

HUGO LEONEL RAMÍREZ ORTIZ

HISTORIA DE LA ELABORACIÓN DE LOS METALES

ASESOR: M.A. EDUARDO JOSÉ BLANDÓN RUIZ



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Humanidades
Departamento de Post Grado
Maestría en Docencia Universitaria
con Especialidad en Evaluación Educativa

Guatemala, Julio de 2005

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. LA PREHISTORIA (PERIODO PALEOLÍTICO, NEOLÍTICO Y EDAD DE LOS METALES)	3
1.1 Edad del cobre (También llamado Eneolítico [2500 a 1700 a. C.])	5
1.2 Edad del bronce (1700 a 800 a. C.)	6
1.3 Edad del hierro (1000 a. C. a siglo VIII)	7
1. EDAD MEDIA (NECESIDAD DE LOS METALES CON FINES BÉLICOS SIGLO XIV)	17
2. EL USO DE LOS METALES EN EL RENACIMIENTO Y LA EDAD MODERNA	20
3. EDAD CONTEMPORÁNEA	23
4.1 Primera revolución Industrial (1750 - 1850 d. C.)	23
4.2 Segunda revolución Industrial (1880 – 1945)	29
4.3 Tercera revolución Industrial	31
5. HISTORIA DE LOS METALES EN GUATEMALA	40
5.1 Época Precolombina	40
5.2 Época Colonial	41
5.3 Época Independiente	43
5.4 Época Actual	44
5.5 Datos Geológicos de la regiones occidental, norte, oriental y zona litoral del pacífico.	45

5.6 Principales Ocurrencias de Minerales Metálicos	49
5.6.1 Proyecto el pato	50
5.6.2 Proyecto quebradas	50
5.6.3 Proyecto llano del coyote	52
CONCLUSIÓN	56
BIBLIOGRAFÍA	60

INTRODUCCIÓN

El interés de este trabajo, va enfocado a describir cómo los metales a través de la historia han provocado un cambio sustancial en la vida del ser humano, originando así cambios sociales y tecnológicos, mejoras en la producción agrícola y material bélico dejando huella a través de los siglos.

De esta manera, en el capítulo uno se hace mención de los acontecimientos en la prehistoria la cual se divide en tres periodos importantes el Paleolítico, el Neolítico y edad de los metales. El paleolítico en el cual el hombre se valía de herramientas de palo, hueso y piedra tallada para poder cazar, pescar y en su defensa personal. Luego se tiene el Neolítico que se inició con el descubrimiento de la agricultura y la ganadería también empezó el desarrollo del tejido y la cerámica. La última parte de la Prehistoria y la cual se considera como la base fundamental del presente trabajo es la Edad de los metales, ésta inicia con el descubrimiento del cobre y la construcción de las primeras armas de caza, seguida de la aleación de bronce (estaño y cobre) que mejoraba la resistencia de las armas y herramientas agrícolas y termina con el hierro el cual era de mayor abundancia que el cobre el que a través de cementación se podía endurecer hasta obtener acero, se hacen los primeros descubrimientos del aluminio aunque no se le logra separar de su mineral.

A partir de estos descubrimientos hasta aproximadamente el siglo VIII no se supo sobre mayores acontecimientos en la evolución de los metales sino hasta la Edad Media la que estudiaremos en el capítulo dos en la que el hombre empezó a escribir obras literarias y a confeccionar artículos como cofres, urnas y colocar adornos metálicos a sus embarcaciones. Se construyeron los primeros hornos de Reverbero para la producción del acero en el cual su principal característica principal es que el combustible no se mezcla con el metal líquido. En este mismo periodo se desarrollan técnicas para la extracción de los metales. Se cubre una

de las necesidades básicas de esta edad como lo es el uso bélico, se construyen portadores de luz, utensilios para guardar muebles domésticos y otros artefactos caseros.

Luego en el capítulo tres se tocan aspectos muy relevantes de la Edad Moderna. El Cobre se utilizó para obras de carácter monumental para embellecer los interiores de las grandes catedrales. Se hace mención de los primeros personajes que practicaron la cementación (dureza superficial en los metales) y se concluye con la principal diferencia entre el arrabio, acero y hierro forjado así como también la separación del aluminio de su mineral. Aparecen los primeros estudios microscópicos por medio de la metalografía.

En el capítulo cuatro se inicia con la primera revolución industrial y los resultados de la Revolución francesa la cual produjo grandes cambios económicos y sociales a escala mundial. Se mencionará el principal horno que se utilizó para disminuir el valor del proceso del hierro como el Bessemer quien fue el primero en transformar el hierro en acero. Luego la segunda revolución industrial que da continuidad a los avances tecnológicos y cómo el capitalismo empieza con sus periodos de auge y crisis, en todo el mundo. Se muestra al acero como producto de bajo costo y como sustituto del hierro. En la tercera revolución industrial la humanidad progresa vertiginosamente y se hace mención de algunos acontecimientos que han y seguirán marcando el progreso de los metales. En el capítulo cinco se mencionará cómo la historia de la minería y la evolución de los metales en Guatemala la cual se remonta a la época precolombina, es una compilación de los sucesos que han marcado historia y que han contribuido al desarrollo del país. Este trabajo concluirá haciendo un análisis que evidenciara lo importante que han sido los metales a través de la historia y que han marcado un progreso a escala mundial.

1. LA PREHISTORIA (PERIODO PALEOLÍTICO, NEOLÍTICO Y EDAD DE LOS METALES)

Podemos definir La Prehistoria como el periodo de tiempo previo a la Historia, transcurrido desde el inicio de la evolución humana hasta la aparición de los primeros testimonios escritos. ¹

La importancia de la escritura como frontera entre la Prehistoria y la Historia, está en que sólo a través de los testimonios escritos, podemos conocer con certeza acontecimientos, hechos y creencias de aquellas personas que vivieron antes que nosotros. Al no existir el testimonio escrito, la arqueología se convierte en el único medio para reconstruir los sucesos de la prehistoria, a través del estudio de los restos materiales dejados por los pueblos del pasado: sus zonas de residencia, sus utensilios, así como sus grandes monumentos y sus obras de arte.

Para su estudio, la Prehistoria se divide en tres periodos que corresponden con la propia evolución de la humanidad estos son Paleolítico, Neolítico y edad de los metales.

El más antiguo de estos tres periodos es el Paleolítico, cuyo comienzo se remonta a hace unos 2.500.000 años. En esta etapa el ser humano utilizaba herramientas elaboradas a base de piedra tallada, hueso y palos. Durante esta época el hombre fue cazador, pescador y recolector, por lo que llevaba una vida nómada y solía colocar sus campamentos en las orillas de los ríos donde se aseguraba el agua y la comida por un tiempo, en esta época se comenzó a utilizar

¹ www.utopiaverde.org/historia/prehistoria/edad-piedra (España: 1998)

el fuego (hace 1.500.000 años aproximadamente) que marcaría un hecho muy importante en la vida del ser humano.

A continuación, el descubrimiento de la agricultura (Revolución Agrícola) marcó el inicio del Neolítico. El comienzo de esta etapa de la evolución humana es difícil de concretar ya que cada grupo humano descubrió la agricultura en un momento distinto (incluso hoy quedan en América y Oceanía, grupos humanos que siguen viviendo en el Paleolítico y desconocen la agricultura). Como fecha aproximada podemos colocar el inicio de esta época hace unos 5.000 años. Durante el Neolítico, el ser humano descubrió la ganadería (aunque siguiera practicando la caza y la recolección) lo cual le permitió convertirse en sedentario y construir los primeros poblados, así como tener más "tiempo libre" para poder dedicar a otras tareas distintas de la constante búsqueda de comida. El hombre en esta época utilizaba herramientas más perfectas realizadas con huesos y piedras pulidas y comenzó a desarrollar el tejido y la cerámica.

El último periodo de la Prehistoria es la llamada, genéricamente, Edad de los Metales, ya que en él, los seres humanos descubrirán y utilizarán los metales. El origen de la metalurgia tuvo lugar en el área geográfica comprendida entre Irán y el centro de Anatolia durante el V milenio a. C. La utilización del metal supuso un avance tecnológico que originó importantes mejoras en la producción agrícola y en la fabricación de armas, así como en la elaboración de utensilios. En la búsqueda de piedras útiles para la fabricación de sus primeras herramientas, seguramente el hombre topó con algunos terrones de *cobre y de oro maleables*, ya que la naturaleza suele proveerlos de esta manera.

Los objetos metálicos más antiguos conformados artificialmente de los que se tiene noticia son unas cuentas de cobre encontradas en el norte de Irak; se calcula como fecha probable de su manufactura entre el octavo y noveno milenio a.C. Al parecer, estas piezas son de cobre natural y fueron conformadas mediante martillo y yunque.

También se tiene información de que en la región de los *Grandes Lagos en Estados Unidos* los nativos utilizaron cobre natural alrededor del segundo milenio

a. C. Por otra parte, existen evidencias de que el hombre manipuló compuestos metálicos con mucha anterioridad a las fechas mencionadas.

Este periodo se divide en tres etapas que reciben el nombre de los metales que el hombre fue utilizando progresivamente. La más antigua es la Edad del Cobre también llamado Eneolítico (2500 – 1700 a. C.), primer metal trabajado, posteriormente vino la Edad del Bronce (1700 – 800 a. C.) y por último la Edad del Hierro (1000 – Siglo VIII d. C.). Al igual que en el Neolítico, los metales no fueron descubiertos a la vez por todos los pueblos, por eso aquellos pueblos que utilizaron el cobre se impusieron a los que sólo utilizaban la piedra, aquellos fueron sometidos por los que usaron el bronce y por último el hierro se mostró durante mucho tiempo como el metal más fuerte. En esta etapa se desarrollan las primeras civilizaciones que acabarían por inventar la escritura, entrando en la Historia.

1.1 La Edad del cobre (También llamado Eneolítico [2500 a 1700 a. C.]

El uso del cobre se remonta a una fecha anterior al año 4.000 a.C. (quizás hacia el 5.000 a.C.) en Oriente Medio. El cobre se logro en épocas diferentes y en diversos puntos. El cobre era abundante en Chipre, que antiguamente se llamada Alashiya, y cambio su nombre por el de Chipre derivado de la palabra cobre (la semejanza se percibe incluso en latín, en que cobre es *cuprum*, mientras Chipre se llamaba *Cyprium*).

Posiblemente posterior al cobre y anterior al bronce es el oro (que incluso podría ser anterior al cobre). También en la misma época aparece la plata y el mercurio; seguidamente fueron descubiertos el estaño, el cinc, el hierro y el plomo. Primeramente el estaño se uso para endurecer el cobre, usándose también después una mezcla con zinc. En cambio aún no se dominaba la técnica para fundir el hierro.

El cobre negro se obtenía de la malaquita y de la azurita, y raramente de los sulfuros de cobre. El cobre rojo se encontraba en los minerales como la cuprita.

Otro material descubierto fue el aluminio. La arcilla usada para hacer la mejor cerámica consistió en gran parte en un silicato hidratado del aluminio. Otros compuestos del aluminio tales como "alumbres" fueron utilizados extensamente por los egipcios y los babilónicos desde el 2000 a. C. en los tintes vegetales, algunos procesos químicos y para los propósitos medicinales. Pero era conocido generalmente como el "metal de la arcilla" y por miles de años no pudo ser separado por ningún método conocido de su aleación con otros elementos.

1.2 La Edad del Bronce (1700 a 800 a. C.)

El nombre de Edad del Bronce se da a una cultura que se distinguió por el empleo del bronce para la elaboración de armas, objetos de adorno y utensilios diversos.

A partir de la *Península Ibérica* se expandió, desde el valle del río Guadalquivir hacia el Norte, la cultura del vaso campaniforme, señal del comienzo del Bronce europeo. En Galicia, se encontraban los yacimientos de estaño más ricos, el cual era necesario para la elaboración del bronce (que es una aleación de cobre y estaño). Mientras, las minas de cobre más ricas se localizaban en el *Algarve portugués y en la provincia de Huelva (Andalucía, España)*, cuya explotación comenzó en tiempos remotos.

Las espadas encontradas en Huelva (confluencia de los ríos Tinto y Odiel) son muy características: la hoja y la empuñadura son de una sola pieza de fundición, y a lo largo de la hoja corre un nervio central. En los hallazgos de Huelva abundan mucho las puntas y los regatones de lanza. En todas estas piezas se perciben analogías con las utilizadas en Europa Occidental.

Un taller de fundición necesitaba, además de los hornos, crisoles, cucharas, embudos, matrices, martillos, yunques, limas e instrumentos para grabar y cincelar.

En Europa surgieron grandes áreas culturales y una sociedad más compleja: junto a la agricultura y la ganadería progresaron la industria y la artesanía.

La expansión cultural y comercial se produjo en un mismo sentido Sur-Norte. Las relaciones entre los pueblos de la actual España y las tierras del Mediterráneo fueron particularmente intensas en el período del Bronce, debido principalmente al comercio del metal, ya que la Península Ibérica era entonces uno de los centros mineros y metalúrgicos más importantes del mundo (aunque no el único).

La vida sedentaria, iniciada en el Neolítico, se consolidó durante la Edad del Bronce y, por tanto, es natural que en la Península Ibérica abunden, como en otros lugares, los restos de poblados correspondientes a esta edad.

Las manifestaciones artísticas de la Edad de Bronce han de buscarse en el arte industrial. El arte rupestre se manifestaba en grabados esquemáticos de hombres y animales o de símbolos puramente geométricos. A este arte se le atribuye unánimemente un sentido religioso.²

Se combinaron el estaño con el cobre para producir mayor dureza y con él se pudieron fabricar utensilios y armas más resistentes.

La necesidad de obtener estaño, produjo una mayor diferenciación social, como demuestra la presencia de sepulturas individuales y la desigualdad de ajuares.

1.3 Edad del Hierro (1000 a. C. a siglo VIII)

La edad del hierro fue la última etapa de la edad de los metales. El uso del hierro se inició hacia el 1900 a. C. en plena edad del bronce y su implantación fue gradual; hacia el 1000 a. C. se consolidó como material de uso mayoritario.

No es extraño que la metalurgia de este nuevo material se impusiera. Los yacimientos de hierro eran muy abundantes; en cambio, los filones de cobre y estaño eran difíciles de localizar. Aunque su manipulación resultaba más

² www.ikuska.com/Africa/histofram.htm (España: 2002)

complicada, éste metal ofrecía un abanico más amplio de posibilidades prácticas y creativas.

El inicio de la metalurgia del hierro se podría situar en la zona de la actual Turquía, una tierra rica en este mineral. Efectivamente, tal y como afirman los autores clásicos Esquilo y Estrabón, la colonia asiria de Kanesh ya trabajaba el hierro desde el 1900 a. C. aunque se trataba de una producción muy escasa que abastecía sólo el mercado local.

Asia Menor también fue uno de los primeros territorios en utilizar este metal. El pueblo hitita, que habitó el territorio de Anatolia durante este periodo, lo utilizó en ceremonias y rituales. Su uso se extendió por todo el territorio de un modo progresivo; traspasó fronteras y se comercializó en el exterior.

La metalurgia del hierro se difundió gradualmente desde sus zonas de origen. Lógicamente, los lugares más próximos a la región de Asia Menor - Egipto, Chipre y Grecia fueron los primeros en beneficiarse de su uso.

La cultura griega hizo de puente en la difusión de la metalurgia del hierro en Europa. El uso del metal con finalidades militares³ facilitó la colonización helénica del Mediterráneo, que fue decisiva en la adopción del hierro en la isla de Sicilia, la península Ibérica y el sur de África. La abundante presencia de mineral y de carbón vegetal en Europa permitió consolidar el uso del hierro. Rápidamente, los diferentes pueblos fueron adquiriendo un gran dominio de los procedimientos metalúrgicos, y se crearon zonas de producción autónoma en Italia, Francia y Polonia.

Si Grecia llevó el hierro a Europa, Egipto fue el centro difusor de la metalurgia en África Occidental. La influencia egipcia llegó hacia la zona del lago Victoria, en las actuales Kenia, Tanzania y Uganda, donde se utilizaron hornos basados en las técnicas egipcias. En África Ecuatorial también se usó el hierro. La cultura bantú desarrolló una metalurgia del hierro, del cobre y del oro con la finalidad de comerciar con los árabes.

³ Alonso López. J., Cerdán, R. Y Filloy Nieva,: **Nuevas técnicas metalúrgicas en armas de la II Edad del hierro**,(primera edición España: Editorial Victoria, 1999) pp.120-138

Asia Oriental también tuvo regiones productoras de hierro. China fue el centro metalúrgico más importante del Extremo Oriente. Conocían la fabricación del hierro desde el 1100 a. C. y no se sabe con seguridad si fue una importación del Asia Menor o si apareció de manera autónoma. A pesar de la incertidumbre de su origen, las técnicas chinas fueron muchas y muy variadas.

Vietnam, Japón e India también fueron centros metalúrgicos importantes, especializados sobre todo en objetos decorativos como los tambores vietnamitas y las campanas japonesas, o en monumentos funerarios como las grandes sepulturas megalíticas hindúes.

Cuando Roma decidió integrar a su imperio el territorio cántabro, éste se encontraba ocupado por una población indígena que poseía una cultura propia, de características diferenciadas con respecto a las del entorno inmediato, estas poblaciones habían desarrollado su cultura como producto de una simbiosis, entre lo heredado de sus antepasados del periodo anterior y más próximo (Iª Edad del Hierro) consecuencia a su vez del transcurso de una enriquecedora historia, y las influencias venidas tanto del área celtibérica a través del valle del Ebro como de las poblaciones vacceas del sur. En sus costumbres y modos de vida no se diferenciaban demasiado de las de su entorno más inmediato, dentro de una generalidad que caracteriza a esta cultura de la IIª Edad del Hierro en esta zona geográfica. Se trataba de una sociedad estratificada de forma simple pero claramente diferenciada, con jerarquías guerreras que ostentaban el poder sobre el resto de la masa poblacional según pone en evidencia la única necrópolis hasta ahora descubierta y excavada. Al igual que en otras latitudes el castro o poblado edificado en la cumbre de ciertas elevaciones se encontraba fortificado mediante una muralla de piedra.

Y con respecto al metal, la materia que nos ocupa, su presencia es abundante testimoniando la importancia que desempeñaba en la vida diaria, la abundancia de mineral y el dominio de totalidad de las actividades y técnicas metalúrgicas necesarias tanto extractivas como de transformación y diseño. Según lo que las excavaciones han aportado observamos a través de objetos muy

diversos que es utilizado en una muy amplia gama de actividades, y cuya variedad material se reduce al hierro y al cobre. Aquí ya vislumbramos lo que será norma generalizada a lo largo de la historia, y es la utilización del hierro para la fabricación de elementos útiles tales como la caza, la guerra o las herramientas, mientras que el cobre y las aleaciones en que intervino y al igual que los metales nobles (y la mayor parte de las veces en sustitución de éstos), para el ornato y adorno; masivamente de carácter personal.

En definitiva el resultado fue la obtención de un variado conjunto de objetos y herramientas que se emplearon para asimismo un vasto número de actividades profesionales. Éstas podían ser tanto ocasionales como cotidianas, abarcando desde la defensa y el hostigamiento, mantenimiento y subsistencia (carpintería, minería, agricultura...) hasta el más simple adorno que como ya suele ser norma general, suelen hallarse en gran cantidad.

Así las élites guerreras y fundamentalmente a través de los ajuares depositados en las tumbas, nos muestran que el armamento de la época estaba completamente forjado en hierro y compuesto por característicos y estilizados puñales. Las empuñaduras de estas armas y las vainas donde eran transportados, se encontraban bellamente decorados con plata. Estas iban colgando oblicuamente de un cinturón de cuero con hebilla metálica mediante un complicado sistema en el cual intervienen varias piezas metálicas de forma curva, que también se decoraban con plata. Así como lanzas y venablos de agudas puntas y cortantes filos de delineación flameante o recta, cuchillos y pequeños escudos posiblemente circulares con umbos hemisféricos o troncocónicos que eran colocados en su centro para proteger la mano que los asía. Es posible que buena parte de los fragmentos de arreos de caballo que han sido encontrados en los poblados de Las Rabas en Celada Marlantes, Monte Bernorio y Cildá, perteneciesen a esta clase dirigente. Todo ello resultaría muy vistoso y harían ciertamente altiva la actitud de sus portadores, acrecentando el respeto y la admiración de sus congéneres.

En el ornamento personal contamos con alguna hebilla e inclusive pasadores moldurados para cinturones, una pulsera con doble vuelta y un rígido collar de pequeños colgantes también metálicos en él insertado, todos en aleación de cobre. Al igual que un gran número y cierta variedad de fíbulas (anular hispánica, de pie vuelto, torrecilla y omega...) entre los tres poblados de hecho son muy habituales en este tipo de yacimientos arqueológicos.

Una materia en concreto de entre el ingente número las que eran necesarias (arcilla, hueso, madera, piedra...) que es y ha sido fundamental sobre todo para cualquier ejército estable o en campaña, son los criaderos de mineral metálico. Minas donde poder abastecerse para que una vez sea extraído el mineral, transformarlo para confeccionar armas y herramientas. Dada la tecnología tan desarrollada que como vimos tenían las poblaciones indígenas y al tratarse de una guerra de conquista (económica fundamentalmente), es fácil deducir que con seguridad las fuentes de abastecimiento fueron también aprehendidas. Las excavaciones han aportado un gran y variado número de objetos que nos ofrecen una visión amplia de todas estas actividades.

Todas las herramientas, útiles, armas eran fabricadas en un lugar específico del campamento denominado *fabricae*, que contando con diversos departamentos especializados en otras tantas materias (hueso, cerámica, forja, fundición, etc...) cada uno llevaba a cabo el trabajo sobre una o bien diversos productos. Su tamaño era proporcional al número y por lo tanto a las necesidades de soldados establecidos en el campamento.

Apenas se trabajan materias de uso exclusivo. Así por ejemplo los objetos empleados en cirugía, farmacología y aseo fueron siempre realizados en aleación de cobre por motivos de salubridad ya que el hierro se corroía mucho más rápidamente que aquél. El armamento se fabricaba fundamentalmente en hierro debido a su resistencia, durabilidad, mayor facilidad de hallar mineral... pero también algunas veces en plomo como eran los proyectiles de honda. De buena parte de todos ellos hemos encontrado evidencias, aunque más bien solo

fragmentos al ser materiales desechados cada vez que abandonaban el ejército romano aquel lugar.

El armamento militar romano era como en cualquier otro ejército de la historia de dos tipos, ofensivo y defensivo. Era distribuido en cuerpos de infantería formada por ciudadanos romanos y cuerpos auxiliares de caballería que los componían contingentes de indígenas, y a la que daban mucha menor importancia y se le encargaban en general misiones de apoyo. Aunque el armamento no siempre fue el mismo, variando a través de los siglos, podemos generalizar el equipamiento asignando a cada soldado un yelmo o casco de hierro, más sofisticado para la infantería por motivos obvios. La coraza era una cota de malla realizada mediante anillas entrelazadas, pero hacia el año 30-40 d. C. fue sustituida por otro modelo más práctico y fundamentalmente eficaz realizado mediante láminas de hierro que a modo de corsé se ceñía al torso, protegiéndolo a la vez que permitía libertad de movimientos.

Los caballeros utilizaban cotas de malla o bien otra coraza compuesta por laminillas o escamas de cobre entrelazadas en forma de "D" invertida, con el fin de conseguir mediante ambas la libertad de movimientos que se precisan debido a su actividad a caballo. Finalmente un escudo oval y plano para los jinetes; rectangular y curvo (en forma de segmento de círculo) para los de a pie. Estaba confeccionado con láminas de madera unidas mediante cola, cubiertas de piel, pintadas y con un ribete metálico. En su centro un abultamiento de hierro protegía la empuñadura y por lo tanto la mano del soldado.

Como armas ofensivas contaban con dos largas lanzas de punta piramidal maciza, fabricada en madera la mitad de la longitud. La caballería contaba con largas lanzas de punta metálica, aunque también podían ser pequeñas jabalinas, mucho más manejables y que llevaban en un carcaj sujeto a la parte trasera de la silla de montar. Una vez eran arrojadas contaban con otro tipo de armas. De un cinturón con placas de metal sobre una lámina de cuero pendía una espada (aunque también podía llevarse colgada de bandolera), más corta para el soldado de a pie que para el de caballería. Aunque sobre estos últimos va tomando cuerpo la idea de que no eran llevados al campo de batalla, sino que al igual que

el "mandil" que se llevaba colgando sobre el bajo vientre (compuesto por varias correas de cuero repletas de tachuelas de latón de grandes cabezas), sólo se lucía en los desfiles y demostraciones.

A la llegada del ejército romano a Cantabria las poblaciones de la IIª Edad del Hierro habían desarrollado una avanzada tecnología metalúrgica, tanto en lo que a fundición de objetos se refiere como a su diseño y decoración. De todas formas esta es una tónica general a la mayor parte de las sociedades que habitaban poblados fortificados de la vieja *Hispania*,⁴ producto de una muy larga tradición de experimentación y uso que arrancaba desde el más remoto Calcolítico. De sur a norte las diferentes culturas presentan un desarrollo muy importante en el terreno metalúrgico, desde la actividad extractiva del mineral, su reducción o transformación en metal hasta la fundición y forja para convertirlo en útiles y armas.

Una de las principales motivaciones de anexión por parte de Roma de todo el territorio que ocupa la Península Ibérica, aparte de sus obvias inquietudes expansionistas, fue el contar tanto con guerreros de los cuales nutrirse en futuras conquistas, como y sobre todo las enormes posibilidades de explotación de materias primas, y donde el mineral de todo tipo era muy abundante por su diversidad, calidad y abundancia. A lo largo y ancho de la Península Ibérica existían criaderos de hierro, cobre, estaño o plomo cuando no de plata y oro, muchos de los cuales ya fueron descubiertos y eran aprovechados por las poblaciones indígenas para su consumo y comercio.

La explotación de los criaderos llevada a cabo por la población autóctona comprendía el abastecimiento de un área reducida de poblados y fundiciones, pudiendo ser inclusive territorialmente más amplia, pero nunca a la gran escala que imperiosamente necesitaba Roma para su abastecimiento. Una cultura más

⁴ Fernández Ibáñez, C. (1994): un "Castra Legionis" en Herrera de Pisuerga (Palencia). Investigaciones en torno a la "Legio III Macedonia" y su misión en el Norte de Hispania durante el Alto Imperio", o Rumor da Fraga 7, Editorial ourensense, PP 11-14

avanzada como la que impuso el pueblo vencedor comportaba otra serie de necesidades ineludibles y añadidas a las que la cultura tradicional requería y estaba acostumbrada, y por lo tanto una mayor cantidad de materia prima con la que fabricar una más amplia gama de objetos. Inclusive en mayor número, debido a una demanda en continua expansión a nivel que lo hacía territorialmente el Imperio, con lo cual comenzaba embrionariamente el sistema productivo. Aunque quizás este aspecto llega a ser a nivel arqueológico más evidente en otras materias como la cerámica, que los objetos de metal propiamente dichos.

Cantabria a menor escala y en la generalidad presentaba las mismas particularidades, y motivaciones de su conquista las cuales fueron de índole económica, aunque también estratégica en función de la anterior. Y de esta manera permanecía bajo control romano la totalidad del territorio de Hispania. De hecho y a nivel de la materia que nos ocupa sólo en la zona sur de Cantabria quedaron abastecidas al menos durante varios siglos las poblaciones de los castros, durante más de cincuenta años al menos a toda una legión y también las ciudades y aldeas romanas del entorno durante todo el Imperio, así como a las poblaciones medievales posteriores. Esto quiere decir que la presencia de materia prima era impresionante y la red de abastecimientos incluida la diaria funcionaba a la perfección desde el final de la prehistoria. Por lo cual Roma en principio no tuvo más que agrandar lo que se conocía, posteriormente aumentar el número y finalmente acrecentar su producción.

Los griegos, fenicios y cartagineses, venían en busca de metales, Cobre, Estaño, Plata y Oro. Comercian con otras mercancías, y traían productos manufacturados.

La Colonización fenicia (siglo VIII a. C.) ubicada en Andalucía se situaron en las proximidades del estrecho de Gibraltar para controlar el comercio del cobre y del estaño (sobre todo de Granada); fundaron colonias como Malaka (Málaga), Abdera (Adra) y Gadir (Cádiz), que se convirtieron en centros comerciales y de industria.

La Colonizaciones griegas se asentaron al sur, eran griegos procedentes de Asia Menor y habían establecido un próspero comercio con Tartessos, pero perdieron el dominio del Mediterráneo y de la ruta de los metales.

Los griegos mantuvieron el comercio con los pueblos del sureste. Acuñaron las monedas en sus colonias y las introdujeron a través de intercambios comerciales con los pueblos indígenas.

Por último la colonización cartaginesa que era de carácter comercial y posteriormente militar. Cartago había sido fundada a fines del siglo IX a. C. por los tirios (fenicios procedentes del Tiro). Pronto extendieron su influencia comercial por el litoral del norte de África, la costa sur de España y las islas de Sicilia y Cerdeña. Fundaron la colonia Ebusus (Ibiza) para poder controlar el comercio de los metales.

El interés de los cartagineses por la península Ibérica sería cada vez mayor hasta adquirir una forma de ocupación militar. Necesitaban materias primas y hombres para sus futuras operaciones; con ese objetivo fundaron Cartago Nova (Cartagena). La derrota de Cartago ante Roma (guerras púnicas) supondrá el comienzo de la dominación romana en la península Ibérica. El periodo acaba en ella con la expansión cartaginesa y la definitiva conquista romana.

La mayor ventaja del hierro sobre el bronce residía en el hecho de que los filones para extraer el mineral eran mucho más abundantes y por tanto más económicos en comparación con el bronce. No era necesaria aleación alguna y constituía un material admirable para la fabricación de sierras, hachas, azuelas y clavos. Era, sin embargo, mucho más difícil de trabajar y nunca se logró obtener una temperatura suficientemente elevada durante los tiempos prehistóricos para fundir el hierro en molde, excepto en China. La ganga era simplemente calentada en un horno; se separaba el hierro de la escoria; se recalentaba el hierro, convertido en un solo bloque, y, por último, se trabajaba el metal mediante el uso

del martillo para darle la forma requerida. Incluso se fabricaron afiladas navajas de afeitarse con filos cortos. Como todo el proceso difería radicalmente de la manufactura de los objetos de cobre o de bronce, no es sorprendente que el trabajo del hierro no fuera una evolución directa del trabajo del bronce. Este último fue empleado principalmente para elementos de adorno personal, como alfileres o espejos, una vez que el hierro había sido adoptado para los instrumentos de trabajo y el armamento. El oro y la plata continuaron siendo materiales prestigiosos, empleados para hacer, por ejemplo, torques (pesados brazaletes que llevaban los guerreros celtas).

2. EDAD MEDIA (NECESIDAD DE LOS METALES CON FINES BELICOS, SIGLO XIV)

En la Edad Media se solía pasar directamente de maestro a aprendiz el conocimiento de los trabajos en metales, y muchos procedimientos estaban rodeados de un aura de superstición. Muy poco fue lo que se escribió acerca de procedimientos metalúrgicos, hasta que Biringuccio publicó su obra *Pirotechnia*, en 1540, a la cual siguió *de Re Metallurgica*, de Agrícola, en 1556.⁵ En años posteriores añadieron muchos conocimientos al campo metalúrgico quienes intentaban reproducir la estructura grabada al agua fuerte del acero de Damasco.

Según la historia avanza, el hombre domina cada vez más el mundo que lo rodea. En cuanto al cobre, característica de nuestra era es el pleno desarrollo de la técnica para la extracción de metales a partir del elemento en su estado mineral, no dependiendo nunca más del metal nativo.

Las corrientes de investigación suelen inclinarse por el uso bélico de los metales como una de las primeras necesidades a cubrir en la Edad Media, fabricando hachas, espadas, cascos, corazas y gran variedad de herramientas de guerra. Por otro lado también fue evidente la presencia del cobre y aleaciones en utensilios portadores de luz (Portavelas, cirios, blandones, antorchas, tenebrarios, candiles, linternas faroles, palmatorias, etc.)

Una vez controlada la iluminación con ayuda del cobre, podríamos considerar combatir el frío como la siguiente necesidad a resolver por el hombre medieval en su vida cotidiana, observándose el uso del brasero, que a través del romántico y el gótico se difunden hasta convertirse en muebles domésticos.

Si bien el máximo esplendor y alarde en el dominio y manejo del cobre quizá lo haya alcanzado para paliar otra de sus necesidades básicas: la de

⁵ Sydney H. Avner. **Introducción a la metalurgia física**. 2ª. Edición; México: Editorial McGraw-Hill, 1988) pp. 1-3

guardar. De esa manera surgieron y se confeccionaron las arcas, cofres, arquetas, urnas y una gama muy amplia de cofrecillos, cajas y estuches.

A emerger la civilización de la oscuridad de la Edad Media, todavía la cementación era el método más generalizado para convertir la superficie del hierro forjado en acero. Para introducir las capas de acero en el interior de una espada, se tomaba una barra de hierro y se cementaba; luego se martillaba hasta alcanzar el doble, de su longitud inicial; se doblaba de modo que una mitad quedara encima de la otra y se martillaba al rojo vivo hasta que soldaran las dos mitades, quedando en el interior una capa de acero. El proceso se repetía hasta que la hoja de espada tuviera una textura similar a la de un pastel de mil hojas. En sables japoneses se han encontrado, efectivamente, varios miles de capas. Esto no quiere decir que el proceso anterior se tenga que repetir miles de veces. Como las capas se multiplican exponencialmente al aumentar el número de dobleces, bastan 12 dobleces para lograr más de 4000 capas. Pero 12 dobleces cuestan mucho trabajo y energía. Cada cementación puede tomar una jornada de trabajo y grandes cantidades de carbón de leña. Los herreros europeos hacían solamente uno o dos dobleces.

Durante toda la Edad Media y El Renacimiento el acero era producido en pequeñas cantidades por corporaciones de artesanos que guardaban en secreto el método de fabricación. El primer proceso de obtención industrial del acero fue ideado por el relojero inglés B.Huntsman en 1740; el proceso se llamó *al crisol*, porque consistía en cementar (es decir, enriquecer en contenido de carbono) el hierro con carbón vegetal y fundir sucesivamente en un crisol el producto obtenido. La fundición se conocía en Europa ya en el siglo XIV, como producto secundario de los hornos altos de producción de hierro; en un principio sólo se utilizó como sustitutivo del bronce. Antes de que pudiera emplearse en gran escala en la producción del acero, fue necesario que el inglés H. Cort inventase en 1874 un procedimiento de afinado, en el que se producía el hierro en un horno de reverbero alimentado con carbón mineral; el carbón era quemado sobre una parrilla cuya solera estaba constituida por una capa que contenía óxido de hierro.

Durante el proceso, llamado *pudelado*, la fundición era removida a mano con unas largas varillas de hierro, y luego comprimida en una prensa; el lingote resultante se laminaba al calor. Con tales procedimientos la producción de hierro fundido dejó de estar supeditada al consumo de carbón vegetal, solucionando el gravísimo problema que representaba para muchos países europeos el incremento de la tala de bosques.

El acero producido al crisol era de óptima calidad, pero el coste de producción era muy superior al fabricado por pudelado. Ambos métodos fueron abandonados al introducirse los procedimientos modernos de producción en gran escala de Bessemer y de Thomas.

3. EL USO DE LOS METALES EN EL RENACIMIENTO Y LA EDAD MODERNA⁶

Durante el Renacimiento se utilizaron con la mayor frecuencia materiales como la plata y el oro, los esmaltes y las incrustaciones de piedras preciosas. Sin embargo no es posible escapar a los cambios que van marcando el devenir del hombre en la historia. Ya en los siglos XVII y XVIII, con el desarrollo y esplendor del barroco, el cobre asume la función de soporte en las obras de carácter monumental que embellecen el interior de las grandes catedrales no fue sino hasta 1740 que el mundo occidental redescubrió el método del crisol para producir acero. Por esas fechas, un relojero y cirujano “ amateur” llamado Benjamín Huntsman tenía asombrados a sus competidores por la textura tan uniforme de sus aceros. Huntsman se cuidaba muy bien de guardar el secreto de su método, para que nadie, con excepción de él y sus ayudantes, lo conociera.

Pero uno de sus competidores, vil y astuto, se valió del chantaje al espíritu humanitario. En una noche de tormenta fingió estar atrapado por la lluvia y pidió refugio en el taller de Huntsman. La tradición de la época imponía moralmente dar el refugio solicitado, de modo que Huntsman no se pudo negar. El espía se asombró de la simplicidad del proceso. Huntsman cementaba pequeños trozos de hierro y los fundía en un crisol. A solidificar, desde luego, el acero resultaba sumamente uniforme. El espía se lamentó de no haber trabajado esta idea tan simple desde mucho antes. La idea, sin embargo, era más vieja de lo que el espía creía; el método del crisol para producir acero se practicaba en varios lugares del mundo desde tiempo inmemorial.

Lo que entorpecía el avance de la tecnología en el acero era la oscuridad en la que se encontraba. En el siglo XVIII se desconocía el motivo por el cual el

⁶ www.ikuska.com/Africa/histofram.htm (España: 2002)

hierro forjado, el acero y el arrabio eran distintos. No fue sino en 1820 cuando Kersten planteó que era el contenido de carbono la razón de sus diferencias. El primer método para determinar con precisión el contenido de carbono en el acero fue desarrollado en 1831.

En términos históricos también el aluminio es un metal relativamente nuevo que fue aislado a principios del siglo XIX . En 1782 el gran químico francés, Lavoisier, hablaba del óxido de un metal desconocido. Esta opinión fue relanzada por sir Humphrey Davy en 1808, y sir Humphrey le dio el nombre de "aluminio" que sonaba más científico que el " metal de la arcilla ". En 1809, Davy fundió hierro en contacto con alúmina en un arco voltaico para producir una aleación de hierro-aluminio; por un instante, antes de que ensamblara con el hierro, el aluminio existió en su estado metálico libre quizás por primera vez desde que el mundo fue formado.

En 1825, Oerstedt, danés, produjo una muestra minúscula del aluminio en el laboratorio por medios químicos. Veinte años más tarde el científico alemán, Frederick Wohler, produjo trozos de aluminio tan grandes como alfileres. En 1854 Sainte-Clair Deville había llevado a cabo mejoras en el método de Wohler y produjo glóbulos de aluminio del tamaño de mármoles. Napoleon III lo animó a que produjera el aluminio comercialmente y en París, en la exposición de 1855, las barras de aluminio fueron exhibidas al lado de las joyas de la corona. No fue hasta 31 años más tarde, sin embargo, que se descubrió una manera económica para la producción comercial.

El 23 de febrero de 1886, Charles Martin Pasillo, un americano de 22 años, resolvió el proceso electrolítico básico en uso hoy. Pasillo había comenzado sus experimentos mientras estudiaba en la universidad de Oberlin, Ohio. El separó el aluminio del oxígeno con el cual se encuentra combinado químicamente en naturaleza, pasando una corriente eléctrica a través de una solución de la criolita y de alúmina.

Casi simultáneamente, Paul L.T. Heroult llegó el mismo proceso en Francia. Sin embargo, al principio no reconoció su importancia y trabajó en el desarrollo de las aleaciones de aluminio. En 1888, el químico alemán, Karl José Bayer, logró una patente alemana de un proceso mejorado para hacer el óxido de aluminio de Bayer (alúmina). Así comenzó la "era del aluminio". Los procesos de Bayer y de Hall-Heroult liberaron al mundo el elemento estructural más abundante y más versátil para el uso del hombre.

Hasta finales del siglo XVIII, la mayoría de las investigaciones sobre la estructura de los metales había sido macroscópica (a simple vista) y superficial; casi no existía esta ciencia de la estructura de los metales. Había ya la situación propicia para que le dedicara suficiente atención ciertos investigadores, cuya formación era más científica que práctica. El hombre que más contribuyó en el periodo siguiente al rápido desarrollo de la Metalurgia científica fue Henry Clifton Sorby. Sorby fue un inglés aficionado a las ciencias que empezó a estudiar los meteoritos, y luego se dedicó al estudio de los metales.⁷

En septiembre de 1864 Sorby presentó a la asociación inglesa para el avance de la ciencia un memorial en que mostraba y describía fotografías microscópicas de varias clases de hierro y acero. Este documento marca el comienzo de la Metalografía, el campo del conocimiento relacionado con el uso del microscopio para estudiar la estructura de los metales. Parece que, aunque mucha gente en aquella época apreció en su justo valor los estudios de Sorby, nadie tuvo el interés suficiente para desarrollar la técnica en forma independiente, por lo cual la Metalografía siguió durmiendo durante casi veinte años más.

Hacia 1895 adquirieron mayores conocimientos sobre la estructura y las propiedades de los metales, mediante la aplicación de la difracción de los rayos X y de la mecánica ondulatoria.

⁷ Sydney H. Avner. **Introducción a la metalurgia física**. 2ª. Edición; México: Editorial McGraw-Hill, 1988) pp. 15-30

4. EDAD CONTEMPORANEA

4.1 Primera Revolución Industrial (1750 – 1850).

La Revolución francesa produjo grandes cambios económicos y sociales, que condujeron a la revolución industrial que tuvo lugar en la primera mitad del siglo XIX. El desarrollo notable de la ciencia, la electricidad, la óptica, el calor, la máquina de vapor, las comunicaciones y la química, crearon la necesidad de transformar las pequeñas máquinas que los relojeros (principalmente franceses) habían diseñado en grandes máquinas para construir motores de vapor. También se necesitó producir en mayor escala, hierro, acero, cobre y diversos metales y materiales descubiertos recientemente.

Por muchos siglos había sido conocido el acero, siendo famoso el manufacturado por chinos, árabes y españoles. Su costo era muy elevado, por lo que su producción era limitada.

En 1850 Inglaterra era el mayor productor del mundo y su producción llegaba a sólo 60,000 toneladas de acero, mientras que su producción de hierro alcanzaba la cifra de dos y medio millones de toneladas.

Antes de la revolución industrial, el acero era un material caro que se producía en escala reducida para fabricar armas, principalmente. Los componentes estructurales de máquinas, puentes y edificios eran de hierro forjado o fundiciones. Las fundiciones son aleaciones de hierro con carbono entre 2.5% y 5%. La aleación que contiene el 4.3% se conoce como "eutéctica" y es aquella donde el punto de fusión es mínimo, 1 130 °C. Esta temperatura es mucho más accesible que la del punto de fusión del hierro puro (1, 537°C). Los chinos ya en el siglo VI de nuestra era, conocían y aprovechaban la composición eutéctica para producir fundiciones en hornos de leña. Eran hornos, mayores que los europeos y

por su mayor escala podían alcanzar temperaturas superiores a los 1,150 °C. El producto de estos hornos era una aleación líquida llamada arrabio que contenía abundantes impurezas. Por su baja temperatura de fusión, el arrabio servía como punto de partida para la fabricación de hierro fundido, al cual solamente se le eliminaban las impurezas manteniendo un alto contenido de carbono.

El arrabio, ya en estado sólido, servía también para producir hierro forjado. Usualmente se introducía en lingotes a hornos de carbón de leña, dotados de sopladores de aire. El oxígeno del aire reaccionaba con el carbono y otras impurezas del arrabio formándose así escoria líquida y una esponja de hierro. El hierro esponja, casi puro, se mantenía sólido y la escoria líquida se removía a martillazos.

A principios del siglo XVIII ya había en Suecia y en Inglaterra laminadores movidos por molinos de agua. La máquina de vapor de Watt fue aplicada para este uso por primera vez en 1786.

A mediados del siglo XIX se producían por laminación rieles para ferrocarril de 40 m de largo; se usaba de manera generalizada el martillo de vapor y se fabricó el primer buque interoceánico hecho a base de hierro forjado. El buque, llamado *SS Great Britain* fue construido con doble capa de hierro y con cinco compartimentos. Su peso fue de 8 000 toneladas, cuatro de las cuales fueron de la hélice. El casco se construyó traslapando placas unidas con remaches a un poderoso marco de vigas.

La torre Eiffel, inaugurada en París en 1889, se construyó con más de 7000 toneladas de hierro forjado. Como el acero todavía era muy caro, los constructores Forges y Mendel optaron por el hierro forjado. La fabricación masiva y, por lo tanto económica del acero estaba ya retrasada en relación con su demanda. Por eso fue necesario la investigación sobre fuentes para poder fusionar el metal por lo que se descubrieron los hornos.

El primer paso para lograr la transformación masiva del arrabio en acero lo dio el inglés Henry Bessemer en 1856. La idea de Bessemer era simple: eliminar las impurezas del arrabio líquido y reducir su contenido de carbono mediante la inyección de aire en un "convertidor" de arrabio en acero. Se trata de una especie de crisol, donde se inyecta aire soplado desde la parte inferior, que a su paso a través del arrabio líquido logra la oxidación de carbono. Así, el contenido de carbono se reduce al 4 o 5% a alrededor de un 0.5 % . Además el oxígeno reacciona con las impurezas del arrabio produciendo escoria que sube y flota en la superficie del acero líquido. Como la combinación del oxígeno con el carbono del arrabio es una combustión que genera calor; Bessemer acertadamente sostenía que su proceso estaba exento de costos por energía. La idea era fantástica.

Bessemer logró convencer a los grandes señores del hierro de la época victoriana para que aplicaran industrialmente los procedimientos que él había desarrollado a escala de laboratorio. Se invirtieron enormes recursos en el proyecto, cuyo resultado fue un escandaloso fracaso. Bessemer fue obligado a reponer el dinero a los industriales y se hundió en el mayor descrédito. Pero Bessemer no se dio por vencido. Le costó mucho darse cuenta de que el arrabio que él había empleado en sus experimentos de laboratorio era distinto al que explotaban industrialmente los fundidores ingleses. Por alguna razón, Bessemer había empleado un arrabio de bajo contenido de fósforo que contrastaba con el arrabio obtenido de muchos minerales nativos de Inglaterra y Europa que eran muy ricos en este elemento.

La pared del convertidor de Bessemer estaba recubierta con ladrillos refractarios ricos en óxido de silicio: sílice. En la jerga de los refractarios a éstos se les llama "ácidos" para distinguirlos de los óxidos metálicos, que se denominan "básicos". La triste experiencia del primer intento de Bessemer sirvió para demostrar que los refractarios ácidos entorpecen la eliminación del fósforo del arrabio. Más tarde Thomas y Gilchrist, también ingleses, probaron que el

convertidor de Bessemer transformaba exitosamente el arrabio en acero si la pared del horno se recubría con refractarios "básicos", de óxido de magnesio por ejemplo. Para quitar el fósforo y la sílice del arrabio, añadieron trozos de piedra caliza que reacciona con ambos para producir compuestos que flotan en la escoria. Esto no se podía hacer en el convertidor "ácido" de Bessemer porque la piedra caliza podría reaccionar con los ladrillos de sílica de sus paredes.

Bessemer instaló su propia acería en Sheffield, pagó sus deudas, pronto logró una producción de un millón de toneladas por año y amasó una gran fortuna. Lo que nunca pudo recuperar fue la confianza de los industriales ingleses. De muy mala manera fue rechazado su proyecto para sustituir los rieles de ferrocarril de "hierro" forjado de esa época por los de acero que ahora todo el mundo utiliza.

La tecnología para producir, arrabio siempre estuvo inmersa en un proceso evolutivo. Un paso de una gran trascendencia se dio en el siglo XVIII, cuando el carbón mineral sustituyó al carbón de leña en los hornos. El uso del carbón de leña en las acerías dejó secuelas dramáticas en muchos países. En Inglaterra la devastación fue tan brutal que para mediados del siglo XVIII los bosques ya se habían agotado. Por más de un siglo Inglaterra tuvo que importar hierro o arrabio de Suecia, Rusia y de sus colonias americanas, debido a su insuficiencia de carbón de leña. Para bien de los bosques, en el siglo XVIII se inició el uso del carbón mineral para producir arrabio. El carbón mineral usualmente contiene sustancias volátiles indeseables para la fabricación del arrabio. Se desarrolló entonces un método que consiste en triturar y calentar el carbón mineral en hornos para que las sustancias volátiles sean expelidas, dando lugar a un carbón más refinado llamado coque.

Cuando los convertidores "básicos" de arrabio en acero entraron en operación, ya se producía carbón mineral coquizado en plantas avanzada donde además de purificar al carbón se aprovechaban los gases expelidos. Se obtenían como subproductos amoniaco, benceno, tolueno, nafta aromática y brea de alquitrán.

Una vez desatada la producción masiva de acero durante la revolución industrial, la producción, mundial creció vertiginosamente, impulsada por una fiebre tecnológica sin precedentes y por una demanda industrial insatisfecha. El fenómeno nunca estuvo limitado al ámbito inglés. Diez años antes de registrarse la patente de Bessemer, William Kelly había desarrollado la misma idea en Estados Unidos. Asimismo los hermanos Siemens, alemanes, y posteriormente los hermanos Martín, franceses, dieron grandes pasos en el desarrollo de convertidores de arrabio en acero que antes de terminar el siglo XIX ya habían superado la producción a los de Bessemer.

La geografía de la producción de acero también evolucionó. A principios del siglo XVIII Suecia era el primer productor mundial de arrabio.

Posteriormente Inglaterra tomó su lugar, manteniendo su hegemonía hasta finales del siglo XIX. En 1890 Estados Unidos rebasó a Gran Bretaña y se mantuvo como líder hasta 1971, cuando fue superado por la Unión Soviética. La situación reciente dista de ser estable. De 1976 a 1983 China pasó del octavo al cuarto lugar, Japón desplazó a Estados Unidos del segundo lugar, la Gran Bretaña pasó del séptimo al décimo y Corea del Sur se movió del lugar 25 y se puso en el 15.

Grandes producciones de acero se trabajan actualmente con hornos tipo eléctrico los cuales lo producen a mas bajo costo y en menor tiempo. Todas las industrias deben examinarse a sí mismas con frecuencia. El escenario que compone el estado de la tecnología, las materias primas y la fuerza de trabajo evoluciona muy rápidamente. Suele ocurrir que las premisas que motivaron el establecimiento de industrias multimillonarias pierdan vigencia a la vuelta de cinco o diez años. Y aunque esas industrias se resistan a aceptar su obsolescencia y sigan adelante, tarde o temprano sucumbirán ante las empresas más avanzadas.

La competencia ha forzado a las plantas acereras integradas a crecer, a buscar la producción en gran escala. Su tamaño, ahora con capacidad de producir de 5000 a 10 000 toneladas, de arrabio por día, las ha hecho muy vulnerables.

Estas plantas no pueden detener su operación so pena de sufrir enormes pérdidas económicas o daños irreversibles. En forma sumamente onerosa han tenido que enfrentar problemas de liquidez financiera, de abastecimiento confiable, de materias primas y de continuidad en la relación laboral.

El suministro de coque es un problema mayor. Durante más de 250 años la industria siderúrgica ha consumido cantidades colosales de carbón mineral. Naturalmente, los mejores yacimientos de carbón se han agotado. El coque es ahora escaso, caro y de baja calidad.

Durante muchos años los metalurgistas han cuestionado la forma indirecta de obtener el acero produciendo primero el arrabio en los altos hornos. ¿Por qué no sacar directamente el oxígeno del mineral de hierro y obtener el hierro esponja como en la antigüedad?

En el siglo pasado se propusieron y patentaron muchos métodos para reducir (desoxidar) a los minerales de hierro directamente en el estado sólido. Se sugería el uso de mezclas de gases de hidrógeno, monóxido de carbono o hidrocarburos, por su alto poder desoxidante. Varios de esos métodos eran técnicamente muy razonables pero ninguno de ellos fue capaz de competir económicamente con los hornos ya existentes. En los años cincuenta de este siglo resurgió el interés en muchos países por el desarrollo de tecnologías para producir hierro esponja. Un gran impulso salió de México, donde la compañía HYLSA fue pionera de un proceso de reducción directa muy revolucionaria. En 1957 HYLSA abrió su primera planta en Monterrey. Veinte años después el proceso HYL se había extendido por todo el mundo y se habían construido plantas en Venezuela, Brasil, Zambia, Irak, Irán e Indonesia, aparte de las seis plantas en México, con capacidad superior a diez millones de toneladas anuales.

El proceso HYL utiliza una mezcla de gases rica en hidrógeno y monóxido de carbono para extraer el oxígeno del mineral de hierro. La mezcla de gases se produce a partir de gas natural y vapor de agua en un dispositivo llamado

reformador. El gas natural y el vapor se inyectan a una tubería de acero inoxidable que se calienta con unos quemadores.

El hidrógeno y el monóxido de carbono, agentes reductores (desoxidantes) sumamente efectivos, salen del reformador acompañados de pequeñas cantidades de gas natural y bióxido de carbono. La tubería se conecta con los reactores reductores, que no son otra cosa que enormes vasijas metálicas donde se carga el mineral de hierro en forma de pequeñas esferas del tamaño de una canica (a 2 cm, de diámetro).

Alrededor del 30% del mineral es oxígeno asociado con el hierro que debe removerse al reaccionar con el hidrógeno o con el monóxido de carbono. Este objetivo se logra en un 85 o un 90% además de añadir al producto hierro esponja, un 2% de carbono.

La economía de los recursos energéticos consumidos y generados en el proceso es muy importante para obtener precios competitivos. Por esta razón, las plantas HYL se componen de cuatro unidades reductoras para aprovechar al máximo la energía y el potencial de reducción de los gases.

De hecho las plantas, en realidad, son una maraña de tubos y válvulas que llevan muchas horas de ingeniería, y cuyo único objetivo es exprimir al máximo los recursos de las materias primas y de los combustibles.

4.2 Segunda Revolución Industrial (1880-1945)

La segunda Revolución científico técnica se inicia a fines del siglo XIX (1880) y es la continuación del avance tecnológico, iniciado con la revolución industrial. También, es la expresión del desarrollo del capitalismo, con sus períodos de auge y crisis, en todo el mundo.

Las principales innovaciones tecnológicas de la segunda revolución industrial fueron: La producción de acero a bajo costo, la incorporación de la electricidad y el petróleo para permitir la utilización del motor eléctrico y de

combustión interna en el sistema económico. La medicina consiguió conocer las causas de las enfermedades infecciosas y, de esta manera, se puso de manifiesto el modo de combatirlas y más aún de prevenirlas. Finalmente, el desarrollo de la química permitió conocer la función del suelo en la nutrición de la planta y sentó las bases para el desarrollo de los abonos artificiales.

El motor de combustión interna hizo posible las plantas de luz, el aeroplano y en combinación con el motor eléctrico permitió el desarrollo del automóvil y de la industria automotriz. El motor eléctrico resultó ser un medio más flexible para satisfacer la necesidad de disponer de unidades más pequeñas para las industrias menores. Pero la posibilidad de utilizar estas unidades dependía, a su vez, de que se contara con una amplia red de abastecimiento de energía eléctrica. Esto fue posible una vez que comienzan a demandarse servicios domésticos. Primero se desarrollaron las redes de agua y gas, después se construyeron las redes telegráficas y telefónicas y finalmente Thomas A. Edison desarrolló un procedimiento que permitió producir y distribuir la electricidad para generar luz y sentó las bases para el desarrollo de la industria eléctrica pesada, con un carácter monopolista y científico.

El desarrollo de la congelación y de la técnica de las conservas permitió la transportación de productos agrícolas a grandes distancias.

Por último, el acero y los motores eléctricos y de combustión interna comenzaron a utilizarse para el desarrollo de maquinaria agrícola, la cual junto con los abonos artificiales y la selección de semillas y animales sentaron las bases para el surgimiento de la agricultura científica, iniciándose la industrialización del sector agrícola.

Por su parte Henry Ford introdujo en su propia empresa (Ford Motor Company), en 1914 la racionalización del trabajo a través de la producción en masa, el principio de la participación de todo el personal en los beneficios de la empresa, y el principio de los altos salarios a fin de crear capacidad de compra.

Después de la crisis económica de 1929-1933, una crisis de sobreproducción, Ford recorre norteamérica y convence a los empresarios de que apliquen los principios implantados con anterioridad en su empresa, asimismo, institucionaliza la lucha económica de clases en la negociación colectiva. De esta manera la producción en masa se articula con el mercado de masas.

Empero, a fines de la década de los sesenta y principios de los setenta la "Edad de Oro" del capitalismo comienza a tambalearse, pero esta vez, no se trata de una crisis de sobreproducción, como anteriormente había ocurrido; ahora lo que existe es una "crisis de rentabilidad originada por un descenso del ritmo histórico del aumento de la productividad.

El aspecto más relevante de nuestro interés en la II Revolución industrial es que el acero reemplazo al hierro y esto produjo avances significativos y con ello otras aplicaciones industriales en las cuales el hierro producía muchas deficiencias.

4.3 Tercera Revolución Industrial

Si escribiéramos una pequeña lista con los principales hitos minero-metalúrgicos (y tecnológicos asociados) de la humanidad ésta incluiría:

- Era de Piedra (Paleolítico)⁸
- Neolítico
- Edad de los metales

Era del Cobre: 3000 a. C. (comienzo).

Era del Bronce: 1700 a 800 a. C .

Era del Hierro: 1000 a. C. (comienzo).

- Era del Carbón: 1600 a. C. (comienzo).

⁸ www.utopiaverde.Org/historia/prehistori/edad-piedra (España: 1998)

- Revolución Industrial: 1750-1850 d.C.
- Era del Petróleo: 1850 d. C. (comienzo).
- Era Eléctrica: 1875 d. C. (comienzo).
- Era Atómica: 1945 d. C. (comienzo).

La humanidad progresó vertiginosamente durante el siglo XX, generando falsas ilusiones sobre lo que parecía un futuro muy alejado de sus balbuceantes comienzos industriales hacia fines del siglo XVIII, comienzos del XIX. ¿Pero cual es la realidad presente? La sociedad sigue siendo absolutamente dependiente de los recursos minerales, con ejemplos tan clásicos como el hierro, cobre, zinc, y así un largo etc. El advenimiento de las nuevas tecnologías es complementario, y no alternativo en la mayoría de los casos. Baste con poner de ejemplo los materiales requeridos para la construcción de un edificio o una carretera (arena, grava, cemento, acero, zinc, cobre, etc), aviones o coches (una larga lista de metales comunes o especializados, materiales cerámicos y polímeros), el tendido eléctrico (acero para las torres, cobre en el cableado). Analice por un momento el ordenador que tiene al frente: componentes de cobre, piezas de aluminio, un cable de cobre para enchufarlo al tendido eléctrico, una pantalla de cristal (sílice), un armazón de acero (la torre), o el mismo chip procesador (*silicon chips !!!*). Si lo ha pensado por un momento llegará a la conclusión que detrás de casi cada aspecto de la vida moderna está esa actividad oculta, a veces no bien entendida, que es la minería. Hay una frase muy ilustrativa que aparece en una pegatina de la *Nevada Mining Association*: ***If it isn't grown it has to be mined*** (si no se cultiva, entonces hay que extraerlo de una mina).

Por otra parte, la minería ha sido y será una actividad curiosa. A diferencia de otras aventuras del hombre, presenta riesgos económicos y humanos muy superiores a los de cualquiera otra actividad. La relación éxito/fracaso en una campaña de exploración minera suele ser muy baja, lo que requiere una combinación de una gran percepción geológica, intuición, y sobre todo, persistencia y dinero. Sin contar los gastos de exploración (que pueden sumar

algunos millones de Euros), la puesta en marcha de una mina y su planta de tratamiento (asumiendo que la exploración haya sido exitosa y el clima económico y político sea adecuado), puede ascender a más de mil millones de Euros.

¿Qué hace entonces que las compañías mineras y sus profesionales asuman tales riesgos?: la imperiosa necesidad de abastecimiento de recursos minerales. Hasta ahí la respuesta parece satisfactoria, pero, ¿porqué entonces buscar oro (uno de los "clásicos" de la exploración de metales)? El oro es una de las grandes "locuras" de la humanidad, con un valor que ha venido dado tradicionalmente por su escasez y poco más. Sin entrar en una reseña histórica completa, analicemos brevemente algunos hitos en "historia" del oro:

- Hacia finales del siglo XIX Gran Bretaña adopta el patrón oro para sustentar su moneda.
- Durante la primera guerra mundial (1914-1918) los países europeos gastan durante el conflicto el equivalente a unos 220.000 millones de Euros, mucho más dinero de lo que tenían en sus respectivos bancos centrales. Las economías europeas quedan arruinadas, especialmente la alemana.
- De este conflicto sale particularmente victoriosa la economía norteamericana. Los bancos europeos pasan a tener unas reservas mixtas de oro más dólares americanos.
- En 1929 toma lugar el denominado "*crash*" de la bolsa de Nueva York, caos en la economía mundial.
- En 1933 el presidente norteamericano Franklin D. Roosevelt (partido Demócrata) inicia la recuperación de la economía doméstica (lo cual tendrá repercusiones favorables en el exterior), iniciando el programa *New Deal*. Además Roosevelt fija una convertibilidad directa entre el dólar americano y el oro: 1 onza de oro = US\$ 35. Se crea el mayor depósito de oro en lingotes del mundo: Fort Knox. Pero este metal no se puede comercializar directamente en el mercado Norteamericano.

- Década de los años 60, los países europeos, ya están recuperados (o en franca recuperación) de los estragos de la segunda guerra mundial (1939-1945). Algunos países empiezan a exigir una convertibilidad directa entre sus reservas en dólares y el oro.
- Estados Unidos carece del suficiente respaldo en oro como para asegurar dicha convertibilidad.
- En 1971 el presidente norteamericano Richard M. Nixon (partido Republicano) decide liberalizar el sistema.
- Hacia 1975 1 onza de oro se cotiza a US\$ 200 en el mercado internacional.
- Fines de la década de los años 70 es un momento plagado de incertidumbres. Estalla el conflicto de Camboya, en Irán triunfa la revolución islámica. El oro se dispara a 1 onza = US\$ 800 en 1980.
- Esto tiene como resultado una nueva "fiebre del oro" (más importante en términos económicos que la de 1849 en California). Cambio de política en las compañías mineras, ahora hay que buscar oro !!! yacimientos antes considerados subeconómicos ahora son rentables si el tonelaje es el adecuado, se pueden explotar leyes tan bajas de oro como de 1 g/t. Esto tiene además implicaciones geológicas, ya que un tipo de yacimiento mineral, prácticamente un desconocido hasta la década de los años 70, se transforma en "la joya de la corona de la exploración", nos referimos a los epitermales de metales preciosos.
- Hoy en día la situación ha cambiado. Las estrategias económicas no son las de antes, ya no se asegura la convertibilidad de una moneda en términos de las reservas en oro; es más, los bancos centrales empiezan a vender sus reservas de oro.

Como podemos observar los precios del oro han sufrido fuertes vaivenes a lo largo del siglo XX, en gran medida relacionados con crisis políticas y económicas internacionales.

Las delegaciones de los gobiernos de 18 países que producen el 75 por ciento del acero mundial se reunieron en Ginebra con representantes de los sindicatos y organizaciones empresariales para analizar las transformaciones recientes y previstas en la industria y sus efectos sobre los siete millones de trabajadores actualmente empleados en la misma. Al final de la reunión, los delegados lanzaron un mensaje matizado: aunque el acero sigue siendo el motor del crecimiento, se prevé que los trabajadores paguen un precio por la mundialización y las nuevas tecnologías. El incremento de la competencia plantea a los gobiernos y organizaciones sindicales y empresariales la necesidad de apoyar los esfuerzos para garantizar el crecimiento sostenido del sector e impulsar la expansión de un empleo estable, productivo y cualificado.

El consumo per cápita de acero, principalmente, en forma de materiales de construcción y bienes de consumo duraderos, se asocia íntimamente al nivel de desarrollo y a la tasa de crecimiento económico de un país. La cifra oscila entre 17 kilos por persona en África y 625 en Japón. Según el informe de la OIT, se prevé que el consumo de los países industrializados permanezca estable o disminuya ligeramente en los próximos diez años. "No obstante, se espera un crecimiento acentuado en Asia (40% en el período citado), especialmente en China (150%) y, en menor medida, en América Latina (18%)".

En el informe se indica que actualmente se produce acero en unos 100 países y que "en los 15 años transcurridos entre 1981 y 1996, la cuota de los países industrializados de economía de mercado en la producción mundial se ha reducido ligeramente, pasando del 54,5 por ciento al 51,2 por ciento. En cambio, en la CEI y la Europa Oriental, la producción se ha reducido a la mitad y ha pasado del 29 por ciento al 14,3 por ciento, al tiempo que en China y otros países asiáticos (excluido Japón), la producción se ha triplicado prácticamente, pasando del 9,6 por ciento al 25,5 por ciento.

Los casi 3,2 millones de trabajadores siderúrgicos chinos constituyen, con mucho, la mayor fuerza de trabajo del sector. "En conjunto, China, la CEI e India representan alrededor del 70 por ciento de la fuerza de trabajo total del sector, aunque sólo el 30 por ciento de la producción siderúrgica". El acero también emplea una considerable fuerza de trabajo en países como Estados Unidos, Rumania, Brasil, Polonia y Alemania.

La mayor pérdida de puestos de trabajo se ha registrado en Europa. En la Unión Europea, el número total de puestos de trabajo en el sector siderúrgico se redujo en más del 65% entre 1975 y 1995, pasando de 991.000 a 326.000. En Francia y el Reino Unido, el empleo en el sector del acero se redujo en el 75 por ciento y el 80 por ciento, al tiempo que la producción disminuía en un 14 por ciento y un 16 por ciento, respectivamente. En Estados Unidos y Japón, se perdieron el 51 por ciento y el 48 por ciento de los puestos de trabajo en la siderurgia, en contraste con una reducción de la producción del 10 por ciento y el 1 por ciento, respectivamente".

La fuerza de trabajo también se redujo, aunque de forma menos severa, en los países de la antigua URSS. En la Federación Rusa se han eliminado aproximadamente el 10 por ciento de los puestos de trabajo del sector en estos últimos cinco años. Sin embargo, en el informe de la OIT se advierte que "esto puede ser sólo el principio". Según el Ministro de Industria de la Federación, será preciso amortizar unos 310.000 puestos de trabajo en los próximos cinco años para que el acero ruso siga siendo competitivo. Esta cifra supone más del 40 por ciento de los 705.000 trabajadores empleados en la siderurgia en 1996.

En el informe se observa que "los enormes costes sociales que el incremento de la competitividad ha producido en la Europa Occidental todavía no se han cuantificado ni pagado" en buena parte de la Europa Oriental ni en la antigua URSS.

Cuando hablamos de tecnología, privatización y cambio dos grandes factores subyacen en esta tendencia. El primero es la transformación radical del sector como resultado de la innovación tecnológica. En la actualidad, la siderurgia es una industria de alta tecnología, situada "en primera línea de la producción asistida por ordenador". Las grandes acerías tradicionales, intensivas en la utilización de mano de obra, están siendo reemplazadas por fábricas que funcionan con hornos de arco eléctrico y hornos básicos de soplado de oxígeno, más eficientes e inocuas desde la perspectiva del medio ambiente." La implantación de métodos más eficientes de producción de nuevos y más ligeros tipos de acero implica un menor consumo de acero bruto en cada producto acabado y, por lo tanto, la intervención de un menor número de trabajadores en su producción".

Los nuevos procesos de producción "están atrayendo nuevos capitales hacia las acerías altamente eficientes y estratégicamente situadas", que suelen ser mucho más pequeñas que las tradicionales acerías integrales. Estas "miniacerías", como se las conoce, resultan sumamente competitivas al estar más próximas a los mercados y emplear menos trabajadores. Por ejemplo, en Estados Unidos, la miniacería TRICO, sociedad conjunta de varias compañías siderúrgicas norteamericanas, japonesas y británicas, produce 2 millones de toneladas de acero al año con una plantilla de menos de 600 trabajadores, al tiempo que en el Reino Unido se precisan 4.000 trabajadores dedicados directamente a la producción de acero para obtener entre 3 y 4 millones de toneladas durante el mismo período.

El segundo factor determinante ha sido la privatización del sector del hierro y el acero, que durante mucho tiempo ha estado sujeto a la propiedad y el control directo del Estado. En los países occidentales, este proceso ha concluido prácticamente, al tiempo que prosigue a un ritmo acelerado en otros lugares: "Menos del 20 por ciento de la producción de acero continúa en manos del Estado; en 1994, solamente en Europa era del 40 por ciento." El exceso de personal típico de las acerías de propiedad del Estado ha sido reemplazado por una

racionalización que ha dado lugar a una importante destrucción de empleo en el proceso de privatización del sector.

Otra consecuencia de la privatización ha sido la internacionalización del sector y el proceso de fusiones y absorciones a que ha dado lugar. "Las empresas siderúrgicas japonesas iniciaron el proceso internacional de absorción de acerías con la adquisición del 50 por ciento de las acciones de National Steel, por entonces la quinta empresa siderúrgica de Estados Unidos. En 1990, NKK había incrementado su participación al 70 por ciento, y las otras grandes acerías japonesas han constituido sociedades conjuntas con las empresas siderúrgicas estadounidenses."

Las cuantiosas inversiones realizadas por las empresas siderúrgicas en los países industrializados se han centrado principalmente en los procesos de modernización, mientras que en los países en desarrollo, particularmente de Asia y Latinoamérica, las inversiones se han dirigido a incrementar la capacidad productiva cerca de los mercados en rápida expansión.

Por lo que respecta a los métodos de trabajo, estas transformaciones han producido una especie de revolución cultural. Las rígidas estructuras de trabajo prevalentes en el pasado ceden el paso a una mayor flexibilidad funcional; la informatización ha supuesto la obsolescencia de algunas cualificaciones; la promoción basada en la antigüedad ha sido reemplazada por unas estructuras laborales fundadas únicamente en la competencia y, como se indica igualmente en el informe, "debido a la rápida transformación tecnológica, la experiencia ha dejado de ser el principal criterio aplicable en la selección de los supervisores en los centros de trabajo; con frecuencia, la formación, la cualificación y la versatilidad tienen un peso mayor".

En el informe de la OIT se asegura que "el factor humano es la clave del futuro. Los adelantos técnicos son efímeros y surgen nuevos procedimientos a un ritmo creciente. El éxito de la producción de acero en el siglo XXI va a depender más que nunca de una colaboración estrecha, aunque flexible y dinámica, entre la empresa y sus trabajadores".

Otra cuestión de vital importancia es la gestión del medio ambiente. La industria siderúrgica es la segunda, después de la producción de cemento, en cuanto al peso y volumen de los materiales transformados. Los 750 millones de toneladas de acero anuales que actualmente se producen en el mundo generan unos 30 millones de toneladas de residuos sólidos. Sin embargo, según el informe, "los efectos de la producción de hierro y acero sobre el medio ambiente se han reducido drásticamente en los últimos veinte años. La generación de residuos sólidos por tonelada de acero producida es actualmente la mitad que en el decenio de 1970, por efecto de las nuevas tecnologías y de la promulgación de una legislación medioambiental más estricta. El propio acero se recicla normalmente. En la actualidad, "más de 300 millones de chatarra de acero usado (40 por ciento de la producción) se utiliza en la fabricación de nuevos productos siderúrgicos".

Según el informe, en el futuro "es probable que los mayores efectos potenciales de la ordenación del medio ambiente sobre los productores de acero provengan de respuestas al efecto invernadero. Los futuros acuerdos internacionales para reducir las emisiones de gases con efecto de invernadero repercutirán inevitablemente en los procesos productivos".

El informe de la OIT concluye señalando que "los ganadores del próximo milenio serán los productores de acero que se preocupen de la calidad del producto, del medio ambiente, de cumplir con los clientes y de formar y motivar a su fuerza de trabajo para que comprenda que la calidad del producto y la responsabilidad por el medio ambiente son el medio para lograr seguridad en el empleo y el avance de las empresas volcadas en el futuro"

5. HISTORIA DE LOS METALES EN GUATEMALA

5.1 Época precolombina⁹

La historia de la minería en Guatemala, se remonta a la época precolombina. Los indígenas hacían uso de los minerales como medio de trueque y como objetos de ornamentación, se sabe con certeza que los mayas utilizaron el jade, oro y plata en la joyería.

Entre el 600 y 1200/1300 d. C, se usó principalmente cobre para fabricar objetos fundidos a la cera perdida y objetos martillados en frío por medio del recocido. Estos artefactos se fabricaron para expresar las concepciones sobre lo sagrado de quienes los elaboraban y para reforzar el estatus de la elite; no son artefactos utilitarios. Su sonido fue la propiedad del metal que intrigó más a los artesanos. Elaboraron campanas de variadas formas, tamaños, y tonos. También fabricaron algunas herramientas. Después de 1200 d. C. se trabajó el metal en caliente, condición esencial para que no se quiebren los objetos de bronce estannífero al martillarlos. Fundieron campanas de mayor tamaño y de diseños más complejos, hachas duras y delgadas y pinzas.

El Norte de Guatemala es una región donde se localizan depósitos abundantes de metales nativos (cobre, oro) y de minerales de plata, de cobre (óxido y sulfuro de cobre) y mineral de hierro y arsénico o arsenopirita. La metalurgia del Norte de Guatemala usó el bronce estannífero y el bronce arsenical. Hacia el 1200 – 1300 d. C. los metalúrgicos se interesaron por el color del metal. Usaron varias aleaciones de cobre (cobre-estaño, cobre-arsénico-estaño, cobre-plata) para fabricar campanas, pinzas y otros objetos rituales y

⁹ Minería: **Historia de la Minería en Guatemala**; Ministerio de Energía y Minas pp. 119-121

suntuarios. En muchos casos el elemento con que se hizo la aleación plata, estaño, arsénico, se encuentra en proporciones suficientes para transformar el color del artefacto. También usaron bronces arsenicales o estanníferos para fabricar herramientas pesadas.

El uso de las aleaciones binarias de cobre (cobre, cobre-plata y cobre-estaño) fue introducida al Norte de Guatemala hacia el 1200 d. C. o un poco antes. Estas aleaciones fueron luego elaboradas en la zona usando recursos locales.

Al final de la civilización maya, la metalurgia del oro aparece cuando empiezan a establecerse las relaciones comerciales entre las culturas andinas y las civilizaciones mexicanas, por mediación de los pueblos de América Central.

El hierro que los aztecas, mayas, e incas utilizaban para sus cuchillos, se obtenía de meteoritos que caían del cielo, de ahí que le asignaran un valor superior al oro.

5.2 Época Colonial¹⁰

El oro y minerales preciosos en general, motivaron a los conquistadores españoles a someter a los pueblos de América. Se sabe que se explotaron sobre el área centroamericana durante el siglo XVI, aproximadamente quince minas de oro y trece de plata, pero se desconoce la ubicación exacta de las mismas. El mismo Don Pedro de Alvarado, conquistador de Guatemala, fue dueño de la mina conocida como "EL MOLINO". Durante esta época el oro era exportado de contrabando, puesto que proporcionaba mayores ganancias a los dueños al hacerlo de esa manera. No se conoce de la producción exacta, ya que muchos centros de producción minera precolombina fueron intencionalmente ocultos.

Debido a los costos y el esfuerzo, se prefería la búsqueda de oro en los ríos, aprovechando la sobre-explotación del trabajo indígena. Fueron famosos los lavaderos de oro sobre el río Las Vacas, así como los ubicados en el área donde se une éste con el río Los Plátanos.

¹⁰ Ibid., pp. 125-128

Los Reyes Españoles emitieron una serie de Leyes para regir la actividad minera en el Nuevo Continente:

El 3 de Diciembre de 1,501 fueron expedidas las REALES CEDULAS, para regir los asuntos mineros en América. Estas Reales Cédulas permitían descubrir y explotar minas siempre y cuando se pagara el quinto, el décimo o el vigésimo del valor de los minerales extraídos.

Otro sistema de legislar las minas que se utilizó, fue por medio de *capitulaciones*, que no eran mas que un contrato por tiempo definido. Ejemplo de esto fue el contrato que se le otorgo a Diego de Nicuesa en 1,508 por un periodo de 10 años.

Las Reales Cédulas y las Capitulaciones, solo eran otorgadas a la Nobleza, y fue hasta 1,573 que se dejo libre el aprovechamiento de las minas, siempre y cuando pagaran a la Corona, el quinto de lo que extrajeran.

En 1,618 se recopilaron todas las normas o leyes sobre la explotación de minas. Esta recopilación forma parte de la Ley conocida como *leyes de indias*.

La minería en época colonial fue muy pequeña, se tiene conocimiento que existió en los siguientes lugares:

- En un área que se denominaba de LAS MINAS, la cual se encontraba ubicada a 12 kilómetros de Huehuetenango y a 8 kilómetros del Municipio de Chiantla. La mina fue descubierta por Pedro de Almengor, de origen español, y se cree que fue de aquí de donde se obtuvo toda la plata para hacer la imagen que se venera en la iglesia Católica de Chiantla. Este sitio se conoce actualmente como Minas de Almengor I y II.
- Otras minas que se tiene conocimiento que se trabajaron en época antigua (año 1,600), se encuentran a 12 kilómetros al oeste de las minas anteriormente mencionadas y se conocieron con el nombre de Minas Las Animas y Torlón, las cuales tienen actualmente los nombres de la

Esperanza y la otra que continúa trabajando en la actualidad y conserva el nombre de Torlón.

- Otra mina famosa fue la que se conoció con el nombre de *El Sastre*, que se cree fue trabajada en época colonial y que de aquí se obtuvo gran cantidad de oro, ya que contaba con galerías bastante grandes. Esta mina se encuentra ubicada a pocos kilómetros de la ciudad capital.
- Existen leyendas sobre la existencia de otras minas que se trabajaron en la antigüedad, como la mina de oro en Antigua Guatemala, la mina de mercurio en Zunil, la mina de plata de Barreneche y la mina de oro de Baca en Palencia.

La minería en esta época puede considerarse que se llevó a cabo en pequeña escala. Sin embargo, las leyendas han exagerado muchas veces la magnitud de las explotaciones. Muchas de estas minas fueron abandonadas al agotarse o por no tenerse el capital necesario para invertirlo en la compra de equipo apropiado para la explotación y/o transformación. Muchas de estas minas fueron abandonadas al agotarse o por no tenerse el capital necesario para invertirlo en la compra de equipo apropiado para la explotación o transformación.

5.3 Época Independiente¹¹

Los conflictos posteriores a la independencia desmotivaron la inversión en la rama minera, que de por sí ya había descendido a causa del clima de incertidumbre y las dificultades que provocaron en la región los movimientos independentistas.

La actividad minera a principios de siglo, puede conocerse, en parte, por lo manifestado por el Secretario de fomento el 11 de abril de 1,917: La importancia que va alcanzando la minería en Guatemala, compruébalo el éxito obtenido por las compañías explotadoras GUATEMARMOL MINING AND DEVELOPMENT CO., THE ROSARIO CO. y otras que ya obtienen buenos rendimientos.

¹¹ Ibid., pp. 138-140

La industria minera en 1,920 tuvo cierto grado de descenso, lo que puede apreciarse en la memoria de labores de la Secretaría de Fomento del 28 de mayo de 1,921, donde se indica, entre otras cosas, lo siguiente:

"Se deja entrever cierta disminución en la actividad minera contrastando con el éxito alcanzado en 1,917. Se indica que la industria minera, aún incipiente, no ha tenido más desarrollo apreciable sino la explotación que en pequeña escala llevan a cabo varias compañías y particulares. En Jalapa, la compañía de los Ferrocarriles Internacionales, explota las minas de ferrocromo de cuyo metal explotó la cantidad de 390 toneladas. En Chiquimula, se han paralizado los trabajos de la mina de zinc en Alotepeque y únicamente se ha trabajado la mina de San Vicente que es de zinc, plomo, hierro y plata, y un producto de 10 toneladas de metales. Los placeres de Las Quebradas en Izabal, han trabajado en muy pequeña escala, pues solamente se lavaron 4,668 yardas cúbicas con un rendimiento de 926 onzas Troy de oro. En Huehuetenango, fueron explotadas también en pequeña escala, varias minas de plomo".

5.4 Época Actual¹²

Desde 1,922 a la fecha, la minería nacional se ha desarrollado con altibajos dependiendo, para el caso de los minerales metálicos principalmente, de los precios de los metales en el mercado internacional.

Un problema que afectó seriamente la inversión en el sector minero fue la inestabilidad política y la falta de seguridad para las empresas extranjeras que se mostraban interesadas en la explotación de minas en Guatemala, sin embargo, a partir de la firma de la paz, después de una lucha que llevó cerca de 36 años, entre el gobierno y la guerrilla guatemalteca, las cosas han cambiado drásticamente.

¹² Ibid., pp 145-146

El potencial económico y minero de Guatemala ha sido abierto nuevamente bajo mejores perspectivas, luego de que por años las hostilidades hicieron problemático el desarrollo en el interior. De acuerdo a las nuevas políticas del gobierno a través de la Dirección General de Minería, del Ministerio de Energía y Minas, las inversiones en este sector económico del país han cobrado gran importancia, lo que se demuestra con el creciente número de solicitudes de derechos mineros de exploración y explotación, los cuales en su mayoría corresponden a inversiones de compañías extranjeras unidas a los capitales nacionales.

5.5 Datos Geológicos de las regiones occidental, norte, oriental, zona litoral del pacífico.

En Guatemala se definen cuatro regiones donde ocurren los principales depósitos minerales: La Región Occidental, la Región Norte, la Región Oriental, y la zona litoral del pacífico¹³ en donde yacen grandes volúmenes de arenas titaníferas y magnetita.

Región Occidental

Destacan en importancia los depósitos de plomo y cinc (Pb-Zn) con asociaciones de plata y cobre (Ag y Cu) que yacen en los distritos mineros de Chiantla-San Sebastián y San Miguel Acatán, en el departamento de Huehuetenango. La empresa Kesle & Ascarrunz-K (1982), distinguieron en ambos distritos pirita, esfalerita, galena, calcopirita, pirargirita y cuarzo (usualmente jasperoidal), como los minerales hipogénicos más frecuentes. Anglesita, cerusita, sonit- calamina, óxidos de hierro y minerales secundarios de cobre, son el producto de la alta oxidación de los cuerpos minerales. El orden paragenético aparente en la mayoría de las minas y prospectos es pirita-esfalerita-galena. Se observa además un mayor contenido de cobre en la parte noroeste de los Altos Cuchumatanes, mientras que el contenido de plata (Ag), aumenta en la parte sudeste.

¹³ Minería: **Guía del Inversionista Minero**; Ministerio de Energía y Minas. Guatemala: 1995 pp. 25-26

La mineralización se presenta generalmente en forma de cuerpos irregulares de reemplazamiento emplazados a lo largo de planos estratigráficos y zonas de falla en rocas carbonatadas del Pérmico y del Cretácico.

No menos importantes son los depósitos de antimonio-tungsteno que yacen en San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango. La mineralización ocurre en forma de lentes de reemplazamiento en horizontes de calizas altamente silicificadas del Paleozoico. Estibina y scheelita son los minerales primarios, en la parte oeste de la zona mineralizada galena y esfalerita ocurren con scheelita. Cerca de la superficie la estibnita es oxidada a cervantita, estibiconita, kermesita, algo de limonita está presente en la superficie particularmente abundante cerca de los minerales de tungsteno. Actualmente es una de las minas que se explota, obteniéndose un concentrado mineral con 60% de Antimonio con un grado de hasta 8% de Tungsteno.

Otro distrito minero importante es el de Canibal, al oeste de Cuilco, Huehuetenango, en donde aflora un dique de ilmenita (mineral de titanio) se encuentra al sur y paralelamente a la zona de la falla Cuilco-Chixoy-Polochic y se prolonga a territorio mexicano.

Región Norte

En ésta región la mineralización la constituyen una serie de yacimientos de Plomo, zinc, plata, níquel, cobalto y cobre ubicados en cuatro principales distritos mineros.

Los depósitos de Plomo, zinc y plata se localizan principalmente en el distrito minero de Cobán, en la región de las Verapaces, pudiendo diferenciarse dos áreas principales. Una en la parte norte de la falla Cuilco-Chixoy-Polochic en donde yacen cuerpos irregulares de reemplazamiento emplazados en calizas y dolomitas. Destaca en importancia el depósito de la mina Caquiepec al sureste de Cobán, Alta Verapaz. La mineralización presenta contenidos promedio de 12% de Plomo, 30% de Zinc y 10 onzas por tonelada de plata. De aquí se han producido

concentrados de plomo con 36-62% de Plomo y 15 a 20 onzas por tonelada de plata. Se encuentran también otros depósitos cuyo valor comercial aún no ha sido agotado.

La otra área donde yacen depósitos de Plomo, zinc y plata se localiza al sur de la falla Cuilco-Chixoy-Polochic y se trata también de cuerpos irregulares de reemplazamiento emplazados en rocas calcáreas. Aquí sobresalen en importancia los depósitos de Suquinay, Repollal y Camelias al este de Purulhá, Baja Verapaz. De aquí se ha producido concentrados con 17% de plomo 40% de Zinc y 4 onzas por tonelada de plata.

Revisten importancia, también, los depósitos de Níquel Cobalto, los cuales ocurren en dos distritos principales. El de mayor interés económico se localiza en la región de El Estor, Izabal, en donde se ha evaluado un potencial de 50 millones de toneladas de laterita con 1.5% de Níquel y 0.05% de Cobalto, El otro yacimiento se localiza entre las localidades de Uspantán y San Cristóbal Verapaz de los departamentos de El Quiché y Alta Verapaz respectivamente. Aquí se han evaluado 40 millones de toneladas de suelos lateríticos con 1.25% de Níquel y 0.04% de Cobalto.

Yacimientos de Cobre, se localizan únicamente en la mina de Oxec, al oeste de Cahabón, Alta Verapaz. La mineralización principal consiste de calcopirita y pirita con cuarzo que ocurre en vetas asociadas a una zona de falla y una fuerte oxidación en la superficie.

Región Oriental

En ésta región destaca en importancia la mineralización económica de oro con pequeñas cantidades de plata en venas de cuarzo y zonas silicificadas emplazadas en fracturas. La mineralogía más común es pirita y arsenopirita con calcopirita, covelita y oro nativo como minerales asociados y está relacionada a procesos epitermales asociados a intrusiones de cuerpos ígneos. Este yacimiento se localiza en el distrito minero de Chiquimula, en donde también ocurren

depósitos de Cobre en Xororaguá Hacienda el Santo. Plomo, zinc y plata en Tercerón y zonas de óxidos de hierro en san José la Arada, localidades aledañas a la ciudad de Chiquimula.

Los depósitos más importantes de cobre, plomo, zinc y plata y oro son los que ocurren en el distrito minero de Concepción las Minas, localizado en la parte sureste del departamento de Chiquimula. Aquí yacen depósitos de plomo, zinc y plata en forma de lentes o mantos dentro de calizas alteradas a skarn (producto de un metasomatismo de contacto). También mineralización de plomo, zinc ocurre en forma de vetas emplazadas en fracturas dentro de rocas volcánicas del Terciario.

Las vetas en rocas volcánicas presentan todas las características típicas de depósitos epitermales rellenando fisuras originadas por esfuerzos tensionales. La mineralización consiste principalmente en sulfuros de zinc, plomo-plata y cobre con calcita y cuarzo como minerales de ganga.

Otros yacimientos de importancia económica, lo constituyen una serie de cuerpos de óxidos de hierro que ocurren en el distrito minero de Jocotán-Camotán, al noreste de Chiquimula, los cuales se han venido explotando para surtir la industria del cemento tanto de Guatemala como de El Salvador.

No menos importantes son también los depósitos de metales básicos y cromo que yacen en el distrito minero de Jalapa, en donde la mayor ocurrencia de metales básicos se concentra en las minas de Mataquescuintla, que es un yacimiento de plata y cobre en forma de tronco de chimenea dentro de rocas volcánicas terciarias. La mineralización consiste en numerosas vetas y vetillas de hematita especular y pirita con sulfuros de cobre asociados, dentro de una toba lítica fuertemente fracturada y altamente silicificada.

Los depósitos de cromo ocurren en serpentinas y peridotitas como masas irregulares, cuerpos lenticulares y nódulos diseminados. Los cuerpos son generalmente pequeños con una mineralización usualmente consistente en

cromita y adicionalmente las variedades de granate uvarovita y kamererita. Las zonas más importantes son el área de Potrero Carrillo, 10 km. al norte de Jalapa y el área de Cabañas en Zacapa en donde además se localiza un depósito de manganeso.

Zona Litoral del Pacífico

Esta zona la constituye una faja angosta a lo largo del Océano Pacífico. La mineralización económica la constituye los grandes volúmenes de arenas ricas en magnetita y titanio acumulados en la zona litoral y que forman parte del potencial minero de Guatemala.

5. 6 Principales ocurrencias de minerales metálicos¹⁴

De acuerdo a su importancia económica son:

Níquel: Se localizan ocurrencias de níquel en el departamento de Izabal. Asociado al níquel se encuentra el cobalto que tiene un alto valor estratégico y comercial. El níquel es usado en la fabricación de monedas, piezas metálicas, aleaciones y recubrimiento galvanoplástico. El Cobalto se usa en piezas de cohetes y satélites, herramientas para altas temperaturas, y para radioisótopos.

Antimonio: Guatemala ha sido el tercer productor más grande del antimonio en América latina después de Bolivia y de México produciendo 880 toneladas métricas en 1997¹⁵. Actualmente se explota en las minas de Ixtahuacán (Departamento de Huehuetenango). Se han determinado importantes depósitos en Olopa (Departamento de Chiquimula) y en Palencia (Departamento de Guatemala). El antimonio se usa para endurecer tipos de imprenta, productos medicinales, fabricación de juegos pirotécnicos, aleaciones, baterías de acumulador, chapas, tubos, esmaltes, vulcanización.

¹⁴ Ibid., p. 138

¹⁵ www.ahguatemala.com/general_information/ (Guatemala:2001)

Oro y Plata: El oro y la plata se encuentran íntimamente relacionados. Se tienen ocurrencias de oro y plata asociados con vetas de cuarzo en los departamentos de Guatemala, Zacapa y Chiquimula; oro de placer en el Departamento de Izabal. Además existe alta probabilidad de ocurrencias de vetas de cuarzo con oro y plata en la cadena volcánica del Terciario que atraviesa Guatemala. El oro y la plata son minerales utilizados en joyería.

5.6.1 Proyecto El Pato

El área de El Pato se encuentra localizada a 170 kilómetros de la capital guatemalteca, al oriente en el departamento de Chiquimula. Dicha área se localiza aproximadamente a 15 kilómetros al oeste de la cabecera departamental de Chiquimula.

Las reservas de mineral aurífero, hasta el momento conocidas, se concentran a un área aproximada de 1.5 km², evaluados por métodos indirectos y directos, cuyos resultados confirman la existencia de por lo menos dos millones de toneladas métricas de estas 850,000 toneladas métricas son reservas probadas, evaluadas por el Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas para la Exploración de los Recursos Naturales. El contenido metálico es de 7.0 gramos de oro por tonelada métrica de material, lo cual implica la existencia de por lo menos 185,937 onzas de oro para su extracción y procesamiento inmediato. Las reservas probables son del orden de 200,000 toneladas métricas con contenido de oro de 5.8 gramos por tonelada métrica y oro de 2.64 gramos por tonelada métrica, mientras que 950,000 toneladas métricas corresponden a la categoría de reservas posibles con valores de oro de 8.42 gramos por tonelada métrica y 4.55 gramos por tonelada métrica.

5.6.2 Proyecto Quebradas

El área de Quebradas esta situada al oeste del departamento de Izabal, aproximadamente 250 kilómetros al Norte Oeste de la capital de Guatemala. El

proyecto se localiza a 10 kilómetros al sur de la cabecera municipal del municipio de Morales.

La información geológica general es muy escasa y la mayoría de documentación de operaciones mineras no es muy confiable. El depósito fue primeramente estudiado en 1869, cuando a la compañía Potts, Knight & Co. Le fue otorgada la concesión minera sobre esta área la cual cubría una extensión de 122 hectáreas. El trabajo más importante realizado en esta área fue llevado a cabo por la compañía Guatemalan Gold Dredging, la cual realizó operaciones de dragado entre los años de 1924 a 1941 en una parte del valle aluvial de río Bobos. Se ha estimado que el área de explotación fue de 150 Hectáreas y a una profundidad de 18 m. ¹⁶

Al terminar la etapa de excavaciones 54 pozos fueron efectuados para un total de 466 metros lineales produciendo un volumen de muestras de 132,619 m³. El promedio de profundidad explotable quitando la capa de cobertura vegetal es de 5 metros con un grado de 0.346 gramos por metro cúbico.

Las muestras recolectadas fueron tratadas en una planta de proceso en donde se combinaron métodos de concentración tanto por gravedad como amalgamación. Los resultados del procesamiento de 343 intervalos en 54 pozos dieron como resultado el procesamiento de 285,428 Kg. de grava, los cuales produjeron 7,738 Kg. de concentrados de minerales metálicos (arena pesada).

En esta primera fase de dicho proyecto se recomendó realizar una exploración mas a detalle utilizando la maquinaria adecuada para poder penetrar y hacer un muestreo de las gravas que se encuentran sobre el lecho rocoso, pero dicho trabajo aún no se ha llevado a cabo.

¹⁶ *Ibíd.*, p.50

El Plomo el Zinc y la Plata se encuentran frecuentemente asociados. Los mismos han sido explotados desde la época colonial en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Baja y Alta Verapaz. Además recientemente se han localizado importantes depósitos en el Departamento de Chiquimula. El zinc es usado para galvanizar acero, en aleaciones, en acumuladores eléctricos, en medicamentos en la industria química, en laminados. El plomo se usa en industria de armamento, en la industria de impresión como colorante y para tipos de impresión, para pinturas anticorrosivas, como blindaje para protección contra radiación, en la fabricación de acumuladores. etc.

5.6.3 Proyecto Llano del Coyote

Mediante Acuerdo Gubernativo de fecha 3 de diciembre de 1,976, conjuntamente con otras áreas, se declaró Zona de Reserva Nacional Minera el área Llano del Coyote, localizada en el municipio de Aguacatán, departamento de Huehuetenango, a unos 30 Km. de la cabecera departamental. En 1979 y 1984 se emitieron acuerdos conteniendo en cada caso, derogatoria y al mismo tiempo declaratorio de la zona de Reserva Nacional Minera, manteniéndose de esta manera vigente hasta 1989, finalmente con el nombre de Llano del Coyote II.

La exploración sistemática en la zona se inicio el año 1966, participando organismos internacionales, conjuntamente con la Dirección General de Minería, así como en forma individual de ésta última. Los trabajos tuvieron una secuencia gradual y progresiva hasta 1981, cuando se suspendieron los trabajos por problemas políticos. Por los resultados positivos obtenidos, se ha decidido continuar con los trabajos de exploración y llevarlos a su fase final, hasta contar con todos los resultados necesarios que permitan otorgar el área mediante un proceso de concurso o licitación, con el objetivo de recuperar la inversión efectuada.

Los primeros trabajos se realizaron a nivel regional por Naciones Unidas, iniciándose en 1966 la exploración geoquímica en un área que se denominó "Área II", que incluyó parte del noroccidente del país, con una extensión de 14,000

kilómetros cuadrados; en base a los resultados del reconocimiento regional de sedimentos, se seleccionó el área Llano del Coyote, para realizar trabajos de exploración a detalle.

Posteriormente en 1976, en colaboración con el gobierno del Japón, se continuó con la exploración a nivel regional y detalle. Naciones Unidas detectó en varios tributarios del río Blanco altos valores de cobre, zinc y plomo. Se hicieron un muestreo de sedimentos fluviales suelos y roca, principalmente en la cabecera de las quebradas, siguiendo una cuadrícula sistemática, se determinó que el contenido de cobre y zinc es mucho mayor en las vetas de óxido de hierro y en metasedimentos, no así en el granito.

Se han encontrado manifestaciones y depósitos de hierro de regular tamaño en Camotán (Departamento de Chiquimula), Cubulco (Baja Verapaz) y en las arenas titaníferas en las costas del pacífico. El hierro es uno de los principales metales para la industria metal-mecánica, además se usa como elemento estructural en la industria pesada, el ferrocarril, la industria del automóvil etc. En Guatemala se usa como uno de los componentes para la fabricación del cemento.

Depósitos de magnesio se encuentran en Sibilá y Morales (Departamento de Izabal) y en Cubulco (Departamento de Baja Verapaz). Se usa en aleaciones ligeras, productos medicinales, síntesis orgánica, en la industria de construcción, metalurgia, refractarios, cementos, pavimentos, cerámicas, papel, revestimiento de hornos metalúrgicos, aislante, etc.

Depósitos de manganeso de pequeña importancia se han determinado en Todos Santos (Huehuetenango), San Diego y el Rosario (Departamento de Zacapa). El manganeso se usa para la fabricación de aceros especiales, (extrae el oxígeno y el azufre de la mezcla para obtener un metal limpio y sólido), se utiliza como fertilizante, en la fabricación de neumáticos, vidrio incoloro para automóviles, fabricación de pilas secas, etc.

La industria minera en Guatemala aunque es poca es muy comparable con la de Honduras. El Salvador tiene muy poca, Costa Rica se ha opuesto a la explotación minera y en Nicaragua hay muy poca actividad. A nivel mundial el lugar que ocupa Guatemala en este sector es de muy poca importancia, aunque existen expectativas como la del próximo año que si se lleva a cabo la extracción de oro en San Marcos, las cifras de exportación se duplicaran. Asimismo, es probable que la demanda de antimonio por China Popular, si es sostenida y no eventual como parece ser hasta ahora, podría restituir la producción de Guatemala, que fue la segunda de Latinoamérica en el pasado.

Existen actualmente alrededor de 31 industrias en Guatemala, representadas por una diversidad de empresas, que utilizan productos mineros como materia prima en la fabricación de sus artículos. Estas industrias, importan alrededor del 90% de las materias primas de origen minero que utilizan en la fabricación de sus productos industriales. Según datos oficiales del Banco de Guatemala en el año 2003 las exportaciones fueron por un valor de Q6,514 millones que generaron divisas por US\$ 814,000 y las importaciones de Q32,300¹⁷ millones la problemática es que Guatemala exporta sus productos mineros en bruto y a muy bajo precio, mientras que los que importa los compra procesados a un precio elevado.

Por otro lado, Guatemala cuenta con un buen número de minerales y rocas industriales en cantidades comercializables, los cuales aun no se aprovechan convenientemente. Aunque existen actualmente alrededor de 350 derechos mineros vigentes más otros 400 en trámite, aun falta mucho por explotar. Por lo menos una docena de los materiales existentes en el país falta por explotarse y aprovecharse, aparte de otros 30 que se explotan o se han explotado generalmente en forma empírica y a escala muy pequeña.

¹⁷ Oscar Rosal. Coordinador, Depto. De desarrollo minero. Ministerio de energía y minas. Entrevista correo electrónico. Guatemala, 21 de junio de 2005

En vista de lo expuesto con anterioridad, el futuro minero-industrial de Guatemala estriba en que se deberá beneficiar o procesar sus minerales y rocas antes de comercializarlos, eliminando la practica común de venderlos en bruto. Además depende mucho de la presión que hagan los ambientalistas y otros grupos opositores a la minería. Si se llega a prohibir la actividad de extracción de minerales metálicos, las cifras que se enumeraron arriba seguirán bajando produciendo que el sector minero colapse.

CONCLUSION

Al no existir el testimonio escrito, la arqueología se convierte en el único medio para reconstruir los sucesos de la prehistoria, a través del estudio de los restos materiales dejados por los pueblos del pasado: sus zonas de residencia, sus utensilios, así como sus grandes monumentos y sus obras de arte.

La necesidad de obtener materiales para fabricar armas de guerra provocó que los pobladores buscaran nuevos metales que estuvieran a su alcance y que fueran fáciles de procesar. La mayor ventaja del hierro sobre el bronce residía en el hecho de que los filones para extraer el mineral eran mucho más abundantes y por tanto más económicos en comparación con el bronce. No era necesaria aleación alguna y constituía un material admirable para la fabricación de sierras, hachas, azuelas y clavos. Era, sin embargo, mucho más difícil de trabajar y nunca se logró obtener una temperatura suficientemente elevada durante los tiempos prehistóricos para fundir el hierro en molde, excepto en China.

Los enterramientos reflejan la extraordinaria riqueza de estos grupos, ya que los muertos están acompañados por armas, entre las que se incluyen espadas de hierro y de bronce, dagas, hachas y cascos; cuencos de bronce, calderos y tazas; vasos de cerámica; ornamentos de bronce, hierro y oro, y cuentas de ámbar y de cristal.

Las corrientes de investigación suelen inclinarse por el uso bélico de los metales como una de las primeras necesidades a cubrir en la Edad Media, fabricando hachas, espadas, cascos, corazas y gran variedad de herramientas de guerra. Por otro lado también fue evidente la presencia del cobre y aleaciones en utensilios portadores de luz (Portavelas, cirios, blandones, antorchas, tenebrarios, candiles, linternas faroles, palmatorias, etc.)

La Revolución francesa produjo grandes cambios económicos y sociales, que condujeron a la revolución industrial que tuvo lugar en la primera mitad del siglo XIX.

Antes de la revolución industrial, el acero era un material caro que se producía en escala reducida para fabricar armas, principalmente. Los componentes estructurales de máquinas, puentes y edificios eran de hierro forjado o fundiciones.

El primer paso para lograr la transformación masiva del arrabio en acero lo dio el inglés Henry Bessemer en 1856. La idea de Bessemer era simple: eliminar las impurezas del arrabio líquido y reducir su contenido de carbono mediante la inyección de aire en un "convertidor" de arrabio en acero.

Las necesidades de obtener acero al más bajo costo produjo que los capitalistas empezaran a pensar que otros equipos pudieran sustituir a los tradicionales.

Las principales innovaciones tecnológicas de la segunda revolución industrial fueron: La producción de acero a bajo costo, la incorporación de la electricidad y el petróleo para permitir la utilización del motor eléctrico y de combustión interna en el sistema económico. Así fue como el acero y los motores eléctricos y de combustión interna comenzaron a utilizarse para el desarrollo de maquinaria agrícola, la cual junto con los abonos artificiales y la selección de semillas y animales sentaron las bases para el surgimiento de la agricultura científica, iniciándose la industrialización del sector agrícola.

Otra cuestión de vital importancia es la gestión del medio ambiente. La industria siderúrgica es la segunda, después de la producción de cemento, en cuanto al peso y volumen de los materiales transformados por lo que la contaminación por sus procesos es elevada.

Los 750 millones de toneladas de acero anuales que actualmente se producen en el mundo generan unos 30 millones de toneladas de residuos sólidos.

El informe de la OIT concluye señalando que "los ganadores del próximo milenio serán los productores de acero que se preocupen de la calidad del producto, del medio ambiente, de cumplir con los clientes y de formar y motivar a su fuerza de trabajo para que comprenda que la calidad del producto y la responsabilidad por el medio ambiente son el medio para lograr seguridad en el empleo y el avance de las empresas volcadas en el futuro." La sociedad sigue siendo absolutamente dependiente de los recursos minerales, con ejemplos tan clásicos como el hierro, cobre, zinc, etc.

Los metales siguen siendo los de mayor uso en la industria. Basta con analizar por un momento el ordenador que tiene al frente: componentes de cobre, piezas de aluminio, un cable de cobre para enchufarlo al tendido eléctrico, una pantalla de cristal (sílice), un armazón de acero (la torre), o el mismo chip procesador (*silicón chips !!*).

En el informe se indica que actualmente se produce acero en unos 100 países y que "en los 15 años transcurridos entre 1981 y 1996, la cuota de los países industrializados de economía de mercado en la producción mundial se ha reducido ligeramente, pasando del 54,5 por ciento al 51,2 por ciento. En cambio, en la CEI y la Europa Oriental, la producción se ha reducido a la mitad y ha pasado del 29 por ciento al 14,3 por ciento, al tiempo que en China y otros países asiáticos (excluido Japón), la producción se ha triplicado prácticamente, pasando del 9,6 por ciento al 25,5 por ciento.

En la actualidad, la siderurgia es una industria de alta tecnología, situada "en primera línea de la producción asistida por ordenador". Las grandes acerías tradicionales, intensivas en la utilización de mano de obra, están siendo reemplazadas por fábricas que funcionan con hornos de arco eléctrico y hornos básicos de soplado de oxígeno, más eficientes e inócuas desde la perspectiva.

El segundo factor determinante ha sido la privatización del sector del hierro y el acero, que durante mucho tiempo ha estado sujeto a la propiedad y el control directo del Estado.

Desde la época precolombina en Guatemala ya se conocía la abundancia de ciertos metales aunque no se les conocía por su nombre ya los indígenas de esos tiempos los trabajaban y los utilizaban para fabricar sus utensilios de trabajo y algunas veces para comercializar utilizando el trueque. En la época de la colonia el español conociendo de que se trataba se aprovechaba de la ignorancia de este pueblo y con engaños o muchas veces a la fuerza se hacía de ellos. E incluso el conquistador Pedro de Alvarado llegó a tener su propia mina de oro, y los reyes españoles tuvieron que regir por medio de leyes la explotación de minerales. Muchos materiales se explotaban en esa época de una manera muy artesanal empleando para ello herramienta rudimentaria.

En la época de la independencia el interés minero descendió provocando con ello que muchos materiales fueran sacados de contrabando ya que con ello se obtenía un mayor beneficio, ya que no se cumplían las leyes de los reyes españoles.

En la época actual Guatemala cuenta con yacimientos que hacen falta de explotar. Partes como la del norte, sur, occidente y oriente hay muchas vetas de materiales que puede extraerse y de ello obtener un beneficio.

Un hecho importante en la industria de Guatemala es que exporta sus productos mineros en bruto a muy bajo precio, mientras que lo que importa los compra procesados a un precio elevado. Además se deben buscar lugares donde se afecte en poco o en nada el medio ambiente lejos de poblados, eso ayudara a que la producción minera se incremente y pase a ser un producto que ayude a la mejora de la economía nacional.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso López. J., Cerdàn, R. Y Filloy Nieva,,: **Nuevas técnicas metalúrgicas en armas de la II Edad del hierro**,(primera edición España: Editorial Victoria, 1999) pp.120-138

Fernández Ibáñez, C. (1994): un “**Castra Legionis**” en Herrera de Pisuegra (Palencia). Investigaciones en torno a la “**Legio III Macedonia**” y su misión en el Norte de Hispania durante el Alto Imperio”, o Rumor da Fraga 7, Editorial ourense, PP 11-14

Sydney H. Avner. **Introducción a la metalurgia física**. 2ª. Edición; México: Editorial McGraw-Hill, 1988) pp. 1-3

Minería: **Historia de la Minería en Guatemala**; Ministerio de Energía y Minas pp. 119-121

Minería: **Guía del Inversionista Minero**; Ministerio de Energía y Minas pp. 25-26

Barril Vicente, M. (1999): *Dos yacimientos de la edad del Hierro, castro de Barahones y Monte Bernorio, Regio Cantabrorum*, Santander, pp. 43-51.

www.argiropolis.com.ar/ameghino/obras/piedra.htm

www.ikuska.com/Africa/histofram.htm

www.utopiaverde.org/historia/prehistoria/edad-piedra

www.turemanso.com

www.ahguatemala.com/general_information/

Oscar Rosal. Coordinador, Depto. De desarrollo minero. Ministerio de energía y minas. Entrevista correo electrónico. Guatemala, 21 de junio de 2005

