

Laval University

From the Selected Works of Fathi Habashi

April, 1986

Quimica y Metalurgia en Nueva Espana y las Colonias Espanolas en America del sur

Fathi Habashi



Available at: https://works.bepress.com/fathi_habashi/39/



DESDE 1857 EN LA ENSEÑANZA MINERA EN CHILE

REVISTA INFORMATIVA

COPIAPO - CHILE

Química y Metalurgia en Nueva España y las Colonias Españolas en América del Sur.



*Dr. Fathi Habashi, Depto. Minas y Metalurgia
Universidad de LAVAL, Quebec, Canadá.*

INTRODUCCION

Los conquistadores Ingleses, Franceses y Holandeses a su llegada al Nuevo Mundo encontraron culturas dedicadas a la caza con una agricultura muy primitiva, o sin ella, y sin conocimiento en la elaboración de metales. Por otro lado, las expediciones españolas en México y Perú encontraron una avanzada civilización indígena con gran habilidad en el trabajo de metales como, cobre, oro y plata. Así, las expediciones Españolas pudieron retornar inmediatamente a España acumulando un surtido de metales preciosos, comenzando la explotación de las minas desde las cuales esos metales eran obtenidos utilizando trabajadores nativos. La principal fuente de esos metales fueron depósitos tipo placeres y no se conocían las fundiciones. El fierro tampoco se conocía.

El gran volumen de plata producida fue hecho por medio de amalgamación o "proceso patio". El Mercurio era embarcado en grandes cantidades hacia Las Américas desde las minas de Almadén en España. Esto contribuyó al auge minero en España hasta que se descubrieron depósitos de mercurio en Perú. Aunque el proceso de amalgamación fue conocido por los romanos para el tratamiento de minerales de oro, su aplicación a la recuperación de plata se ha considerado como una importante contribución de los mineros españoles en Las Américas. El descubrimiento de depósitos de mercurio locales bajó en gran medida el costo de producción de la plata y como resultado el volumen de producción de este metal precioso aumentó. Alrededor del año 1600, el flujo de oro y plata hacia Europa incrementó sustancialmente y esto contribuyó al comienzo del renacimiento.

En el siglo XVIII, las colonias españolas fueron

divididas en cuatro divisiones administrativas llamadas Virreinos. Estos fueron Nueva España, Perú, Nueva Granada y Río de La Plata (Tabla 1). Lo que actualmente es Bolivia fue previamente llamado Real Audiencia de Charcas, y algunas veces Alto Perú y estuvo sujeto al Virrey del Perú hasta que el Virreinato del Río de la Plata fue establecido en el año 1776.

Después de la conquista española, los nativos fueron obligados con despiadada severidad a trabajar manteniendo o aumentando la extracción de metales preciosos para el beneficio de sus amos. Un gran número de indígenas pereció en las minas. Por otra parte, la tributación fue opresiva, el comercio fue estrictamente limitado a España y se le prohibió a los colonos la cosecha de cualquier cosa o la manufactura de cualquier artículo que pudiera interferir con la Madre Patria. A fines del siglo XVIII, los resentimientos de los indígenas fue manifestado en varias insurrecciones; y finalmente la guerra por la independencia fue ganada.

Durante el período colonial, distinguidos químicos y metalurgistas fueron enviados por el Rey de España a las nuevas colonias para desarrollar la industria del metal y establecer escuelas para la graduación de ingenieros en minas y metalurgia. Dos metales fueron descubiertos en esas colonias: Platino en Colombia por Antonio de Ulloa en 1748 y Vanadio en México por Manuel del Río en 1801.

La primera escuela de minas en el Nuevo Mundo fue establecida en Potosí, Bolivia en 1757, seguida por otra en la ciudad de México en 1792. Ciudad de México llegó a ser un importante centro de traducciones de importantes textos de química y mineralogía al español. Por ejemplo, Elementos de Química

TABLA 1 Colonias españolas en el nuevo mundo al final del período Colonial	FUNDACION	VIRREINATO	CAPITAL	ESTADOS ACTUALES
	1535	Nueva España	México	México, América Central, Islas del Caribe.
	1542	Perú (Nueva Castilla)	Lima	Perú, Chile.
	1739	Nueva Granada	Bogotá	Colombia, Venezuela, Ecuador.
	1776	Río de la Plata	Buenos Aires	Bolivia, Argentina, Para- guay, Uruguay.

(Lavoisier), Texto de Química (Chaptal) y Nuevo Sistema Mineral (Berzelius) fueron traducidos al español y publicados en México.

NUEVA ESPAÑA

Con la caída de la capital de los Aztecas en 1521, comenzó un período de importante actividad minera a través de México. Desde su llegada cerca de la actual ciudad de Vera Cruz en 1519, Hernán Cortéz y sus seguidores fueron inspirados por un sueño de gran riqueza con el oro almacenado en el tesoro del Emperador Azteca. Este sueño no fue realizado, pero salieron expediciones en todas las direcciones desde la capital en busca de tesoros ocultos descubriendo ricos depósitos de plata en Taxco en 1522, en Zacatecas en 1548, Guanajuato en 1550 y en otros distritos. Al principio el mercurio requerido para la recuperación de plata mediante el proceso de amalgamación era embarcado desde España; pero el descubrimiento posterior de depósitos de mercurio en Perú simplificó el proceso de extracción.

PROCESOS METALURGICOS

La amalgamación, que es la recuperación de metales preciosos, mediante la formación de amalgamas

con mercurio, fue el proceso metalúrgico más importante de esa época. Aunque los Romanos * estaban familiarizados con el hecho que el mercurio disuelve oro y plata, no parece que ellos usaran este conocimiento para la extracción de plata de sus minerales. Vanoccio Biringuccio, sin embargo, mencionó la amalgamación de plata en su libro, De la Pirotechnia, publicado en 1540. Fue Bartholomeo de Medina quien aplicó este proceso en Pachuca a gran escala en 1566. Los minerales tratados contenían, plata metálica, sulfuro, cloruro y otros compuestos de plata.

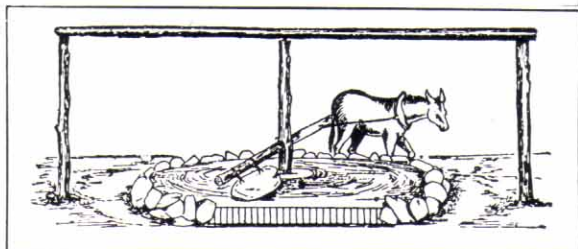
En ese tiempo, México estaba desprovisto de transporte de agua a través de canales por lo que no se disponía de esta fuente energética para chancar y moler

* En su viaje de Acapulco a Vera Cruz, el famoso científico Alemán Barón Alexander von Humboldt, en 1803 se detuvo en Ciudad de México para visitar a su amigo y compañero de clases de la "Freiberg Bergakademie". Allí, en la Escuela de Minas, él fue recibido también por Elhuyar. El quedó muy impresionado por la actividad de la escuela y escribió favorablemente acerca de ésta. Elhuyar ordenaba a menudo instrumentos para la Escuela desde Alemania a través de Humboldt, quien estaba interesado en Nueva España: en 1836, él publicó con la ayuda de Elhuyar, su "Ensayo Político sobre Nueva España", que es una fuente de información muy rica sobre la historia de la Química en América Latina.



Máscara de oro azteca.





Detalle de una rastra.

el mineral. Esta operación fue, sin embargo, efectuada, **por aplastado** y molienda en molinos a fuerza de caballos o mulas, y denominado "arrastra". Este está formado de un hoyo poco profundo de fondo plano, de 3 a 6 metros de diámetro, pavimentado con piedras duras de 30 centímetros de espesor, tales como, granito, basalto o cuarzo compactado.

En el centro tenía un eje vertical giratorio, que movía dos o cuatro brazos horizontales, los cuales tenían una piedra pesada fijada por correas de cuero de buey o por cadenas. El peso de estas piedras molidoras era de 200 a 400 kgs. cada una, su extremo delantero estaba aproximadamente a 5 cm. del suelo y el otro extremo se arrastraba. Las piedras eran movidas por mulas que caminaban por fuera alrededor de la "arrastra" a una velocidad que variaba desde 4 a 18 vueltas por minutos.

Una "arrastra" de 3 metros de diámetro tenía una carga de aproximadamente 225 kg. de mineral y trataba alrededor de 1 ton. en 24 horas. El desgaste por efecto de la molienda era de alrededor del 10% del mineral chancado. A las mulas, generalmente se le cubrían los ojos y se amarraban de 4 en fila, una mula por cada tres toneladas.

El mineral quebrantado en forma de barro es luego transferido al lugar de amalgamación, llamado "patio", seguido de un secado cuando era necesario, luego amontonado en "tortas" o pilas planas circulares de aproximadamente 30 a 50 cm. de espesor, conteniendo cerca de 100 ton. de mineral (peso seco). En

el primer día, alrededor de 5-6% de sal común es esparcida sobre la superficie e incorporada al barro por la acción de 6 a 12 mulas sobre cada parte de la pila. Al segundo día, cerca de 3 a 4 Kg. de "magistral", que es una mezcla impura de cobre y sulfato ferroso, era adicionado y bien homogenizado por medio de mulas como en el caso anterior. Inmediatamente después, 6 a 8 kg. de mercurio por cada kg. de plata en el mineral era adicionado, estrujado a través de una bolsa de lona y barriendo estos pequeños glóbulos sobre toda la torta. El barro es nuevamente revuelto para incorporar el mercurio. Diariamente se toman muestras de cada parte de la pila y analizada usando una "challa"; la apariencia de la amalgama indica el grado al cual la amalgamación ha tenido lugar y si el "magistral" ha sido deficiente o en exceso. Luego las correcciones pueden ser hechas si es necesario.

La pila, es mezclada por medio de las mulas cada día hasta que la amalgamación se ha completado, lo cual podría requerir entre 2 y 4 semanas. En el último día, una cantidad fresca de mercurio equivalente a 4 veces el peso de la plata presente, es adicionada para dar a la amalgama seca fluidez y ayudar a su colección. El material es luego lavado en tubos con agua para eliminar las partículas finas de mineral, dejando atrás la amalgama. La amalgama usualmente contiene 20% de plata. Después de estrujar la amalgama, apretando una lona, las pequeñas bolas son cargadas en una retorta de fierro para destilar el mercurio. La plata obtenida, llamada "Patio Pina", es luego fundida y colada en barras en la forma usual.

Las reacciones químicas que toman lugar en este proceso, son probablemente las siguientes:



La plata iónica será acomplejada por el cloruro de sodio, pero la solución será descompuesta por el mer-

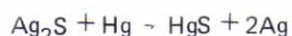
Patio para amalgamación en Zacatecas (Oleo de Pedro Gualdi Museo Nacional de Historia en Ciudad de México)



curio para formar plata metálica y cloruro mercurioso:



La plata es luego disuelta en el mercurio, formando la amalgama. Todo el mercurio que es así convertido a cloruro mercurioso es perdido, y esta cantidad es aproximadamente el doble del peso de la plata. Algo de sulfuro de plata podría también ser reducido directamente a plata metálica por el mercurio:



La recuperación de plata para este proceso fue alrededor del 75%, pero posteriormente disminuyó a 60%, cuando los minerales contenían cantidades apreciables de metales sulfurados, particularmente, de zinc, arsénico y antimonio.

Cuando los minerales contenían mucho oro, algo de mercurio se adicionaba, para recuperar el oro en primer lugar y luego la plata se obtenía por el "Proceso Patio". Este fue aplicado en forma satisfactoria a los minerales de plata auríferos de Zacatecas. Este proceso estuvo en operación, hasta los años 1920, cuando el molino de tubo y el proceso de cianuración fueron introducidos.

METALURGISTAS DESTACADOS

Para desarrollar los recursos minerales de las colonias dos notables metalurgistas fueron enviados por el Rey de España. Estos fueron Don Fausto de Elhuyar y don Andrés Manuel del Río.



Dn. Fausto de Elhuyar.

Don Fausto de Elhuyar y su hermano mayor, Don Juan José, fueron en 1778 a la Academia de Minas de Freiberg, Alemania, a estudiar Química y Minerología. Ellos terminaron sus estudios en diciembre de 1781. Mientras Don Fausto fue a Vergara en España a hacerse cargo de la enseñanza en el Seminario (Don Juan José se unió posteriormente a su hermano en el Seminario), Don Juan José fue a Upsala a trabajar por medio año en el famoso laboratorio de Torbern Bergman.

En 1783, los hermanos trabajaron en el análisis de Wolframita de una mina de estaño en Zinnwald, Alemania, obteniendo un polvo amarillo insoluble que ellos llamaron ácido wolfrámico. Ellos mostraron posteriormente que era idéntico al ácido tungstíco, el que el Químico Sueco Carl Wilhelm Scheele separó desde el mineral conocido en ese tiempo como tungsteno, que en sueco significa "piedra pesada"; este mineral es conocido hoy en día como Scheelita. La factibilidad de obtención de un nuevo metal por reducción del ácido tungstíco ya había sido propuesto por Bergman y Scheele. Los hermanos Elhuyar calentaron una mezcla de ácido tungstíco y carbón y carbón vegetal en un crisol sellado. Después de enfriar, ellos encontraron un botón metálico de color café oscuro, cuando ellos examinaron el polvo con microscopio, observaron los glóbulos metálicos de Tungsteno.

En 1786, Don Fausto fue enviado a Schemnitz Freiberg y Viena a estudiar el nuevo método de amalgamación desarrollado por Ignaz von Born. En ese lugar el contrajo matrimonio con una joven alemana. En 1788, fue enviado a Nueva España para ser Director General de Minas. En México, Elhuyar publicó el libro "Fabricación de Monedas en Nueva España". El



Dn. Andrés Manuel del Río.

fue luego comisionado para establecer la Escuela de Minas que fue planeada en 1774 por el conocido científico mexicano Don Joaquín de Velázquez Cárdenas y León quien murió en 1786 antes de que su plan fuera realizado. Don Fausto fue su primer Director cuando ésta fue abierta en 1792 y permaneció allí por más de 30 años hasta que estalló la guerra de la Independencia en 1811, él regresó a España en 1812. Allí fue nombrado Director General de Minas y planificó la Escuela de Minas de Madrid. El escribió en 1818 un tratado sobre "La influencia de la Minería en Nueva España". Don Fausto murió en Madrid en 1833 a la edad de 77 años.

El otro conocido metalurgista fue Andrés Manuel del Río, quien estudió en Shemnitz y Freiberg. En 1775, fue enviado desde España a enseñar mineralogía a la Escuela de Minas de México. En México, el tradujo un libro de Werner sobre la "Teoría de formación de Vetas" desde el alemán al español. En 1975, publicó el primer volumen de su texto sobre Mineralogía, que tituló "Elements of Oryctognosy", y en 1805 publicó el segundo volumen; una segunda edición de este trabajo apareció en 1832. El también tradujo al Español las "Tablas Mineralógicas" de Karsten en 1804 y "Nuevo sistema mineral" de Berzelius en 1827.

En 1801, él examinó una especie de un mineral de plomo color café de la Mina Zimapán Cardonal en Hidalgo, México, y concluyó que éste contenía un metal similar al cromo y al uranio que él llamó "erythronium" debido a la coloración roja que esta sal adquiriría cuando era calentada. Como las propiedades del

erythronium eran muy parecidas a las que Fourcroy había descrito del cromo recientemente descubierto, del Río decidió que se había equivocado y que la especie que él examinó era realmente un cromato básico de plomo. En su "Texto de Mineralogía" publicado en 1832, sin embargo, él estableció que el metal contenido en el mineral de plomo color café de Zimapán no era cromo, sino que vanadio, el mismo metal descubierto un año antes (1831) por el Químico Sueco Nils Gabriel Sefstrom. Wöhler en 1831 probó que el mineral analizado por del Río en realidad contenía vanadio y no cromo. Una muestra de este mineral fue entregada a él por Alexander von Humboldt*, quien la consiguió de del Río cuando lo visitó en 1803. Este mineral es conocido actualmente como vanadinita, $\text{PbCl}_2 \cdot 3\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2$.

En 1809, del Río estableció en Coalcomán, Michoacán la primera industria de fierro en México, la que, sin embargo, fue destruida durante la insurrección de 1911. Contrajo matrimonio con una joven mexicana y adoptó a México como su hogar. Murió en 1849 a la edad de 85 años.

ESCUELA DE MINAS

La Escuela de Minas en ciudad de México, fundada en 1792, fue la primera institución científica erigida en México. En 1811, ésta fue trasladada a la calle Tacuba, próxima al edificio de la actual oficina principal de Correos, entre el Parque Alameda y Zocalo, en un clásico edificio actualmente llamado el "Palacio de los Minerales". La calle Tacuba fue la más importante y una de las más antiguas calles en ciudad de México. En 1882, el gobierno de México bajo la presidencia de Porfirio Díaz celebró el centenario de la fundación de la Escuela.

NUEVA CASTILLA Y RIO DE LA PLATA

Francisco Pizarro conquistó Perú en 1533 y fundó la ciudad de Lima. Posteriormente envió expediciones a conquistar Chile y Bajo Perú, actualmente Bolivia, y el Reino de Indias de Quito (Ecuador). Esta región llegó a ser conocida como el Virreinato del Perú (algunas veces conocida como Nueva Castilla), con capital en Lima; en el siglo XVIII, el territorio de Quito fue asignado al gobierno de Nueva Granada.

Los españoles fundaron Buenos Aires en 1535, pero los incesantes ataques de los indios los hicieron rápidamente abandonarlo. Posteriormente, en 1537, construyeron un fuerte llamado Asunción en la Unión de los ríos Paraguay y Pilcomayo. Esto probó ser el primer asentamiento español permanente en el interior de Sud-América. Asunción, Buenos Aires (poste-



Escuela de Minas en Ciudad de México

(Litografía de Pedro Gualdi)

* Descrito por Pliny en su Historia Natural (23-79 D.C.).

riormente refundada en 1580) y las otras colonias que gradualmente crecieron en la región de la Plata fueron sujetas al Virreinato del Perú hasta 1776. El gobierno español en ese año estableció en Buenos Aires el Virreinato de la Plata, con jurisdicción sobre los actuales territorios de Argentina, Paraguay y Bolivia.

EL DESCUBRIMIENTO DE PLATA Y MERCURIO

En 1544, los conquistadores españoles de Perú en su incansable búsqueda de "El Dorado", descubrieron el "Cerro Rico", una montaña cónica con una altura de 15.680 pies sobre el nivel del mar; la altitud de su base, donde fue fundada la ciudad de Potosí en 1547, es de 13.780 pies. El centro de la montaña está constituido por uno de los más ricos cuerpos minerales conocido en cualquier lugar del mundo —un mineral que no sólo contenía plata, sino que también, estaño, bismuto y tungsteno. Sin embargo, en 1544, los españoles buscaron sólo la plata, ya que el estaño era más barato enviarlo a Europa desde otros lugares y el bismuto y el tungsteno no tenían ningún uso.

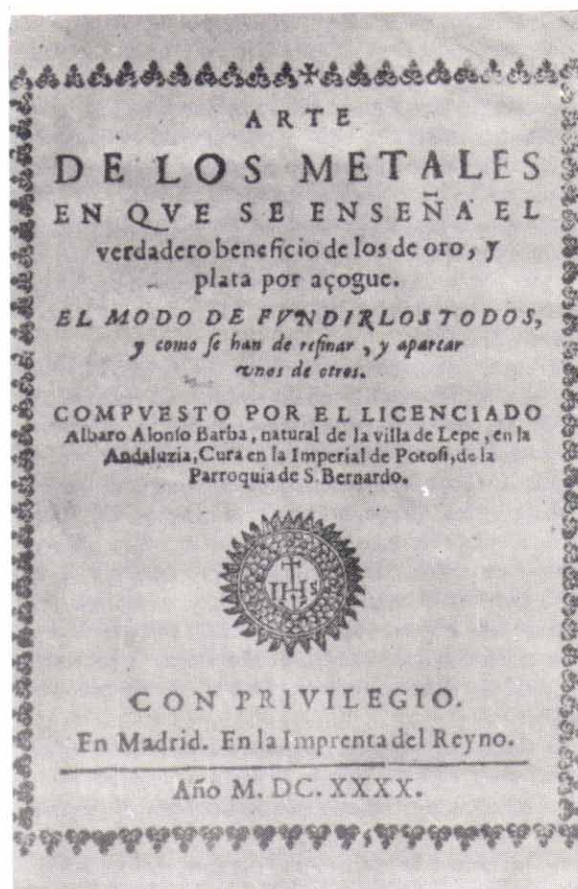
La tierra roja llamada por los Incas "Llimpi" y usada como colorante para pintura los españoles encontraron que era el igual que el "Vermilion-cinnabar" castellano, mineral de mercurio. Esto llevó al descubrimiento de las minas de mercurio de Huancavelica en Perú en 1566. El mercurio producido de estas minas fue luego embarcado a México y luego a Potosí para ser usado en la refinación de la plata.

En 1633, un nuevo proceso fue introducido en Perú para la recuperación del mercurio desde estos minerales que más tarde fue adoptado por las minas de Almadén en España debido a su éxito. En este proceso, el mineral es tratado por calentamiento directo en un horno de pisos en reemplazo del antiguo método de calentamiento indirecto de retortas de arcilla (posteriormente reemplazados por retortas de hierro).

BARBA (1569-1966) Y EL PROCESO DE AMALGAMACIÓN CALIENTE

Alvaro Alonso Barba nació en Villa de Lepe, Provincia de Huelva, España. En 1585, a la edad de 16 años, fue a la Colonia Española de la Real Audiencia de Charcas, la que incluía gran parte de la actual Bolivia. Allí él permaneció más de 60 años de su vida como sacerdote. Visitó diferentes minas de las colonias y en 1590 inventó el proceso de amalgamación caliente, el que reemplazó al proceso en frío en uso.

En este proceso, la amalgamación es realizada en vasijas de cobre llamadas "caldrons" en los que la pulpa de mineral es agitada y calentada al punto de ebullición calentando estos "caldrons" sobre una estufa. Mercurio y sal común eran adicionados y la pulpa hirviendo era agitada por varias horas hasta que se com-



Portada del libro "El Arte de los Metales", publicado en 1640 por A.A. Barba en Madrid.

pletara la reacción. El "caldron" se retiraba de la estufa, las colas eran lavadas con agua y la amalgama era recuperada. El cloruro de plata en el mineral era disuelto en la salmuera caliente y reducido al estado metálico por el cobre del "caldron" y luego amalgamada por el mercurio. El cloruro cuproso formado era también disuelto por la salmuera y actuaba como lixivante para el sulfuro de plata del mineral.

En 1640, Barba publicó en Madrid su libro "Arte de los Metales"; la traducción completa del título al inglés sería "The Art of Metals in Which is Taught the True Beneficiation of Gold and Silver with Mercury, the Mode of Smelting Them and How They are to be Refined and Separated Ore from Another". El libro está compuesto de cinco capítulos dedicados exclusivamente a: Minerales, Amalgamación, fusión, refinación y separación de metales. Este trabajo fue traducido al Inglés (1670, 1674, 1738, 1739, 1740), al Alemán (1670, 1676) y al Francés (1730, 1751). Una reimpresión de la última edición en inglés fue publicada por John Wiley en New York en 1923.

Barba regresó a España en 1657, donde falleció tres años más tarde a la edad de 93 años.

LA REAL CASA DE MONEDAS Y LA ESCUELA DE MINAS

Una Casa de Monedas fue establecida en Potosí en el año 1562 y la Escuela de Minas en el año 1757.

NUEVA GRANADA.

El país actualmente conocido como Colombia fue gradualmente explorado por distintos grupos que penetraron al interior, desde Quito por el Norte y por el Sur desde las Costas del Caribe. En 1536-37, una expedición bajo el mando de Jiménez de Quesada alcanzó la meseta de Bototá y fundó la ciudad de Santa Fé de Bogotá, en el lugar de la capital nativa. Más tarde, en 1739, ésta llegó a ser la capital del Virreinato de Nueva Granada.

EL DESCUBRIMIENTO DEL PLATINO

Dos destacados españoles, Don Antonio de Ulloa y Don Juan José Elhuyar, fueron enviados a Nueva Granada a estudiar y guiar la explotación de minas. Don Antonio de Ulloa (1716-1795) fue un matemático, oficial naval y viajero. En 1735 fue enviado a Perú en una misión científica. En su retorno en 1746 él llevó de regreso una muestra de una arena metálica gris que él colectó en un depósito de placer de oro en el distrito de Choco en Colombia y le dio el nombre de platina, diminutivo de plata.



Dn. Antonio de Ulloa.

En su libro, "Narración Histórica del Viaje a Sud-América", publicado en 1748, él describió su nuevo metal que posteriormente se conoció como platino. Él envió copias de su libro a miembros de la Sociedad Real de Londres, Wood obtuvo este metal mientras él estuvo en Jamaica como interventor, pero este metal fue importado desde Colombia.

En 1758, Ulloa fue enviado a Perú como Superintendente de las minas de Mercurio de Huancavelica. Como el platino podría ser aleado con oro, éste fue usado para adulterar el oro. Debido a que esta aleación resistía la separación, el Gobierno Español ordenó que el platino fuera botado a los ríos.

Medio siglo después de su descubrimiento el platino tenía pocos usos debido a la dificultad de trabajarlo. Esto fue solucionado sólo cuando el químico Inglés William Hyde Wollaston descubrió que el metal esponja se volvía maleable con fuertes compresiones y que podía ser recocido y forjado.

Don Juan José Elhuyar fue a la Academia de Minas de Freiberg en 1778 a estudiar Química y Metalurgia, igual que su hermano don Fausto. En 1788, fue enviado a Nueva Granada a dirigir la explotación de Minas.

El Cinabrio fue descubierto en 1786 en la provincia de Antioquia, en el Monte de Quindiu en la cordillera y en la provincia de Quito en un lugar Azogue y Cuenca.

RECONOCIMIENTO

El autor agradece al Museo Nacional de Historia de Ciudad de México por facilitar alguna de las fotografías mostradas en este artículo.

REFERENCIAS:

- BARGALLO MODESTO, "La Amalgamación de los Minerales de Plata de Hispanoamérica Colonial". Compañía fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, México, D.F. 1969.
- CALVO, FELIPE A., "La España de los Metales", Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Madrid, 1964.
- MAYER-ABICH, A., "Alexander von Humboldt", Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg, 1967.
- ROSE, T.K., "The Metallurgy of Gold", Charles Griffin, Londres, 1902.
- WEEKS, MARY E., "Descubrimiento de los Elementos", Journal of Chemical Education, 1956.

Este artículo fue originalmente publicado en inglés en "The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin", en junio de 1982. Traducido con la autorización del autor por el profesor José Palacios G.