



CAPÍTULO 3: RESEÑA DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA

3.1. INTRODUCCIÓN

El descubrimiento de los metales y el conocimiento de sus propiedades especiales ocurrieron a muy diferentes tiempos en las diferentes regiones del mundo.

Con la excepción de pequeñas cantidades de cobre nativo, algunos depósitos de oro y plata y meteoritos de hierro y níquel, los metales generalmente no se encuentran en estado libre, sino que se encuentran como mezclas de minerales.

Como usualmente los minerales no se parecen en nada a los metales que contienen, nos maravillamos como el hombre primitivo llegó a extraer el metal de ellos. Quizás el color brillante y llamativo de muchos minerales hizo que fueran coleccionados con propósitos ornamentales o mágicos. La malaquita, el mineral más común de cobre, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, por ejemplo es de color verde-azulado brillante. Si tal mineral cae accidentalmente dentro del fuego se obtienen brillantes perlitas de metal. Donde sea que esto ocurrió el hombre primitivo debe haber estado asombrado de descubrir que algunas piedras pudieran ser calentadas hasta ceder algo con consistencia como agua y al ser enfriados nuevamente se endurecían como piedras.

El primer metal usado por el hombre fue el oro que se obtenía en forma de pepitas de los lechos en los ríos. Llamó la atención especialmente porque era brillante y no perdía su lustre con el tiempo. Por ser un material muy maleable, podía cambiársele su forma a golpes sin que se resquebrajara, usándolo como adorno.

Esto significa que la Metalurgia Mecánica con la operación de forja, es la rama más antigua de nuestra especialidad. El cobre que también se encontraba en forma nativa (estado metálico, no-combinado químicamente), fue usado posteriormente. El forjado de este metal permitió cambiarlo de forma con lo cual se endurecía hasta seguramente ponerse quebradizo, con lo que perdía la propiedad más importante que lo distinguía de las piedras. Quizás alguien calentó el metal deformado y observó que nuevamente se ablandaba, así se hizo el primer "recocido". En alguna oportunidad se calentó demasiado excediendo la temperatura de fusión y el metal se fundió. Este hecho debidamente aprovechado, vertiendo el líquido en un molde, que al solidificar permite obtener formas más complicadas que las posibles por forja, ocurrió por primera vez 4000 años (Rusia), desde donde se extendió a Mesopotamia. Se utilizó para fabricar armas permitiendo que sus habitantes obtuvieran victorias más fáciles en las batallas.

El cobre fue el primer metal cuyo uso se extendió, probablemente porque sus minerales ceden el metal fácilmente en un fuego de carbón vegetal. Se descubrió más adelante que al calentar minerales de cobre mezclados con minerales de estaño, la dureza del cobre aumentaba enormemente. Esta adición también baja la temperatura requerida para fundirlo. La aleación resultante, conocida como bronce, eventualmente reemplazó al cobre puro en la fabricación de herramientas y armas (espadas, arados y campanas). Aunque los minerales de hierro eran abundantes, los fuegos primitivos no eran suficientemente



calientes, aún cuando se usaban "fuelles" (de piel de cabra), para tratar de obtener hierro líquido. Luego en vez de poder juntarse convenientemente en un baño líquido, cuando se calentaba el mineral con carbón vegetal, el hierro permanecía como una masa pastosa y esponjosa mezclada con escoria. Como el hierro no podía ser vertido, no podía colocarse en moldes. Al calentarse al rojo era golpeado o forjado a la forma deseada. (Punto de fusión del Cobre 1083°C mientras que el hierro funde a 1538°C).

Los productos de hierro eran superiores en resistencia y duración a los de bronce pero las técnicas metalúrgicas más complicadas hicieron que la producción de hierro apareciera más tarde en la escena histórica. Los Hititas de Asia Menor fueron los primeros en forjar armas de hierro en cantidades, en gran medida gracias a ellas tuvieron éxito en su invasión en el siglo XIV antes de Cristo al imperio Egipcio, la última gran civilización de la edad del bronce.

Los metales conocidos en la antigüedad además del cobre y estaño fueron el oro utilizado en ornamentos, la plata también en ornamentos además de monedas. El hierro principalmente para herramientas y armas. El plomo en partes de las instalaciones de acueductos (romanos) y otras aplicaciones de gasfiterías. El Mercurio para la extracción del oro por amalgamación.

3.2. LA MAGIA DEL CRISOL

Los rituales mágicos y conceptos que se relacionaban con el arte de la metalurgia en tiempos medioevales están ilustrados en la Tabla I. Los primeros alquimistas y astrólogos veían una asociación oculta entre los metales y los cuerpos celestes.

La ambición del alquimista en extraer o sintetizar oro a partir de metales menos nobles los incentivó a ensayar. Aunque nunca obtuvieron el oro en sus crisoles, el esfuerzo de los alquimistas no fue en vano. Ellos desarrollaron técnicas de laboratorio tales como destilación y los elementos arsénico, bismuto, cinc, antimonio y fósforo fueron aislados e identificados.

Tabla 1. METALES DE LA ANTIGUEDAD

Oro		Sol
Plata		Luna
Mercurio		Mercurio
Cobre		Venus
Hierro		Marte
Estaño		Jupiter
Plomo		Saturno
Antimonio		
Platino		

3.3. METALURGIA LLEGA A SER UNA CIENCIA

Pero no fue hasta el siglo XVI que aparecieron las primeras publicaciones que recopilaban las técnicas y conocimientos de la época permitiendo así traspasar las experiencias acumuladas en forma sistemática de una generación de metalurgistas a otra.

Así tenemos:

"De la Pirotecnia". 1540 por Vanuccio Biringuccio (1480 - 1539) director de la Fundición Papal, recibió el nombre de padre de la Industria de la Fundición. Publicado en Italiano. El contenido es poco útil debido a su lenguaje abstruso e impreciso.

"De Re-Metallica". 1556 por Georgius Agrícola (o Georg Bauer). Publicado en latín, Primera publicación escrita usando el equivalente al método científico para la época. Fue traducido al inglés en 1912 por Herbert Hoover (ex-presidente de E.E.U.U. de profesión Ingeniero Metalúrgico).

Los avances en el campo de la Química hicieron posible expresar los fenómenos metalúrgicos en términos de reacciones químicas. De esto nació la metalurgia extractiva,



que incluye la reducción científicamente controlada de minerales metálicos para extraer el metal y lograr la purificación del metal en bruto además de la adición de elementos de aleación. Esta área mostró un gran progreso durante la última parte del siglo XIX. (Ver tabla II)

Tabla II. Fechas Históricas de interés Metalúrgico.

antes de 4000 A.C	Uso del oro y cobre nativo. Martillado para endurecer y calentado sin llegar a fundir.
4000 a 3000 A.C	Reducción de minerales oxidados de cobre y plomo. Aleaciones de cobre y arsénico por fusión de minerales. Bronce. Fundición del cobre casi puro. Soldadura de cobre-oro-plata.
3000 a 2000 A.C	Tostación de minerales sulfurados de cobre. Ensayos de obtención de hierro esponja. Técnicas de fabricación de joyas. Alambres por cortadura de planchas.
2000 a 1000 A.C	Hierro forjado. Bronce a partir del cobre y estaño puros. Latón Aceros cementados y endurecidos por temple.
1000 a 1 A.C	Hierro fundido (solo en China). Producción de hierro, cobre y plata. Estampado de monedas.
1 a 1000	Extracción del cinc. en China e India. Acero desde hierro forjado y fierro fundido (China). Acero por soldadura y forja repetida. Control del carbono o por fundentes. Espada de Damasco. En Europa espadas por forjado y cementación en fraguas. (Francos y Vikingos)
1000 a 1500	Fundición del primer cañón de bronce por un monje en Ghent (1509). Horno para reducción de mineral de hierro a fierro fundido (arrabio). Refinación de fierro fundido a hierro forjado.
1500 a 1600	Primer cañón de fierro fundido (1509). Laminador para planchas delgadas para confeccionar monedas. Extensa aplicación de la fuerza hidráulica para trabajar los metales.
1600 a 1700	Horno reverbero a carbón para plomo y cobre. Perdigones de plomo por caída libre. Aleación de bajo punto de fusión de Newton.



1700 a 1800

Uso del cobre para obtención del hierro. (Darby-1709-Inglaterra). Fundición Maleable. (Reaumur 1722, Francia). Acero en crisol redescubierto por Benjamín Huntsman (relojero Inglés-1740). Metalurgia del polvo para platino. Extrusión de tubos de plomo. Invención del cubilote por John Wilkinson, Inglaterra (1794). Reducción electroquímica de cobre y plata.

Siglo XIX

Cañones de Acero fundido (Krupp-1847 - Alemania). Fabricación de Acero en gran escala con el convertidor por William Kelly y Sir Henry Bessemer en Inglaterra (1851). Horno de fusión de chatarra de acero Siemens - Martin a gas con aire pre-calentado. (1857). Estufas Cowper para precalentamiento de aire para el alto horno. Refinación electrolítica de obtención de Aluminio (Hall, Heroult 1886). Laminador trío para acero (1856). Acero al manganeso Hadfield (1882). Tubos de acero sin costura (Mannesmann 1885).

Los avances en el campo de la Química hicieron posible expresar los fenómenos metalúrgicos en reacciones químicas. De esto nació la **metalurgia extractiva**, que incluye la reducción científica controlada de minerales metálicos para extraer el metal y lograr la purificación del metal en bruto, además de la adición de elementos de aleación. Esta área mostró un gran progreso durante la última parte del siglo 19. (Ver tabla II).

Al comienzo del siglo 20, nuevas herramientas estuvieron disponibles. Microscopios ópticos de alta calidad y equipos de difracción de Rayos-X permitieron a los científicos explorar la estructura de la materia a nivel microscópico y atómico. La Metalurgia se siguió desarrollando ahora a lo largo del campo de la física. El conformado de metales para obtener las propiedades físicas y químicas y la solidificación de metales, son usualmente consideradas como pertenecientes al campo de la **metalurgia física**.

Más aún, cada vez mayor cantidad de conocimientos obtenidos por el estudio científico de los metales también es aplicado a muchos otros tipos de materiales. Hay una tendencia creciente de hablar de **ciencia de los materiales** como un campo profesional de actividad separado.

Físicos, Químicos, Ceramistas y Metalurgistas han desarrollado la Ciencia básica que se aplica al campo general de los materiales, mientras que el ingeniero se ha preocupado en usar este conocimiento básico para resolver problemas tecnológicos particulares.



La gran similitud en el método de investigación para los diferentes materiales se puede apreciar fácilmente en la literatura científica. Si por ejemplo, uno suprime los nombres específicos de los materiales, a menudo sería imposible decidir el título del artículo y a veces del artículo mismo de si debe aparecer en una publicación de metalurgia o de cerámicas.

3.4. CIENCIA DE LOS MATERIALES

En general la ciencia de los materiales puede ser dividida convenientemente en dos áreas: La primera trata de materiales estructurales incluyendo los metales refractarios, cerámicas, metales muy puros para aplicaciones especiales, plásticos, vidrios, polímeros y materiales diferentes. La segunda área está relacionada con materiales electrónicos, tales como semiconductores, aisladores y superconductores.

¿Cuál es el rol de la metalurgia en el campo de los materiales? Los metales son versátiles, abundantes, relativamente de bajo costo y tienen muchas propiedades físicas deseables.

Los metalurgistas han desarrollado un amplio conocimiento que les permite llegar a la combinación de metales con no-metales. Los requerimientos para reactores nucleares, vuelos espaciales, en que a veces los requisitos exigidos a los materiales son tan inflexibles que deben ser construidos átomo por átomo para lograr la combinación de propiedades deseadas. Las técnicas empleadas en la ingeniería molecular en su mayoría son metalúrgicas, desarrolladas por metalurgista mucho antes que hubiera una necesidad para ellas en otros materiales.

3.5. LOS METALES COMUNES

Las características físicas más notables de los metales estriban en el hecho que son buenos conductores de la electricidad, reflejan la luz y se deforman plásticamente, sin quebrarse.

El metal más importante y más usado es el **hierro**. El tonelaje producido en el mundo es aproximadamente cincuenta veces más que el de cualquier otro metal y es probablemente diez o veinte veces más que el de todos los no ferrosos juntos. El hierro es el segundo más abundante en la corteza terrestre (el primero es el aluminio) y sus depósitos comerciales son mayores que los de cualquier otro metal.

Los factores que lo llevan a esa posición relevante son:

1. Existencia de enormes depósitos de mineral de hierro de alta ley
2. Minerales de hierro son comparativamente fáciles de reducir
3. Por consiguiente, el hierro es barato de producir
4. El hierro se combina con el carbono dando lugar a una serie de aleaciones útiles
5. El hierro posee propiedades magnéticas únicas.



Para la mayoría de los usos de ingeniería una aleación de hierro (acero, fundición, acero especial) es la primera opción, y a menudo es el único material lógico de usar. Una gran cantidad de metales no-ferrosos se consumen en la industria del hierro y el acero como ser: manganeso, aluminio y silicio como desoxidante; cromo, níquel, tungsteno, vanadio, molibdeno y muchos otros como elementos de aleación, cinc, cadmio, cromo, estaño, y otros en capas protectoras. Claro que el hierro no es totalmente el metal universal y hay algunas aplicaciones donde el metal más caro no-ferroso y sus aleaciones deben ser usados. Algunas de las desventajas son:

1. El hierro tiene una densidad de 7.87gr/cm^3 y sus aleaciones son aproximadamente tan pesadas como el hierro puro; para muchos casos donde el peso es importante es desplazado por el aluminio, titanio y magnesio.
2. El hierro y sus aleaciones se enmohecen o corroen cuando son expuestas a la atmósfera. Muchos otros metales tales como el aluminio y titanio son mucho más reactivos y se oxidan más fácilmente que el hierro, pero forman una capa de óxido compacta que protege al metal de ataque posterior. Los productos de la corrosión del hierro se forman como un depósito suelto y escamoso que no solo no protege al metal que hay debajo, sino que aún sirve para acelerar la corrosión. No hay duda que éste es uno de los inconvenientes mayores del hierro. Claro que el hierro altamente aleado como acero inoxidable (18% Cromo y 8% Níquel) tienen una resistencia a la corrosión mucho mayor, con el consiguiente mayor costo.
3. A veces al ser magnético es un inconveniente.
4. El hierro es relativamente mal conductor del calor y electricidad y para tales propósitos se prefiere aluminio o cobre.

Tabla comparativa de algunas propiedades de los Metales Comunes

	Fe	Cu	Al	Ti	Mg	Mo	Ni
Punto Fusión °C.	1538	1083	660	1668	650	2610	1455
Densidad gr/cm^3	7.7	8.96	2.7	4.51	1.74	10.2	8.9
Conductividad eléct.	0.10	0.593	0.382	0.024	0.224	0.19	0.145
Conductividad.Térm.	0.18	0.94	0.50	-	0.38	0.35	0.22
Costo US\$ / lb	0.10	1.00	0.60	6.0.	0.70	5.0	7.0
Dureza máx. BHN	650	250	150	400	100	-	-