

# El beneficio de los minerales de plata por amalgamación Refining of silver ores by amalgamation

Ramírez-Ortiz Jorge  
Unidad Académica de Ciencias Químicas  
Universidad Autónoma de Zacatecas

## Abstract

In this text a count becomes of the historical importance that had the «process of patio» or «amalgamation» with mercury, invented in the New Spain by Bartolomé de Medina for the refining of minerals of found silver of low law in Mexico. Before this process, all the silver was extracted of its ores by means of smelting, the condition was that these minerals had high law in silver if the process were not be profitable. In addition, although this process allowed a great production of silver also generate a great contamination of the soil with mercury that continuous to the present time.

**Key words:** amalgamation, silver, Bartolomé de Medina, Zacatecas.

## Resumen

En este texto se hace un recuento de la importancia histórica que tuvo el «proceso de patio» o «amalgamación» con mercurio, inventado en la Nueva España por Bartolomé de Medina, para el beneficio de los minerales de plata de baja ley encontrados en México. Antes de tal proceso toda la plata era extraída de sus minas por medio de fundición con la condición que estos minerales tuvieran alta ley en plata, de lo contrario el proceso no era costeable. Se comenta además que, aunque este proceso permitió una gran producción de plata, generó también una gran contaminación del suelo con mercurio que continúa hasta nuestros días.

**Palabras clave:** amalgamación, plata, Bartolomé de Medina, Zacatecas.

## **El beneficio de los minerales de plata por amalgamación**

En el año de 2005 se cumplieron 450 años del proceso del beneficio de minerales de plata llamado «Proceso de Patio» o «Amalgamación». Este proceso hidrometalúrgico, inventado por el español Bartolomé de Medina, provocó una revolución tecnológica que cambió al mundo de su tiempo. El «Proceso de Patio» transformó la minería y el curso del Nuevo Mundo y Europa, fue la innovación más importante en América antes de 1800. También fue una de las pocas invenciones entre la Edad Media y la Revolución Industrial, a la par con creaciones como la pólvora, la brújula, el sextante y la imprenta, las cuales tuvieron una gran trascendencia en la historia. De igual modo este proceso hizo posible el beneficio de minerales de plata (Ag) de baja ley, como los encontrados en Zacatecas, además permitió bajar el punto de equilibrio para la explotación de los minerales de aproximadamente 200 a 20 onzas de Ag/ton (5.6 a 0.56 Kg de Ag/ton), produciendo un incremento de cinco a diez veces el beneficio de los minerales de Ag.

La importancia histórica del invento de Bartolomé de Medina no ha sido apreciada en su total dimensión. El «Proceso de Patio» incrementó de manera dramática las fortunas de dos mineros: Diego de Ibarra, quien financió la exploración y el establecimiento de la Nueva Vizcaya (1563-1572); y Cristóbal de Oñate, cuya fortuna fue utilizada por su hijo para colonizar Nuevo México (1598-1610). Sin el invento de Bartolomé de Medina el establecimiento europeo en el norte de Zacatecas no habría ocurrido hasta siglos más tarde, ya que fue introducido a Zacatecas en 1557 y para 1562 existían 32 haciendas mineras que lo empleaban [1].

Bartolomé de Medina nació en 1497, en Sevilla, España. Dejó su tierra en 1553 y se embarcó en un largo y peligroso viaje a la Nueva España. Su esposa e hijos se dedicaron a la venta de textiles en Sevilla. Al abandonar el ámbito textil por la metalurgia Bartolomé de Medina aprendió que la mayoría de los metales eran purificados por la fundición del mineral del metal con litargirio (PbO). El PbO reduce el

punto de fusión del mineral hasta una temperatura de alrededor de 700 °C (la cual puede ser alcanzada por un horno de carbón). Entonces, el mineral fundido es purificado para producir Ag metálica. Esta tecnología era utilizada por los romanos pese a que era cara y peligrosa, pues se necesitaban grandes cantidades de PbO y carbón (C); además los esclavos y trabajadores de los hornos sufrían envenenamiento por plomo (Pb), debido a los vapores que surgían continuamente del horno de fundición. Las restricciones anteriores significaban que el mineral en cuestión debía tener, por lo menos, un contenido de 5.67 Kg de Ag/ton de mineral o el proceso no era costeable.

Bartolomé de Medina fue un emprendedor exitoso que no pudo resistir la oportunidad de hacer fortuna en las minas de Ag de la Nueva España. Aprendió el arte de la fundición y durante este periodo de entrenamiento un metalurgista alemán, llamado Lorenzo, se le acercó sorprendido de que estuviera interesado en un proceso demasiado costoso como la fundición, cuando la Ag también podía ser purificada por amalgamación. La formación de aleaciones metálicas con mercurio (Hg) ya era conocida desde la antigüedad –hoy todavía se usa en Brasil en la recuperación de oro (Au) de los sedimentos del río Amazonas por algunas compañías y los «garimpeiros» (gambusinos).

A mediados del siglo XVI Alemania ocupaba el primer lugar en el desarrollo de nuevas técnicas en metalurgia y mineralogía. Este conocimiento técnico fue compilado en manuales desde 1550 hasta la publicación de *De re Metallica* en 1556, escrito por George Agrícola. Aquí se discute el minado, ensaye y purificación de metales con gran detalle técnico, aunque no se brinda una explicación para la formación del amalgama de HgAg [2]. Por lo tanto, parece probable que la maestría de Lorenzo representó el último conocimiento metalúrgico de su tiempo. Él instruyó a Medina dándole las siguientes indicaciones: «muele el mineral finamente, empápalo de salmuera concentrada, añade mercurio y mézclalo muy bien, repite el mezclado todos los días por varias semanas, cada día toma un pellizco de la pasta del mineral

formada y examina si el Hg es brillante y reluciente, con el tiempo se oscurecerá debido a la descomposición de los minerales de Ag por la sal (NaCl) hasta que la Ag forme una aleación con Hg, separa la amalgama pastosa del mineral lavándola con agua, caliéntala en una retorta y separa el Hg para obtener la Ag».

Bartolomé de Medina y Lorenzo viajaron más de 480 kilómetros de Sevilla a una mina de plata cerca de la costa portuguesa, para obtener muestras apropiadas que corroboraran el método. La mina del Río Tinto había sido explotada por los romanos 200 años antes para la extracción de oro, plata y cobre. Las pruebas fueron muy exitosas, tal como Lorenzo lo había predicho. A partir de ahí, decidieron implementar la amalgamación en la Nueva España como proceso a gran escala, por lo que solicitaron visas para viajar al Nuevo Mundo. Sin embargo, a Lorenzo le negaron la visa porque él no era ciudadano español y no reunía el requisito de residencia equivalente a una década.

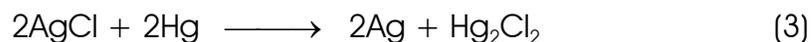
Cuando Bartolomé de Medina arribó a México lo hizo solo, tenía 50 años. A mediados de 1554 se trasladó a Pachuca, cuya riqueza en minas de plata, había sido denunciada apenas un año antes. Ahí construyó una «Hacienda de sacar plata por el beneficio de azogue» a la que llamó La Hacienda de Nuestra Señora de La Purísima Concepción, situada en las faldas del cerro de La Magdalena y a orillas del río de las Avenidas [3].

Reunió a todos los mineros de la región para que presenciaran una demostración de su invento. A pesar que durante varios días los esclavos mezclaron el mineral molido con sus pies, el mercurio permanecía brillante y lustroso. Después de semanas era evidente que la prueba había fallado y los mineros se sintieron engañados. Bartolomé de Medina había puesto todo su empeño en esa empresa, y tal parecía que estaba a punto de no conseguirla. Los meses pasaban y no se veía aún ningún resultado, su desesperación iba en aumento al no poder repetir la exitosa amalgamación que él y Lorenzo habían hecho en Río Tinto.

Finalmente, buscó ayuda espiritual: «me encomendé a Nuestra Señora y le supliqué me alumbrase y encaminase» –escribió en su diario. Prometiéndole compartir un cuarto de todos los beneficios para darlos en caridad en su nombre, se puso a trabajar sobre la idea de agregar otros compuestos químicos comunes junto con la sal. Luego de poco tiempo, su gozo fue muy grande al descubrir que al añadir *magistral* un mineral que contiene ambos metales (cobre y hierro) la amalgamación fue positiva [4].

Al parecer el logro de Bartolomé de Medina en Río Tinto se debió a la presencia de cobre (Cu) contenido en el mineral de plata. De hecho, el cobre y el hierro (Fe) son tan abundantes que el área en la cual corre el río está teñida de rojo, de ahí el nombre de tinto.

Los antiguos griegos sabían que la plata metálica pura o el cloruro de plata (AgCl) encontrado como el mineral clorargirita, formaba una amalgama con mercurio. Por el contrario, el mineral de sulfuro de plata (Ag<sub>2</sub>S) en las minas de Pachuca, Estado de Hidalgo, no contiene cobre, por esa razón el proceso de amalgamación estaba condenado a fracasar. Medina tropezó con un proceso hidrometalúrgico llamado lixiviación clorurante. En éste, los minerales de sulfuro son oxidados por una sal de cobre a sulfato en la presencia de iones cloruro, (reacción 1 y 2). Así, el cloruro de plata formado reacciona con mercurio para formar plata metálica (reacción 3), que posteriormente forma la amalgama con mercurio (reacción 4).



En el caso de Bartolomé de Medina, el AgCl fue apropiado para amalgamación por Hg, mientras que el catalizador cobre se reactivó por oxidación en aire libre, lo cual explica la necesidad de agitación continua del lodo en el patio. Sin cobre, el mineral de sulfuro no puede ser oxidado y, por consiguiente, el cloruro de plata no puede formarse, sin importar cuanta sal contenga la salmuera.

En 1555, el Virrey Luis de Velasco le otorgó la patente de creador a Bartolomé de Medina por el «Proceso de Patio» y lo facultó para cobrar regalías a quienes se beneficiaran con su invento, motivo que lo obligó a persuadir a los mineros para usarlo. A través de este invento obtuvo regalías desde 100 hasta 500 pesos por cada hacienda que empleara el «Proceso de Patio». Pronto se convirtió en el método predilecto de las minas de toda La Nueva España, logró contratos con 17 dueños de fundos mineros de Pachuca y con otros 107 de diferentes regiones del país. Fue así como pudo financiar el viaje de su familia para que se reuniera con él.

Hasta ese momento, la suerte de Bartolomé de Medina había funcionado; no obstante, su hijo murió mientras venía de España. Inicialmente, el «Proceso de Patio» sufrió de un abastecimiento irregular de mercurio, ya que adquirió gran importancia para la economía de la Corona Española, quien monopolizó su distribución. Se obtenía de las minas de Almadén, en la península Ibérica y de Huancavelica en Perú. La colección de derechos era muy difícil, pues determinadas regiones del país no reconocieron su patente, motivo por el cual algunos mineros simplemente se negaron a pagar.

Así, el 25% de su renta fue para la casa hogar de niñas huérfanas de Pachuca, en honor a su santa patrona. La Corona dedujo su *quinto*, una recaudación de un quinto de todos los beneficios ganados de oro o plata. Abrumado por los problemas financieros, el empresario envió varias peticiones al Rey Felipe II por recompensa o para un reconocimiento real de su lucrativa invención, pero sus súplicas no tuvieron éxito y Bartolomé de Medina murió pobre en Pachuca, Hidalgo, en el año de 1585. [3]

Durante los siguientes 200 años a su descubrimiento, el proceso fue continuamente reinventado, cada innovador reclamaba la gloria para sí mismo. Su última mejora apareció en el Estado de Virginia, Estados Unidos de Norteamérica, a finales de 1850, y se llamó el proceso «Washoe Pan Process». Las únicas diferencias de este proceso con el de Bartolomé de Medina fueron dos: en lugar de emplear un patio para la amalgamación se usaron grandes recipientes de fierro, y se sustituyó la agitación que hacían los esclavos por la mecánica.

Bartolomé de Medina nunca visualizó el impacto que tendría su invención en el mundo. El «Proceso de Patio» fue la fuente primaria de plata hasta alrededor de 1900, cuando fue sustituido por el proceso de cianuración. En ese tiempo ayudó a Europa a ser el centro económico del mundo. La forma rústica para recuperar el mercurio del proceso resultó en altos niveles de contaminación. De hecho, por cada kg de plata purificada se perdían alrededor de 2 kg de mercurio, la cantidad exacta variaba con la calidad del mineral de plata y el precio del cinabrio (HgS), fuente principal de mercurio. Cuando el precio del cinabrio era bajo el mercurio era liberado a la atmósfera o se le dejaba correr a los arroyos. En la actualidad, en Zacatecas los jales de la presa «el pedernalillo», situada a 10 Km al oriente de la ciudad, con las siguientes coordenadas: latitud norte 22°44'50" y longitud oeste 102°28'10" y su escurrimiento que comprende una área de 17 por 2 Km aproximadamente, conservan el mercurio, producto de la explotación minera de la época colonial, [5]. Al igual que otros lugares de México, los jales de las minas abandonadas poseen también cantidades significativas de mercurio lixiviado. Por último, se cree que los altos niveles de mercurio encontrados hoy en el medio ambiente son resultado directo de este proceso, especialmente en la antártica y en el medio ambiente marino del hemisferio sur [6].

## Agradecimientos

Deseo agradecer el apoyo recibido al Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Zacatecas, proyecto: ZAC-2003-C01-0015 y a la compañía beneficiadora Jales del Centro S.A. de C.V.

## Bibliografía

- [1] Milford, Homer E., «History of the Los Cerrillos Mining Area» New Mexico Abandoned Mine Land Bureau Reports 1994- 2 and 1996-1.
- [2] Agricola, G., *De Re Metallica*, 1556, Translated by H.C. Hoover and L. H. Hoover, Dover Publications, New York, 1950.
- [3] Archivo Histórico de la Ciudad de Pachuca, Hidalgo, «Algunos documentos nuevos sobre Bartolomé de Medina». Archivo Histórico del Museo de Minería de la Ciudad de Pachuca, Hidalgo, México.
- [4] Modesto Bargalló, *La química Inorgánica y el Beneficio de los Metales en el México Prehispánico y Colonial*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1966.
- [5] SEMARNAT Delegación Federal en el Estado de Zacatecas, «Plan de acción de la presa la zacatecana para la contención de metales pesados», 2002.
- [6] Nriagu, Jerome O. «Legacy of Mercury Pollution», *Nature*, 1993, 363, 589.