.58		
P	0.19		
Mn	0.11		
C	0.08		

### 4.3. COMPOSICIÓN DE LA CORTEZA TERRESTRE

El 8% del total de la corteza, está compuesta de aluminio

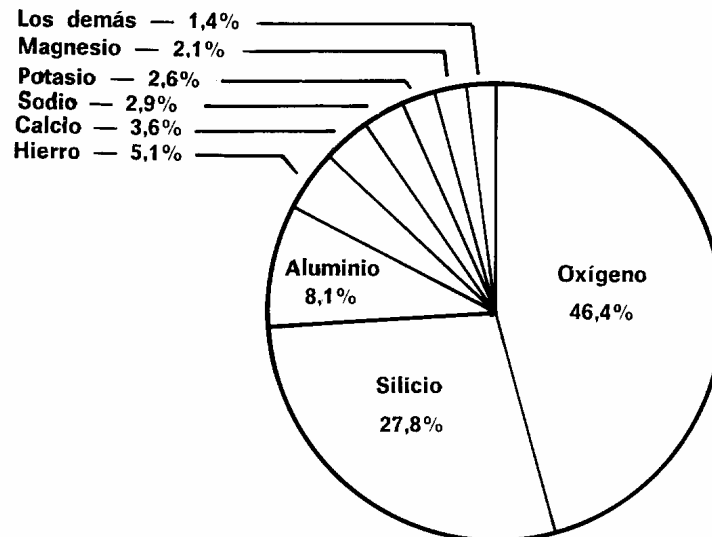
**Tabla 1:** Abundancia de elementos en el universo  
(se usa como referencia el Silicio Si = 1)

Elemento		Elemento	
H	12.000	Mg	0.89
He	2.800	S	0.33
O	16	Ni	0.21
N	8	Al	0.09
C	3	Ca	0.07
Fe	2.6	Na	0.45
Si	1	Cl	0.025

En comparación todos los demás elementos son bastantes raros, por ejemplo el Cu sería  $7 \cdot 10^{-4}$  y el Au  $1.5 \cdot 10^{-6}$ .

Se ve que el hidrógeno es lejos el más abundante de todos los elementos en el universo. Es bastante probable que todos los otros elementos se formaron a partir del

hidrógeno por fusión nuclear en las estrellas y la energía liberada así, es la principal causa de mantener la temperatura de las estrellas.



**Figura 1:** Esquema de la distribución de elementos en la corteza terrestre

La distribución de los elementos en la corteza terrestre es bastante diferente a la del universo (compárese ambas tablas). Casi no hay Helio y poco hidrógeno, el campo gravitacional de la tierra es demasiado débil como para sujetar estos elementos livianos como gases químicamente no-combinados. Las otras diferencias son debido a efectos químicos y de densidad. La mayoría del hierro de la tierra permanece químicamente no combinado y como es bastante pesado se ha hundido hacia el centro dejando solo una cantidad relativamente pequeño en la corteza como óxido de hierro. Por otro lado, los elementos aluminio, magnesio, calcio y silicio, siendo livianos y químicamente activos se combinaron con el oxígeno para formar silicatos (arena, granito) y silicato-aluminoso (arcilla). Ellos componen la mayoría de la corteza terrestre.

#### **4.4. IMPORTANCIA DEL METAL FIERRO**

El tonelaje de hierro producido es 50 veces mayor que el de cualquier otro metal y 20 veces mayor que todos los no-ferrosos juntos.

La importancia se debe:

1. Enormes depósitos de mineral de Fe de alta ley.
2. Su relativa facilidad para reducirlos.
3. Por las dos razones anteriores es más barato
4. A la gran cantidad de aleaciones de utilidad comercial que sirva como base.
5. Propiedades magnéticas únicas.



La producción del hierro requiere del concurso de metales no-ferrosos; tales como Mn, Al y Ti como desoxidante: Zn, Cd, Cr, Sn como elementos para cubrir el hierro de una capa protectora y el Cr, Ni, W, V, Mo, etc., como elementos de aleación.

Las desventajas son:

1. La elevada densidad o peso específico del hierro y sus aleaciones.
2. Su alta propensión a la oxidación y corrosión es catastrófica.
3. A veces el ser magnético es un inconveniente.
4. Mal conductor del calor y la electricidad