

Volumen Especial - Julio/Septiembre 2016

# REVISTA INCLUSIONES

REVISTA DE HUMANIDADES  
Y CIENCIAS SOCIALES

ISSN 0719-4706

*Homenaje a  
Luiz Alberto David Araujo*

MIEMBRO DE HONOR COMITE INTERNACIONAL  
REVISTA INCLUSIONES



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS  
CAMPUS SANTIAGO

## CUERPO DIRECTIVO

### Directora

**Mg. Viviana Vrsalovic Henríquez**  
*Universidad de Los Lagos, Chile*

### Subdirectora

**Lic. Débora Gálvez Fuentes**  
*Universidad de Los Lagos, Chile*

### Editor

**Drdo. Juan Guillermo Estay Sepúlveda**  
*Universidad de Los Lagos, Chile*

### Secretario Ejecutivo y Enlace Investigativo

**Héctor Garate Wamparo**  
*Universidad de Los Lagos, Chile*

## Cuerpo Asistente

### Traductora: Inglés – Francés

**Lic. Ilia Zamora Peña**  
*Asesorías 221 B, Chile*

### Traductora: Portugués

**Lic. Elaine Cristina Pereira Menegón**  
*Asesorías 221 B, Chile*

### Diagramación / Documentación

**Lic. Carolina Cabezas Cáceres**  
*Asesorías 221 B, Chile*

### Portada

**Sr. Felipe Maximiliano Estay Guerrero**  
*Asesorías 221 B, Chile*

## COMITÉ EDITORIAL

### Mg. Carolina Aroca Toloza

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

### Dr. Jaime Bassa Mercado

*Universidad de Valparaíso, Chile*

### Dra. Heloísa Bellotto

*Universidad de San Pablo, Brasil*

### Dra. Nidia Burgos

*Universidad Nacional del Sur, Argentina*

### Mg. María Eugenia Campos

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

### Dr. Lancelot Cowie

*Universidad West Indies, Trinidad y Tobago*

### Lic. Juan Donayre Córdova

*Universidad Alas Peruanas, Perú*

### Dr. Gerardo Echeita Sarrionandia

*Universidad Autónoma de Madrid, España*

### Dr. José Manuel González Freire

*Universidad de Colima, México*

### Mg. Keri González

*Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México*

### Dr. Pablo Guadarrama González

*Universidad Central de Las Villas, Cuba*

### Mg. Amelia Herrera Lavanchy

*Universidad de La Serena, Chile*

### Dr. Aleksandar Ivanov Katrandzhiev

*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Mg. Cecilia Jofré Muñoz**

*Universidad San Sebastián, Chile*

**Mg. Mario Lagomarsino Montoya**

*Universidad de Valparaíso, Chile*

**Dr. Claudio Llanos Reyes**

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

**Dr. Werner Mackenbach**

*Universidad de Potsdam, Alemania*

*Universidad de Costa Rica, Costa Rica*

**Ph. D. Natalia Milanesio**

*Universidad de Houston, Estados Unidos*

**Dra. Patricia Virginia Moggia Münchmeyer**

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

**Ph. D. Maritza Montero**

*Universidad Central de Venezuela, Venezuela*

**Mg. Julieta Ogaz Sotomayor**

*Universidad de Los Andes, Chile*

**Mg. Liliana Patiño**

*Archiveros Red Social, Argentina*

**Dra. Eleonora Pencheva**

*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Dra. Rosa María Regueiro Ferreira**

*Universidad de La Coruña, España*

**Mg. David Ruete Zúñiga**

*Universidad Nacional Andrés Bello, Chile*

**Dr. Andrés Saavedra Barahona**

*Universidad San Clemente de Ojrid de Sofía, Bulgaria*

**Dr. Efraín Sánchez Cabra**

*Academia Colombiana de Historia, Colombia*

**Dra. Mirka Seitz**

*Universidad del Salvador, Argentina*

**Lic. Rebeca Yáñez Fuentes**

*Universidad de la Santísima Concepción, Chile*

## **COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL**

### **Comité Científico Internacional de Honor**

**Dr. Carlos Antonio Aguirre Rojas**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Luiz Alberto David Araujo**

*Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil*

**Dra. Patricia Brogna**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Horacio Capel Sáez**

*Universidad de Barcelona, España*

**Dra. Isabel Cruz Ovalle de Amenabar**

*Universidad de Los Andes, Chile*

**Dr. Adolfo Omar Cueto**

*Universidad Nacional de Cuyo, Argentina*

**Dra. Emma de Ramón Acevedo**

*Universidad de Chile, Chile*

**Dra. Patricia Galeana**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Carlo Ginzburg Ginzburg**

*Scuola Normale Superiore de Pisa, Italia*

*Universidad de California Los Ángeles, Estados Unidos*

**Dra. Antonia Heredia Herrera**

*Universidad Internacional de Andalucía, España*

**Dra. Blanca Estela Zardel Jacobo**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Miguel León-Portilla**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Antonio Carlos Pereira Menaut**

*Universidad Santiago de Compostela, España*

**Dr. Miguel Rojas Mix**

*Coordinador la Cumbre de Rectores Universidades  
Estatales América Latina y el Caribe*

**Dr. Luis Alberto Romero**

*CONICET / Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Dr. Adalberto Santana Hernández**

*Universidad Nacional Autónoma de México,  
México  
Director Revista Cuadernos Americanos, México*

**Dr. Juan Antonio Seda**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Dr. Miguel Ángel Verdugo Alonso**

*Universidad de Salamanca, España*

**Dr. Eugenio Raúl Zaffaroni**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Comité Científico Internacional**

**Ph. D. María José Aguilar Idañez**

*Universidad Castilla-La Mancha, España*

**Mg. Elian Araujo**

*Universidad de Mackenzie, Brasil*

**Mg. Romyana Atanasova Popova**

*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Dr. Iván Balic Norambuena**

*Universidad Nacional Andrés Bello, Chile  
Universidad de Los Lagos, Chile*

**Dra. Ana Bénard da Costa**

*Instituto Universitario de Lisboa, Portugal  
Centro de Estudios Africanos, Portugal*

**Dr. Manuel Alves da Rocha**

*Universidad Católica de Angola, Angola*

**Dra. Alina Bestard Revilla**

*Universidad de Ciencias de la Cultura Física y  
el Deporte, Cuba*

**Dra. Noemí Brenta**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Ph. D. Juan R. Coca**

*Universidad de Valladolid, España*

**Dr. Antonio Colomer Vialdel**

*Universidad Politécnica de Valencia, España*

**Dr. Christian Daniel Cwik**

*Universidad de Colonia, Alemania*

**Dr. Carlos Tulio da Silva Medeiros**

*Instituto Federal Sul-rio-grandense, Brasil*

**Dr. Eric de Léséulec**

*INS HEA, Francia*

**Dr. Miguel Ángel de Marco**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina  
Universidad del Salvador, Argentina*

**Dr. Andrés Di Masso Tarditti**

*Universidad de Barcelona, España*

**Dr. Sergio Diez de Medina Roldán**

*Universidad Nacional Andrés Bello, Chile  
Universidad de Los Lagos, Chile*

**Ph. D. Mauricio Dimant**

*Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel*

**Dr. Jorge Enrique Elías Caro**

*Universidad de Magdalena, Colombia*

**Dra. Claudia Lorena Fonseca**

*Universidad Federal de Pelotas, Brasil*

**Dr. Francisco Luis Giraldo Gutiérrez**

*Instituto Tecnológico Metropolitano,  
Colombia*

**Dra. Carmen González y González de Mesa**  
*Universidad de Oviedo, España*

**Dra. Andrea Minte Münzenmayer**  
*Universidad de Bio Bio, Chile*

**Mg. Luis Oporto Ordóñez**  
*Universidad Mayor San Andrés, Bolivia*

**Dr. Patricio Quiroga**  
*Universidad de Valparaíso, Chile*

**Dr. Juan Carlos Ríos Quezada**  
*Universidad Nacional Andrés Bello, Chile*  
*Universidad de Los Lagos, Chile*

**Dr. Gino Ríos Patio**  
*Universidad de San Martín de Porres, Per*

**Dr. Carlos Manuel Rodríguez Arrechavaleta**  
*Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México*

**Mg. Arnaldo Rodríguez Espinoza**  
*Universidad Estatal a Distancia UNED, Costa Rica*

**Dra. Vivian Romeu**  
*Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México*

**Dra. María Laura Salinas**  
*Universidad Nacional del Nordeste, Argentina*

**Dr. Stefano Santasilia**  
*Universidad della Calabria, Italia*

**Dra. Jaqueline Vassallo**  
*Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*

**Dr. Evandro Viera Ouriques**  
*Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil*

**Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez**  
*Universidad de Jaén, España*

**Dra. Maja Zawierzeniec**  
*Universidad de Varsovia, Polonia*

Asesoría Ciencia Aplicada y Tecnológica:  
**CEPU – ICAT**

Centro de Estudios y Perfeccionamiento  
Universitario en Investigación  
de Ciencia Aplicada y Tecnológica  
Santiago – Chile

## Indización

Revista Inclusiones, se encuentra indizada en:



Information Matrix for the Analysis of Journals



**FRANZ SCHMITZ Y SU HORNO DE FUEGO  
PARA EL BENEFICIO DE LA PLATA EN ANGANGUEO, MÉXICO**

**FRANZ SCHMITZ AND HIS FIRE OVEN FOR THE BENEFIT OF SILVER IN ANGANGUEO, MÉXICO**

**Dr. José Alfredo Uribe Salas**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México  
jausalas@gmail.com

**Fecha de Recepción:** 05 de junio de 2016 – **Fecha de Aceptación:** 23 de junio de 2016

**Resumen**

Entre finales del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX se experimentó en la minería latinoamericana diferentes propuestas y modelos metalúrgicos, para eficientar los procesos químico-mecánicos de beneficio y rentabilizar su explotación. Este fenómeno forma parte de la onda expansiva de la Revolución Industrial europea, que aceleró la movilidad de expertos en las artes de las ciencias y la circulación de conocimientos técnico-científicos. Pero tanto la experiencia humana como el conocimiento que llegaron de afuera, tuvieron que aclimatarse a las nuevas realidades, en un dilatado proceso de negociación con los actores y saberes locales.

**Palabras Claves**

Metalurgia – Hornos de fuego – Mineral de Angangueo – México

**Abstract**

Between the late eighteenth century and the first half of the nineteenth century was experienced in Latin American mining and metallurgical models, different proposals to streamline the chemical -mechanical beneficiation processes and make their businesses profitable. This phenomenon is part of the shock wave of European Industrial Revolution, which accelerated the mobility of experts in the arts of science and circulation of technical -scientific knowledge. But both human experience and the knowledge that came from outside, had to acclimate to the new realities, in a lengthy process of negotiation with local actors and knowledge.

**Keywords**

Metallurgical – Fire ovens – Angangueo's minerals – Mexico

## Introducción

En Nueva España se utilizaron desde el siglo XVI dos métodos de beneficio para la plata: el “beneficio por fundición” o por copelación, ampliamente utilizado en Europa, y el de “beneficio por amalgamación”, también llamado de patio.<sup>1</sup> En la transición del siglo XVIII al XIX “se desarrollaron las técnicas de transformación metalúrgica por fundición, con sus respectivas adaptaciones, traídas del viejo continente, que utilizaron una variedad de hornos, que a base de temperaturas elevadas permitían la licuefacción de los elementos en las menas. Este procedimiento incluía la habilitación de un espacio arquitectónico con ciertas especificaciones técnicas, impuestas en varios tratados escritos previamente en Europa, que a base de una combustión continua, permitiera el cambio de estado de la materia (sólido a líquido) y posibilitara así su copelación”.<sup>2</sup>

En el mineral novohispano de Angangueo, ubicado en el centro del territorio de Nueva España, el método de beneficio principal fue el de patio, pero también se hacían ensayos por fundición a pequeña escala hasta que llegaron los ingenieros y técnicos alemanes al lugar, en la tercera década del siglo XIX, y generalizaron su uso y aplicación. Como otros minerales del centro y norte de la Nueva España, Angangueo se caracterizó desde su comienzo por la diversidad de población en cuanto a procedencia, origen social, grupo étnico y oficio. Después de la independencia de México, los flujos humanos de diferentes latitudes hacia este centro minero se acrecentó. A la presencia de europeos españoles se sumaron alemanes, ingleses, franceses, italianos, estadounidenses, entre otros, contratados en un comienzo por las autoridades del Real Consulado de Minería y después de 1823 por las empresas mineras de sus respectivos países de origen que iniciaron sus operaciones en la región.<sup>3</sup>

Los técnicos e ingenieros de minas alemanes<sup>4</sup> llegaron a éste Real de Minas entre 1789 y 1830, y harían del mineral de Angangueo uno de sus centros de operación. En Angangueo coincidieron de manera armoniosa los métodos de beneficio de patio y fundición, que fueron utilizados según la naturaleza, composición y ley del mineral extraído. Los exponentes principales de los procesos de beneficio fueron germanos, algunos traídos por Fausto de Elhuyar en 1788 y otros contratados por la Compañía Alemana de Minas (1824-1838). Su temprana intervención teórico-práctica en el beneficio de plata, haría de

<sup>1</sup> Alonso Barba Álvaro, *Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por azogue, el modo de fundirlo y cómo se han de apartar unos de otros* (Madrid: Oficina de la Viuda de Manuel Fernández, 1639). Edición facsimilar (Valladolid: Maxtor, 2003); Modesto Bargalló, *La amalgamación de los minerales de plata en Hispanoamérica colonial* (México: Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, 1969); Manuel Castillo Martos, Bartolomé de Medina y el siglo XVI. Un sevillano lleva la revolución tecnológica a América (Sevilla: Ayuntamiento de Sevilla, Delegación de Educación, 2001).

<sup>2</sup> A. Monroy Braham, “Los hornos en el beneficio de los metales en la Nueva España, siglos XVI-XVIII”, *Gremium. Revista de Restauración Arquitectónica*, vol. 2, núm. 3, enero-julio, (2015): 51-52.

<sup>3</sup> Guadalupe Carreño, *Angangueo, un pueblo que se negó a morir* (Morelia: Impulsora Minera de Angangueo, 1983).

<sup>4</sup> Omar Escamilla González, “Un metalurgista germano en Guanajuato y Michoacán: las cartas de Franz Ficher (ca.1757-ca.1814 a Ignaz von Born (1789-1790)”, *Boletín del Archivo General de la Nación, México*, No. 19, (2008) 90-120; Brígida Von Mentz, “Tecnología minera alemana durante la primera mitad del siglo XIX”, *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, vol. VIII, México, Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM, (1980) 85-95. Brígida von Mentz analiza con cuidado la experiencia de los mineralogistas alemanes en el beneficio de minerales plomosos en los distritos mineros de Sajonia, Harz y Sieger, y los adelantos tecnológicos alemanes que se utilizaban en el beneficio de la plata en la región húngara de Schemnitz a finales del siglo XVIII.



ese asiento de minas un campo experimental de conocimientos, técnicas y tecnologías en la transición del siglo XVIII al siglo XIX. El trabajo experimental en el laboreo de las minas como en el beneficio de los metales, facilitó el tratamiento de minerales “rebeldes”, propios de la estructura geológico-minera de la región, y aseguró una producción eficiente de plata de buena calidad para fines comerciales y ornamentales.

La experimentación técnica con otros sistemas de beneficio distintos al de amalgamación por azogue, se debió no solo a los periodos cíclicos de escasez o altos precios. Habrá que recordar el papel que jugó la Corona, con las reformas borbónicas, en la implementación de normas e incentivos para estimular el descubrimiento y explotación de yacimientos de azogue y la innovación tecnológica en el procesamiento metalúrgico de las menas. Esos elementos eran estratégicos para mantener a la economía del virreinato a flote. En un principio, la Corona tenía reservado la facultad de trabajar las minas de azogue por su cuenta; esta circunstancia, es decir, el derecho del Soberano al monopolio del mercurio contemplado en el artículo 22 del Título VI de las Ordenanzas de Minería,<sup>5</sup> sería derogado el 26 de enero de 1811 por las Cortes Generales, poniéndolas no sólo en las mismas circunstancias que las de oro, plata y demás metales, sino que ofrecieron premios pecuniarios a los descubridores de estas minas,<sup>6</sup> y “con fecha de 2 de febrero ratificaron la concesión de estos premios, extendiéndola a los Químicos y Mineralogistas de la Europa, que descubrieran o inventaran el modo de beneficiar los metales con menor cantidad, es decir, con más baja ley, y la menor posible pérdida de azogue”.<sup>7</sup>

Los mineralogistas y metalúrgicos alemanes se beneficiaron de los conocimientos y experiencias europeas y de las nuevas disposiciones y estímulos promovidos por las autoridades coloniales para rentabilizar la industria minera novohispana. Ambos elementos fueron sincronizados y utilizados para criticar el sistema de patio por lento y costoso, y poco apropiado para los minerales de la región. En cambio propusieron e impulsaron el de fundición como el más adecuado y económico, que adaptaron y construyeron en un proceso de negociación con los actores locales. El proceso metalúrgico por fundición demandaba conocimientos y pericia en la construcción de los hornos y en el proceso de copelación.

### **El beneficio por fuego de Franz Schmitz**

Los técnicos e ingenieros alemanes al servicio de la Compañía Alemana de Minas, ensayaron mejoras a las técnicas de fundición que ya se aplicaban en otros minerales del país y del extranjero. El más importante de todos fue el que experimentó y puso en práctica Franz o Diego Schmitz, como se le conoció en México, quien fue contratado por la empresa alemana y nombrado director de la hacienda de beneficio de plata de Trojes, en el año de 1827. Al

<sup>5</sup> María del Refugio González (editor), Ordenanzas de la Minería de la Nueva España formadas y propuestas por su Real Tribunal (México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México, 1996).

<sup>6</sup> Archivo del Congreso de los Diputados, Decreto XXVI. Libertad del comercio del azogue. Firmado por Antonio Joaquín Pérez, presidente, y José Aznárez y Vicente Tomás Traver, secretarios, en la Real Isla de León el 26 de enero de 1811.

<sup>7</sup> Colección de los decretos y ordenes de las Cortes de España, que se reputan vigentes en la República de los Estados-Unidos Mexicanos (México: Imprenta de Galván a cargo de Mariano Arévalo, 1829) 7-9; Santiago Ramírez, Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación (México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1884), 88-89; Eduardo Flores Clair, “Los progresos de la fundición de metales argentíferos en la minería novohispana del siglo XVIII”, Dimensiones Antropológicas, México, año 13, vol. 36, (2006) 45-50.

frente de esa unidad metalúrgica, se dedicó a perfeccionar en 1828 el método de fundir el mineral, por lo general con plomo, en un horno de flama viva, logrando reducir los gastos del beneficio. Diez años después, F. Schuchardt, experto alemán en asuntos mineros, afirmaba que este sistema daba excelentes resultados pues el costo de beneficio ascendía únicamente a 34% del valor de la planta producida, mientras que por el de amalgamación por patio era de 46.25%.<sup>8</sup>

El ingeniero Schmitz, había estudiado en la afamada Academia de Minas de Freiberg, en donde aprendió los secretos de la física, las matemáticas, la química, la geometría subterránea y el arte de los metales.

Los conocimientos le serían de gran provecho en su encomienda como administrador de las haciendas de beneficio en el mineral de Angangueo. La Compañía Alemana de Minas lo había contratado para resolver un problema de naturaleza económica, que tenía que ver con los costos/beneficios del proceso de beneficio de la plata.

Sin embargo, y no obstante ser estrictamente un problema económico, que afectaba a la mayoría de las minas de origen colonial, y que el asunto de los costos se había tornado, en el nuevo escenario internacional, en una pieza clave de la rentabilidad empresarial, estaba claro que ese asunto no se podía resolver apelando única y exclusivamente a una mejor administración de las tradiciones y antiguas prácticas en el beneficio de los metales.

Hacía falta la incorporación de personal capacitado, con conocimientos en las ciencias de los metales y experiencia en los nuevos procesos industriales. Sin embargo, esto sólo sería posible en un dilatado proceso de negociación con los actores locales, y la hibridización de conocimiento y experiencia de ambos mundos.

Ya en funciones Schmitz, si bien se encargó de la administración de las haciendas de beneficio denominadas San Juan y San Cayetano, lugar en el que se llevaba a cabo el proceso de separación de la plata por azogue, inició sus investigaciones explorando las minas llamadas Nuestra Señora del Carmen, la Purísima Concepción y la Valenciana, de donde provenían el mineral, apoyado en la experiencia de los mineros prácticos.

El primer ejercicio que llevaron a cabo fue el reconocer la estructura geológica de los yacimientos minerales de la región, la naturaleza y composición mineralógica de las sustancias que lo integraban y el ensaye de su ley correspondiente. Los estudios realizados por Schmitz, que plasmo en una larga Memoria, sin dar crédito a los saberes locales, arrojaron los siguientes resultados, que se resumen en los cuadros 1 y 2.

---

<sup>8</sup> Brígida Von Mentz, "Tecnología minera alemana... 93.

Franz Schmitz y su horno de fuego para el beneficio de la plata en Angangueo, México pág. 65

| Nuestra Señora del Carmen   | Ley                                    | Purísima Concepción | Ley                                    |
|---|--|---------------------|--|
| Pepena  | Ley de 4 ½ onzas de plata por quintal. | Sorroche apretado   | Ley de 3 ¼ onzas de plata por quintal  |
| Acerado apretado  | Ley de 4 ½ onzas de plata por quintal  | Sorroche común      | Ley de 1 ½ onzas de plata por quintal  |
| Acerado despoblado  | Ley de 4 ½ onzas de plata por quintal  | Medio plomo         | Ley de 3 ¾ onzas de plata por quintal  |
| Sorroche apretado   | Ley de 2 ½ Onzas de plata por quintal  | Tierras de Sorroche | Ley de 1 ½ onzas de plata por quintal  |
| Sorroche despoblado   | Ley de 2 onzas por quintal             | Tierras de plomo    | Ley con 2 ½ onzas de plata por quintal |
| Sorroche común  | Ley de 2 onzas de plata por quintal    |                     |  |
| Tierra de los mismos minerales (recogida de las labores de las minas) | Ley de 1 ½ onza de plata por quintal   |                     |  |
| Medio plomo   |  |                     |  |

Cuadro 1

Comparativo de compuestos y ley de los materiales extraídos de la mina Nuestra Señora del Carmen y la Purísima  
Fuente: Elaboración propia.

| Minas                     | Tipo de mineral   | Compuestos  | Ley  |
|---------------------------|---|---|--|
| Nuestra Señora del Carmen | Pepena  | Una mezcla de pirita de arsénico, fierro y blenda, con plata nativa. <sup>9</sup> | Ley media era de 4 1/2 onzas de plata por quintal. |
|                           | Acerado apretado  | Pirita de arsénico  | Ley de plata de 4 1/2 onzas por quintal            |
|                           | Acerado despoblado  | Piritas de arsénico con blenda  | Ley de plata de 4 1/2 onzas por quintal            |
|                           | Sorroche apretado   | Piritas de fierro   | Ley de 2 1/2 onzas por quintal                     |
|                           | Sorroche despoblado   | Piritas de fierro con pocas piritas de arsénico                                   | Ley de 2 onzas por quintal                         |
|                           | Sorroche común  | Piritas de fierro con blenda, arsénico, fierro, plata nativa                      | Ley de 2 onzas por quintal                         |
|                           | Tierra de los mismos minerales (recogida de las labores de las minas) |   | Ley de 1 1/2 onza por quintal                      |
|                           | Medio plomo   | Pirita de galena. <sup>10</sup>   |  |

Cuadro 2

Compuestos y ley de los materiales extraídos de la mina Nuestra Señora del Carmen  
Fuente: Elaboración propia.

<sup>9</sup> Las piritas de arsénico o el arsénico sulfúrico se componían de 42% de arsénico; 22% de azufre; 36% de fierro.

<sup>10</sup> La galena o plomo sulfureo es una composición de 85% de plomo y 15% de azufre.

Al estudiar la estructura geológico-minera en donde armaba las vetas de las minas de Nuestra señora del Carmen y la Purísima, llegó a la conclusión de que la matriz de la primera se componía principalmente de cuarzo, blenda y porfido; y la segunda de porfido descompuesto, cuarzo y espato caliza (carbonato de cal). El siguiente paso fue hacer los estudios mineralógicos y el ensaye de ley correspondiente, para concluir que “la ley de estos minerales ha sido averiguada por un gran número de ensayes... hasta conocer su ley mediana”. Y agregaba: “Sin este conocimiento nunca se puede conocer las pérdidas efectivas de estos metales y los gastos verdaderos que llevan los beneficios de los minerales, tanto en la fundición como en la amalgamación, y por consiguiente no se podrá tampoco remediar a estas pérdidas y a los defectos que las causan”.<sup>11</sup>

Schmitz dejaba en claro la importancia que tenían los estudios geológico-mineros para conocer la estructura en donde armaban la matriz de las vetas que se explotaban, que aún cuando pertenecieran a una misma estructura geológica, la composición de las sustancias mineralizadas variaban de una mina a otra en calidad, cantidad y ley. Con ese nivel de información y conocimiento, se podía planear de mejor manera en cual mina concentrar la extracción del mineral, el derrotero y orientación de socavones y tiros que se abrían; determinar con mayor precisión y éxito los frentes de tumba del mineral por su composición, volumen y ley; y adoptar el sistema de beneficio más adecuado para extraer el máximo de plata, o que etapas del proceso de beneficio deberían ser objeto de mejoras o innovaciones técnicas; cuantificar los costos de explotación, incluso el volumen de plata y las ganancias netas, al final del proceso, con la finalidad de incrementar la productividad, y por lo tanto las ganancias y utilidades. La información que arrojaron los estudios, representaría una herramienta fundamental para administrar la explotación del territorio bajo usufructo de la empresa minera. La segunda etapa que desarrolló Schmitz en Angangueo fue atender el problema central que preocupaba a los inversionistas alemanes, esto es, ensayar otros métodos de beneficio más adecuados y acorde con la naturaleza y composición de las menas. Cabe recordar de las críticas que los alemanes realizaron al sistema de beneficio por azogue; la más fuerte refería a que a través del proceso de beneficio por amalgamación se perdía en Angangueo, y en la mayoría de las minas de México, más de un 35% de plata. Schmitz anexa en su informe varios concentrados de pérdida de plata por el sistema de amalgamación que tenían lugar en otras minas en el país. Y aseguraba que en todos los casos, los resultados se basaban en ensayes rigurosos: Los ensayes que demuestran esta pérdida de plata en los minerales beneficiados (por azogue), se hicieron con el mayor cuidado en cada torta, tomando un poco del polvo mineral de todas partes de la torta, y después de haber bien mezclado todo ese polvo se hicieron con él dos ensayes por la mufla y estos ensayes siempre se han repetido cuando difieren en su ley de plata hasta que esta era exactamente igual en los dos ensayes.<sup>12</sup> Como alternativa al método de amalgamación por azogue, los alemanes construyeron hornos de fundición por fuego. En el periodo en que permanencia Schmitz en Angangueo, el espacio productivo se modificaría notablemente con el diseño, construcción y distribución de una nueva arquitectura para los fines indicados: se erigieron en las haciendas de beneficio de San Juan y San Cayetano cuatro hornos de fundición, un horno de reverbero para la copelación, otro para la refinación de la plata y “para hacer la plata”, es decir, para hacer las barras, dos

---

<sup>11</sup> Franz Schmitz, “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio por fuego de los minerales de plata en Angangueo, por Diego Schmitz director de los establecimientos de fundición de la Compañía Alemana”, Registro Trimestre. Colección de Memorias de Historia, Literatura, Ciencia y Artes, México: Tomo I, No. 1, (1832): 155-156.

<sup>12</sup> Franz Schmitz, “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio por fuego de los minerales de plata... 191-192.

arrastras, una de agua y la otra de caballos para moler el carbón para cisco<sup>13</sup> en la construcción de los hornos, una galera grande para quemar los diversos minerales y fierro que producía la fundición.<sup>14</sup> En la Memoria, Schmitz describe de manera minuciosa las características físicas de los hornos de fundición, sus materiales, altura, longitud de sus partes, y la función que cada una de ellas tenía en el proceso de fundición por fuego, “reservándome para otra ocasión de dar también la descripción de los hornos para la copelación y la afinación y de las operaciones que en ellas se hace”.<sup>15</sup> Pero hace saber que las dimensiones en la construcción y disposición de los hornos dependía en gran parte de las circunstancias locales, de la calidad de carbón, y principalmente de la cantidad de agua disponible para producir el soplo, de manera que los hornos podían hacerse más grandes y producir más cuando hay suficiente sople, y en el caso contrario su tamaño y dimensión debía disminuir.

“En Angangueo –dice Schmitz— se usa principalmente para combustible en la fundición, el carbón hecho de palo nuevo de encino. Para el soplo hay una bomba de agua con chiflón para cada horno; estos chiflones tienen 9 varas de alto. Su boca superior tiene 13 dedos, y la boca inferior 8 dedos de ancho. La cantidad de agua es de cerca de 5 varas cúbicas o 104 pies cúbicos ingleses por minuto. Finalmente, debo añadir que en estos hornos cuya construcción está fundada sobre mis experiencias de muchos años, se funde ahora en Angangueo 10 o 12 semanas sin interrupción, una circunstancia que no poco contribuye a la economía de los gastos en este beneficio”.<sup>16</sup>

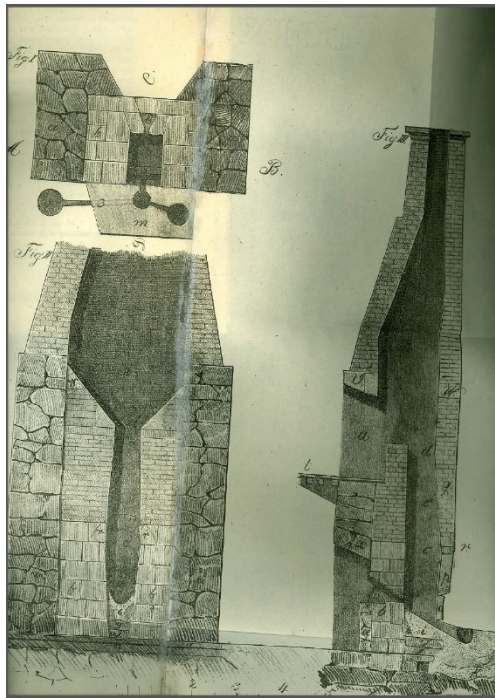


Figura 1

Litografía: Diseño y arquitectura de los hornos de fundición  
construidos en el mineral de Angangueo

<sup>13</sup> Con el nombre de Cisco se definía en el mineral de Angangueo una masa compuesta de 8 a 9 partes de barro quemado, y de 11 a 12 partes de carbón. Franz Schmitz, “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio por fuego de los minerales de plata, (1832): 123.

<sup>14</sup> Franz Schmitz, “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio por fuego de los minerales de plata...156-157.

<sup>15</sup> Franz Schmitz, “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio por fuego de los minerales de plata...155-157.

<sup>16</sup> Franz Schmitz, “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio por fuego de los minerales de plata...160.

La Figura 1, representa la sección horizontal del horno en el nivel del alcriviz. Figura II. Es la sección vertical del horno por la línea A. B. Figura III. La sección vertical por la línea C. D. En estas tres secciones, las partes de que se compone el horno van marcadas con las mismas letras, y las dimensiones corresponden á la escala.

Diego Schmitz dibujo los perfiles del horno de fundición y éste fue reproducido en litografía por Registro Trimestre, uno de los escasos periódicos científicos y literarios de la década de los años treinta, bajo el patrocinio, no de particulares sino del ministro de Relaciones Exteriores. La litografía ilustra su artículo. Esta litografía se refiere también a una innovación que cae dentro del rubro científico, pues trata sobre los descubrimientos del beneficio al fuego de los minerales de plata de Angangueo hechos por el ingeniero Schmitz, director del establecimiento de la compañía alemana de ese lugar.

Para entender lo innovador de esta propuesta, es preciso recordar que el beneficio de los minerales de plata se hacía hasta entonces por medio del azogue. Con la finalidad de explicar con mayor claridad y rigor su procedimiento, Schmitz ilustró su artículo con los dibujos de los hornos de fundición tanto en su sección horizontal, como en su sección vertical. Seguramente para tan loables trabajos que fomentaban la industria nacional, el ministro de Relaciones Exteriores prestaba gustoso las prensas litográficas de la Academia.<sup>17</sup>

### **Minerales y proceso de fundición**

A partir de los estudios realizados por ese ingeniero de minas, los materiales extraídos de las diversa minas de Angangueo comenzaron a dividirse y agrupar en dos clases según la ley de plata previamente ensayada; y en función de ello, se congregaban en los patios de fundición para ser beneficiados por crudo o concentrado o por plomo. La primera clase, con ley de 1 ½ hasta 3 onzas de plata por quintal, se beneficiaba por el sistema de beneficio crudo o de concentración antes de extraerse la plata por plomo; la segunda clase, con ley de 3 onzas o más entraban en el proceso de beneficio por plomo.

Para Diego Schmitz “la experiencia debe enseñar cuales minerales han de entrar en el beneficio crudo, y cuales dan mejor cuenta en beneficiándolos luego por plomo, lo que siempre depende de las circunstancias locales, de los precios de materiales para la fundición, y de la mistura de los minerales”.<sup>18</sup>

Este procedimiento de separación del mineral extraído según su composición y ley, representaría una primera innovación organizacional para cuantificar los volúmenes de insumos requeridos para su beneficio, sus costos, ganancias y utilidades netas.

---

<sup>17</sup> A. Aguilar Ochoa, “Los inicios de la litografía en México: el periodo oscuro (1827-1837)”, Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas, No. 90, México, UNAM, (2007): 80-81.

<sup>18</sup> Franz Schmitz, “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio por fuego de los minerales de plata... 162.

| Conceptos                           | Beneficiados por crudo o concentrado   | Beneficio por plomo  |
|-------------------------------------|--|--|
| <p>Revoltura para el beneficio</p>  | <p>De 40 a 45 quintales de minerales quemados;<br/>De 60 a 70 quintales de grasas;<br/>De 40 a 45 quintales de mineral quemado;<br/>De 60 a 70 quintales de grasas;<br/>De 4 a 7 quintales de pizarra.</p>   | <p>30 quintales de minerales quemados una vez.<br/>De 9 idem de greta.<br/>De 50 idem de grasas del beneficio crudo.<br/>Ahora se está fundiendo con una revoltura<br/>De 30 quintales de minerales quemados dos veces.<br/>De 15 idem de greta.<br/>De 60 idem de grasas del beneficio crudo.</p>   |
| <p>Objeto del beneficio</p>         | <p>En Angangueo donde 11 arrobas de carbón cuestan 1 peso y la carga de greta 20 pesos, me ha probado la experiencia que los minerales que tienen una ley de 3 onzas por quintal para arriba, se benefician mejor por plomo sin concentrarlos antes.</p>           | <p>Los minerales que entraron hasta ahora en el beneficio por plomo eran de la mina del Carmen, porque el sorroche apretado de la mina de la Purísima, todavía se beneficia por azogue. La ley de la revoltura de minerales era de 4½ onzas de plata por quintal, y cuando los minerales se quemaron una vez y que se fundieron con 30 por 100 de greta, entonces la producción en 100 quintales del mineral fundido, era de cerca de 19 quintales de plomo con 2 marcos ½ onza de plata por quintal, y 27 quintales de fierros con 5 onzas de plata por quintal. Pero ahora con dos quemas del mineral y con 50 por 100 de ligas de greta y cendrada, se producen en 100 quintales del mineral fundido 32 quintales de plomo con una ley de 1 marco 5 onzas de plata por quintal, y 5½ quintales de fierros a 6 onzas de plata por quintal.</p> |
| <p>Ley de plata de la revoltura</p> | <p>La ley de plata de las revolturas de minerales para el beneficio crudo, no pasa de 2 onzas por quintal, y el producto de esta fundición suele ser de 30 hasta 35 por 100 de fierros crudos (rohstein), con una ley de plata de 5 hasta 6 onzas por quintal.</p> | <p>Los minerales que entraron hasta ahora en el beneficio por plomo eran de la mina del Carmen, porque el sorroche apretado de la mina de la Purísima, todavía se beneficia por azogue. La ley de la revoltura de minerales era de 4½ onzas de plata por quintal, y cuando los minerales se quemaron una vez y que se fundieron con 30 por 100 de greta, entonces la producción en 100 quintales del mineral fundido, era de cerca de 19 quintales de plomo con 2 marcos ½ onza de plata por quintal, y 27 quintales de fierros con 5 onzas de plata por quintal. Pero ahora con dos quemas del mineral y con 50 por 100 de ligas de greta y cendrada, se producen en 100 quintales del mineral fundido 32 quintales de plomo con una ley de 1 marco 5 onzas de plata por quintal, y 5½ quintales de fierros a 6 onzas de plata por quintal.</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Consumo de carbón                           | El consumo de carbón es de 2 a 2½ pies cúbicos de carbón de encino o 3 a 3½ pies cúbicos de carbón de pino para fundir un quintal del mineral, lo que corresponde en peso de 24 a 30 libras de carbón de encino, y de 30 a 35 libras de pino | El consumo de carbón en este beneficio para fundir un quintal del mineral, es de 2½ pies cúbicos ó 30 libras de carbón de encino, se ha experimentado que el carbón de encino produce mas plomo en esta fundición que el de pino por ser mas compacto que este   |
| Cantidad fundida o producción en doce horas | En 12 horas se funden de 20 a 24 quintales, los que producen de 6 a 7 quintales de rohstein.   | En 12 horas se fundieron. 20 quintales de minerales con sus correspondientes ligas y grasas, cuando se quemaron no mas de una vez y que la revoltura se hacia con 30 por 100 de greta y la producción correspondiente era<br>De 3,8 hasta 4 quintales de plomo.<br>De 5 hasta 5 idem de fierros.<br>Con dos quemas del mineral y con 50 por 100 de liga de greta, se funden ahora en 12 horas, 20 quatales de minerales los cuales producen cerca<br>De 6,4 quintales de plomo, y<br>De 1,1 idem de fierros. |

Cuadro 3

Insumos, costos y resultados

Fuente: Franz Schmitz, (1832): 153-194

Como es bien sabido, el sistema de fundición para metales no era nueva ni en el Viejo ni en el Nuevo Mundo. En ambos espacios continentales se había utilizado: en América los pueblos indígenas ya utilizaban crisoles o hornos de barro con el mismo propósito, antes del arribo de los españoles.<sup>19</sup> Ese procedimiento de beneficio de metales continuaría utilizándose hasta mediados del siglo XVI, y sería remplazado en su hegemonía por el invento de amalgamación por azogue.<sup>20</sup>

En Nueva España se utilizarían tres tipos de hornos de fundición denominados: hornos castellanos, hornos de reverbero y hornos de tostadillo. La aplicación de calor continuo a los minerales, para separar su contenido metálico y liberarlo de las impurezas será la técnica utilizada en el beneficio de la fundición. Esta se realiza en dos modalidades:

a) por fundición sencilla, en hornos castellanos<sup>21</sup> donde no es necesario moler el material triturado, para después pasar a la copelación;<sup>22</sup>

<sup>19</sup> José Alfredo Uribe Salas, "Minería del cobre en el occidente del México prehispánico: una acercamiento historiográfico", Revista de Indias, vol. LVI, No. 207, (1996) 297-332.

<sup>20</sup> Luis Muro, "Bartolomé de Medina, introductor del beneficio de patio en Nueva España", Historia Mexicana, 13, (1964) 517-531.

<sup>21</sup> Alonso Barba Álvaro, Arte de los metales en que se enseña elverdadero beneficio de los de oro y plata, (1639. Edición facsimilar) (Valladolid: Maxtor, 2003), 139. Los hornos castellanos se componían de piedra o barro, de forma de cilindro u ortoedro, disponían de fuelles accionados de forma manual, con mecanismos de tracción animal o con el uso de agua. La plaza o suelo del horno se calentaba sobre un fuego alimentado con leña, carbón vegetal o estiércol. Su uso más comun "fue para fundir el mineral en piedra, triturado, pero sin moler. Para ello la plaza de estos hornos se asentaba en pendientes hacia la parte delantera, donde por un agujero corría el metal fundido, expulsándose la escoria hacía una hornilla".

<sup>22</sup> Jaime J. Lacueva Muñoz, La plata del rey y de sus vasallos: minería y metalurgia en México (siglos XVI-XVIII), (Sevilla: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad de Sevilla,



b) o en fundición combinada, por medio de hornos de reverbero,<sup>23</sup> en donde es necesario no solo la trituración del mineral, sino también su molienda, después de haber pasado por el horno dando como resultado un polvo fino, para después concluir con una fundición con copelación.<sup>24</sup>

Estos hornos funcionaban por medio de fuelles hechos a base de madera y cuero lo suficientemente grandes para proporcionarles el soplado necesario para la combustión. El tipo de horno, o de beneficio, se elegía dependiendo de la clase de mineral de que se tratara; para los de fundición se distinguían los metales que tienen un gran porcentaje de plata y que además tienen bajo contenido de sulfuro de plomo, a estos, se les dará una ley de plata elevada. “Algunos por su gran concentración, no eran sometidos a los hornos de fundición, si no que se llevaran a los hornos de afinación; en cambio, cuando se presentaban menas con baja ley, se realizaban las fundiciones preparando el suelo del horno con escorias de fundiciones anteriores, y una proporción determinada de mineral, mas óxido de plomo en pedazos y en cenizas, ayudando al fuego en la separación de las impurezas de los metales. Para los minerales cuya composición estaba conformada por cobre, se sometían a varias fundiciones con temperaturas más elevadas pues el proceso tardaba más que los otros metales en fusionarse, dejando sobre la superficie la plata. Las operaciones de fundición se realizaban en crisoles, en depósitos que van dentro de los hornos, donde los metales no tienen contacto directo con el fuego, para después de la operación ser removidos para obtener los productos fusionados”.<sup>25</sup>

En Angangueo, todo el plomo con ley de plata, producido en las operaciones anteriores, era sometido a la copelación en un horno de reverbero de 3½ varas de diámetro. El horno era cargado hasta con 220 quintales de plomo argentífero y la plata cruda que se obtenía en esta operación se afinaba en un horno de reverbero chico y ahí mismo se hacían las barras de plata afinada.

Diego Schmitz redujo el proceso de fundición a 72 horas, con el apoyo de: un administrador o director, cuatro maestros fundidores alemanes, dos veladores que también reciben los materiales. En cada horno de fundición trabajaba un maestro fundidor, un

---

Diputación de Sevilla, 2010), 49. “Un vaso de copelación, también llamado copela o cendradilla, es un pequeño crisol fabricado con una arcilla compuesta con cenizas de huesos calcinados, que recibe el nombre de cenra. Las paredes porosas de este tipo de vaso absorben los elementos oxidables que contienen los minerales o las aleaciones metálicas. Normalmente no se calentaban directamente sobre la lumbre, sino que se introducción en un horno pequeño para que recibiera el calor uniformemente”.

<sup>23</sup> Jaime J. Lacueva Muñoz, *La plata del rey y de sus vasallos...* 50. El horno de reverbero estaba construido con adobes y en forma semiesférica o concava, lo que permitía que el calor se reflejara (reverberara) en su interior. El horno de reverbero requería moler previamente el mineral, pero permitían practicar una fundición combinada con la copelación en el interior del laboratorio del horno. El proceso se dividía en triturar, moler y fundición por copelación, sin que fuese necesario refundir la plata obtenida en la primera horneada ni emplear posteriormente cendradillas para refinarla.

<sup>24</sup> Jaime J. Lacueva Muñoz, *La plata del rey y de sus vasallos...* 50. El proceso de copelación requería que “el suelo del laboratorio se preparaba con un lecho de ceniza, brasas de carbón vegetal y cal, que se denominaba cendrada y en el cual se dejaban unas pequeñas cavidades en las que se colocaban pedazos de plomo o de greta (litargirio, es decir, monóxido de plomo, PbO) que sirven como fundente cuando la calidad de las menas lo requería. Esas pequeñas cavidades en la ceniza actuaban de la misma forma que los vasos de copelación, ya que estaban hechas de un material similar y también absorbían la escoria calcinada de los minerales”.

<sup>25</sup> A. Monroy Braham, “Los hornos en el beneficio de los metales en la Nueva España... 51-52.

cargador para cargar el horno, dos “revoltureros” para hacer las revolturas y un peón para sacar las grasas, en turnos de 12 horas.

| Nú<br>me<br>ros | NOMBRES DE LAS MINAS DE<br>LOS MINERALES FUNDIDOS | EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO DE 1830 |     |                  |                             |     | EN EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO DE 1830 |     |                  |                             |      | Suma de los<br>minerales fundidos |     | Suma de plata<br>cont. en minerales |      | Ley de minerales<br>por carga |  |
|-----------------|---|--|-----|------------------|-----------------------------|-----|---------------------------------------|-----|------------------|-----------------------------|------|-----------------------------------|-----|-------------------------------------|------|-------------------------------|--|
|                 |   | Se fundieron                           |     | Ley por<br>carga | Contenido total de<br>plata |     | Se fundieron                          |     | Ley por<br>carga | Contenido total de<br>plata |      | Carg.                             | Ar. | Mar                                 | Onz  | Onzas                         |  |
|                 |   | Carg.                                  | Ar. | Onz              | Mar                         | Onz | Carg.                                 | Ar. | Onz              | Mar                         | Onz  | Carg.                             | Ar. | Mar                                 | Onz  | Onzas                         |  |
|                 | <i>Nuestra Sra del Carmen</i>                     |  |     |                  |                             |     |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 1               | Pepena  | 85                                     | 3   | 13%              | 143                         | 6,9 | 60                                    | 11  |                  | 136                         | 3,0  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 2               | Media pepena                                      | 6                                      | 6   | 9                | 7                           | 2,5 | 24                                    | 8   | 12,75            |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 3               | Acerado apretado                                  | 11                                     | 17  | 13%              | 19                          | 4,4 |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 4               | Idem despoblado                                   | 46                                     | 10  | 6                | 35                          | 1,0 |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 5               | Sorrache apretado                                 | 146                                    | 10  | 8%               | 151                         | 3,4 |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 6               | Idem despoblado                                   | 82                                     | 7   | 6                | 61                          | 7,5 |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 7               | Idem inferior                                     | 132                                    | 1   | 6                | 99                          | 0,5 |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 8               | Metal comun                                       | 33                                     |     | 5%               | 21                          | 5,2 | 760                                   | 7   | 5,1              | 484                         | 7,0  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 9               | Medio Plomo                                       | 4                                      | 8   | 5%               | 3                           | 0,5 |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 10              | Tierras crudas                                    | 110                                    | 3   | 4%               | 62                          | 1,0 | 89                                    | 10  | 4,25             | 50                          | 4,2  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 11              | Jales de la amalgam                               |  |     |                  |                             |     | 104                                   | 2   | 6,0              | 78                          | 1,0  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 12              | Tierras de planilla                               |  |     |                  |                             |     |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 13              | Granzo de planilla                                |  |     |                  |                             |     | 73                                    |     | 3,75             | 31                          | 1,75 |                                   |     |                                     |      |                               |  |
|                 |   | 659                                    | 7   |                  | 605                         | 0,9 | 1113                                  | 2   |                  | 784                         | 0,95 | 1772                              | 9   | 1389                                | 1,85 |                               |  |
|                 | <i>Purísima Concepción</i>                        |  |     |                  |                             |     |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 14              | Plomo hecho                                       |  |     |                  |                             |     | 43                                    | 1   | 9,0              | 48                          | 3,75 |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 15              | Medio Plomo                                       | 412                                    | 11  | 9                | 464                         | 4,0 | 103                                   | 8   | 10,5             | 136                         | 0,5  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 16              | Sorrache apretado                                 | 174                                    |     | 9%               | 212                         | 0,5 | 16                                    |     | 9,0              | 18                          | 0,0  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 17              | Idem comun  | 340                                    | 10  | 4%               | 191                         | 5,7 | 170                                   |     | 5,55             | 117                         | 7,5  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 18              | Suelo de los quemaderos                           |  |     |                  |                             |     | 90                                    | 8   | 9,0              | 102                         | 0,0  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 19              | Tierras de sorroche                               | 133                                    | 4   | 3%               | 62                          | 4,0 | 73                                    | 6   | 3,75             | 34                          | 3,5  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 20              | Granzon de idem                                   |  |     |                  |                             |     | 106                                   | 8   | 5,25             | 70                          | 0,0  |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 21              | Medio plomo en tierras                            | 70                                     | 4   | 7%               | 65                          | 7,5 |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
|                 |   | 1131                                   |     |                  | 996                         | 5,7 | 603                                   | 7   |                  | 526                         | 7,25 | 1735                              |     | 1523                                | 4,94 |                               |  |
|                 | <i>Valenciana</i>                                 |  |     |                  |                             |     |                                       |     |                  |                             |      |                                   |     |                                     |      |                               |  |
| 22              | Sorroche comun                                    |  |     |                  |                             |     | 108                                   | 8   | 5,85             | 79                          | 10   | 108                               | 8   | 79                                  | 1,0  | 5,88                          |  |
|                 |   |  |     |                  |                             |     |                                       |     |                  |                             |      | 3616                              | 5   | 2991                                | 7,79 |                               |  |

Cuadro 4

Designación de los minerales beneficiados en las haciendas de fundición S. Juan y S. Cayetano en el Distrito Mineral de Angangueo

Fuente: elaboración propia

| Proceso metalúrgico              | Costos de beneficio   | Pesos | Rs    |
|----------------------------------|---|-------|-------|
| Azogue (costos de producción)    | Suma total de los gastos por una carga de mineral en el beneficio por patio | 6     | 0,632 |
| Fundición (costos de producción) | Suma total de los gastos por una carga de mineral en el beneficio por fuego | 4     | 7,150 |
|                                  | A favor del beneficio por fuego   | 1     | 1,482 |

Cuadro 5

Costos de beneficio por azogue y fuego

Fuente: elaboración propia.

Diego Schmitz concluía señalando cuatro puntos: 1. Esta diferencia en favor del beneficio por fuego debe aumentar en la misma progresión que los minerales son mas ricos; 2. Todos los minerales pueden beneficiarse por fuego y se exige de un buen fundidor que les saque toda la ley de plata que contienen, según los ensayos por menor de la mufla; 3. La extracción de la plata de los minerales se hace en menos tiempo por fuego que por la amalgamación; 4. De las cantidades enormes de plata que se pierden por el beneficio por azogue, se podría salvar una gran parte en beneficio de la comunidad y en beneficio de los dueños de minas, introduciendo la fundición de los minerales en lugar de la amalgamación, cuando las circunstancias lo permitan.

En Angangueo, hacía finales de la década de 1830, existía sólo una unidad de beneficio especializada por azogue, conocida como Marcial; tres unidades metalúrgicas integraron el beneficio por azogue y fundición: Guadalupe, San Juan y San Vicente; y catorce unidades metalúrgicas que hacían su proceso por fundición, como San Cayetano, San Miguel, Consentida, Santa Bárbara, Providencia, Remedios, Trojes, San Pedro, Nuestra Señora de Guadalupe, San Antonio, Jesús María, La Trinidad, Los Caudillos y La Misericordia.<sup>26</sup>

Diez años después seguían operando las mismas haciendas de fundición, pero el panorama de la agencia empresarial había cambiado.

| N° | Nombre de los dueños | Nombre de las fundiciones | Posesionada  | En activo | Ubicación  |
|----|----------------------|---------------------------|--------------|-----------|------------|
| 1  | Pedro Leyendeker     | San Juan                  | Posesionada  | En activo | Angangueo  |
| 2  | Ídem.                | San Cayetano              | Id.          | Id.       | Id.        |
| 3  | Ídem.                | San Miguel                | Id.          | Id.       | Id.        |
| 4  | Carlos Heimburger    | Consentida                | Id.          | Id.       | Id.        |
| 5  | Ídem.                | Santa Bárbara             | Id.          | Id.       | Las Trojes |
| 6  | Ídem.                | Guadalupe                 | Id.          | Id.       | Id.        |
| 7  | Ídem.                | Providencia               | Id.          | Id.       | Id.        |
| 8  | Ídem.                | Remedios                  | Id.          | Id.       | Id.        |
| 9  | Ídem.                | San Juan                  | Id.          | Id.       | Id.        |
| 10 | Ídem.                | Trojes                    | Id.          | Id.       | Id.        |
| 11 | José María Marín     | San Pedro                 | Id.          | Id.       | Angangueo  |
| 12 | Manuel Angulo        | Ntra. Sra. De Guadalupe   | Id.          | Id.       | Id.        |
| 13 | Ramón Gallegos       | San Antonio               | Id.          | Id.       | Id.        |
| 14 | Martín González      | Jesús María               | Id.          | Id.       | Id.        |
| 15 | Apolonio Molina      | La Trinidad               | Id.          | Id.       | Id.        |
| 16 | Rafael Villaseñor    | Los Caudillos             | Sin posesión | Id.       | Id.        |
| 17 | Martín Galindo       | La Misericordia           | Posesionada  | Id.       | Id.        |

Cuadro 6

Unidades de fundición en el mineral de Angangueo, 1847

Fuente: Memoria sobre el estado que guarda la administración pública, (1848, Sección 7, Letra D)

Pero lo que nos interesa destacar aquí es la relación entre plata y tecnología. La edificación de los hornos de fundición y el proceso metalúrgico, implicaban en sí mismo la generación y aplicación de conocimientos técnico-científicos y su adaptación a las condiciones naturales y geológicas en la que se presentaban las sustancias minerales en el subsuelo. Ese trabajo lo realizarían técnicos e ingenieros venidos de Alemania, que alertó una vez más a las elites políticas de México y a los empresarios mineros locales del valor y utilidad del conocimiento, pero sobre todo, de la importancia que tenía contar con el personal humano con una adecuada formación académica y científica para la planeación de las actividades productivas tanto en el estudio de las estructuras geológicas mineras, como en la extracción y beneficio del mineral. Desde entonces estaba claro que la rentabilidad empresarial tenía mucho que ver con el conocimiento técnico-científico y el capital humano, como agentes del desarrollo económico y empresarial.

<sup>26</sup> Memoria sobre el estado que guarda la administración pública de Michoacán al Honorable Congreso por el Secretario del Despacho, el 22 de enero de 1888, (Morelia, Imprenta de J. Arango, 1848, Sección 7, Letra D).

## Conclusiones

A pesar de las duras críticas que los alemanes hicieron al proceso metalúrgico de amalgamación, de uso generalizado en todo el país, pues les parecía lenta y cada vez más costoso para la refinación de los tipos comunes de mineral de baja ley, y casi incosteable para los minerales refractarios, este se continuó usándose hasta bien entrada la década de 1870.<sup>27</sup> Uno de los viajeros alemanes de nombre C. C. Becher, dejó para la posteridad un patético informe sobre las características en que se realizaba este proceso en Angangueo:

el establecimiento donde se realiza el proceso de amalgamación está en otro lugar de Angangueo, fuera de Trojes, tal vez a una legua de las minas; allí se tritura el mineral, se le riega con agua, y cuando se ha formado una espesa papilla se divide aquella masa en proporciones y se le mezcla azogue con pérdida de una gran parte del noble metal (de cuarenta al cincuenta por ciento), este método de beneficio, como es llamado, sólo es utilizado con los minerales ricos.

La mezcla de la mena con el mercurio se verifica mediante la pisadura de algunos indios, los cuales por semanas enteras patalean con sus pies desnudos, con un ritmo cadencioso en sumo grado, sobre las tortas de barro durante diez horas diarias bien cumplidas; el indio, brazos y torso desnudo, se pone en jarras y con las piernas desnudas y con los pies tornados hacia afuera hace la ronda sobre la amalgama hecha engrudo con la formalidad de un maestro de danza. Y finalizaba diciendo: la buena gente pardisucia que realiza este cansado trabajo es muy fuerte y especialmente musculosa; también me parecen listos estos indios, y creo que se encuentra así mismo contentos con su ocupación. Un raro fenómeno se presenta, que en ellos no experimentan el más mínimo daño con la masa de argento vivo con la que sus cuerpos desnudos están sin embargo en contacto siempre.<sup>28</sup>

No resulta fácil documentar las negociaciones y acuerdos que llevaron acabo los técnicos alemanes con los actores locales ni las características del proceso de hibridación de los saberes locales con los modelos técnico-científicos que implementaron los germanos en el mineral de Angangueo. Pero todo parece indicar que en el proceso de innovación en el método de fundición no se puede hablar de una burda transferencia de conocimientos y técnicas, sino más bien de una combinación con los saberes y las prácticas locales que harían posible su aceptación y permanencia en el tratamiento de las menas a lo largo del siglo XIX. Desde luego, muchos de los técnicos y mineralogistas alemanes permanecieron en la región después de que las compañías mineras, que los habían contratado, abandonara Angangueo por problemas administrativos y políticos con la elite local,<sup>29</sup> constituyéndose ellos mismos en empresarios o prestando asesoría técnica a las nuevas negociaciones mineras. Pedro Laydendecker y Carlos Heimbürger, entre otros ex-directores técnicos y empleados de la negociación alemana, se transformaron en propietarios de minas, haciendas de beneficio y de

<sup>27</sup> José Alfredo Uribe Salas, "Angangueo en la órbita imperial. Historia del siglo XIX", Boletín, No. 10, Morelia, Coordinación de la Investigación Científica-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, (1986) 58-59.

<sup>28</sup> C. C. Becker, Cartas sobre México (México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1959), 161.

<sup>29</sup> A. Pérez Escutia, "Volver a empezar: la reactivación de la minería en Tlalpujahua y Angangueo, 1821-1860", Diplomado de la Historia Regional del Noreste de Michoacán, (2010): 6-37. <http://www.tlacotepecmich.info/files/Download/reactivacion%20minera.pdf> (10 de noviembre de 2011).

fundición. Carlos Heimbürger fue propietario de la importante hacienda de beneficio Las Trojes, que contaba con 7 fundiciones y más de 26 hornos en los que se beneficiaba parte del mineral extraído del lugar.<sup>30</sup>

Cuando la Compañía Alemana de Minas cerro sus puertas, Franz o Diego Schmitz abandonó el mineral de Angangueo, y poco se sabe de él. Hasta el momento no se ha encontrado registro alguno que lo ubique en otros centros mineros de México, o desarrollando alguna actividad distinta, lo que nos hace suponer que Schmitz retornó a su país de origen. Se facilitó así una mayor difusión del conocimiento técnico-científico entre los mineros prácticos mexicanos y la aclimatación de técnicas y tecnologías a las condiciones particulares de cada centro minero. Solo así se explica que en las décadas siguientes la producción de plata se haya incrementado paulatinamente: si en 1848 fue de 63 899 marcos, 3 onzas; para 1856 se había incrementado a 86 532 marcos, 4 onzas y 14 odormes, y, 14 años después, en 1870 la producción de plata se triplica hasta alcanzar 185 426 marcos con un valor en el mercado de \$1 506 586. Con todo, en los años de 1850-1876, Michoacán sólo reportó el 5% de la producción nacional.<sup>31</sup>

En la segunda mitad del siglo XIX se propagó el uso de hornos de fundición, por sus buenos resultados. En orden de importancia, las oficinas metalúrgicas mejor equipadas para la extracción de la plata se localizaban en Trojes, Angangueo; Arcos en Zultepec; Regla cerca de Real del Monte; San Pablo en el mineral de la Bonanza y San Antonio en Zimapán. “En todas estas haciendas se ha adoptado el sistema de hornos altos y semi-altos alemanes, en los que se obtienen notables ventajas sobre los pequeños hornos llamados Castellanos”.<sup>32</sup> No obstante, la ciencia mineralógica ya había establecido tiempo atrás el principio fundamental que había influido en el mejoramiento innovador del proceso de beneficio por fundición. Algunos mineralogistas como Andrés del Río,<sup>33</sup> habían emitido la opinión de que la galena de grano fino, es más rica en plata, y que las otras especies son más pobres, o mejor, que la galena en octaedros simples y prolongados, era la que acompañaba a ricos minerales de plata: que la cúbica es la más pobre, y la cubo-octaedro la más rica, aun sin acompañar a los metales de plata.<sup>34</sup>

## Bibliografía

### Fuentes primarias

Archivo del Congreso de los Diputados, Decreto XXVI. Libertad del comercio del azogue. Firmado por Antonio Joaquín Pérez, presidente, y José Aznárez y Vicente Tomás Traver, secretarios, en la Real Isla de León el 26 de enero de 1811.

<sup>30</sup> José Alfredo Uribe Salas, "Angangueo en la órbita imperial... 58-59.

<sup>31</sup> Memoria sobre el estado que guarda la administración pública de Michoacán, (1848, Sección 7, Letra D); Ciro F. Cardoso Coord, México en el siglo XIX, 1821-1910: historia económica y de la estructura social (México: Editorial Nueva Imagen, 1980), 112.

<sup>32</sup> Federico Farrugia Manly, "Mineralogía aplicada. Memoria sobre la metalurgia práctica del plomo y de la plata en el distrito de minas de Zimapán", La Naturaleza, Tomo II, No. 25, (1871, 1872 y 1873): 178.

<sup>33</sup> José Alfredo Uribe Salas, Los albores de la Geología en México. Mineros y hombres de ciencia (México: UMSNH, Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C, Fundación Vueltabajo A. C., 2015): 37-54.

<sup>34</sup> Federico Farrugia Manly, "Mineralogía aplicada. Memoria sobre la metalurgia... 179.

Barba Álvaro, Alonso. Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por azogue, el modo de fundirlo y cómo se han de apartar unos de otros. Madrid; Oficina de la Viuda de Manuel Fernández, 1639. Edición facsimilar, Valladolid, Maxtor. 2003.

Becker, C. C. Cartas sobre México. México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1959.

Colección de los decretos y órdenes de las Cortes de España, que se reputan vigentes en la República de los Estados- Unidos Mexicanos, (México, Imprenta de Galván a cargo de Mariano Arévalo, 1829.: 7-9.

Memoria sobre el estado que guarda la administración pública de Michoacán al Honorable Congreso por el Secretario del Despacho, el 22 de enero de 1888. Morelia, Imprenta de J. Arango. 1848.

Ramírez, Santiago. Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación. México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. 1884.

Schmitz, D. Metalurgia. Noticias sobre el beneficio por fuego de los minerales de plata en Angangueo, por Diego Schmitz director de los establecimientos de fundición de la Compañía Alemana. Registro Trimestre. Colección de Memorias de Historia, Literatura, Ciencia y Artes. México: tomo I, núm. 1, 1832; 153-194.

Ward, H. G. México en 1827. México Fondo de Cultura Económica. 1981.

#### Fuentes secundarias. Bibliografía

Aguilar Ochoa, A., "Los inicios de la litografía en México: el periodo oscuro (1827-1837)", Anale del Instituto de Investigaciones Estéticas, México, UNAM, No. 90, (2007): 65-100.

Cardoso, Ciro F. (Coord.), México en el siglo XIX, 1821-1910: historia económica y de la estructura social. México. Editorial Nueva Imagen, 1980. 112.

Carreño, G. Angangueo, un pueblo que se negó a morir, (Morelia, Impulsora Minera de Angangueo, 1983).

Castillo Martos, Manuel. Bartolomé de Medina y el siglo XVI. Un sevillano lleva la revolución tecnológica a América. Sevilla. Ayuntamiento de Sevilla, Delegación de Educación. 2001.

Escamilla González, F. O. "Un metalurgista germano en Guanajuato y Michoacán: las cartas de Franz Ficher (ca.1757-ca.1814 a Ignaz von Born (1789-1790)", Boletín del Archivo General de la Nación, México, No. 19, (2008): 90-120.

Flores Clair, Eduardo. "Hacendados, mineros y comerciantes, en el Real de Minas de Angangueo, Michoacán, 1790-1810", José Alfredo Uribe Salas y Eduardo Flores Clair (Coordinadores), Comercio y minería en la historia de América Latina. México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Editorial Morevalladolid, Fundación Vueltabajo A. C., 2015.

Flores Clair, Eduardo. "Los progresos de la fundición de metales argentíferos en la minería novohispana del siglo XVIII," Dimensiones Antropológicas, México, año 13, vol. 36, (2006): 45-50.

González, María del Refugio (editor). Ordenanzas de la Minería de la Nueva España formadas y propuestas por su Real Tribunal. México, Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México. 1996.

Lacueva Muñoz, Jaime J. La plata del rey y de sus vasallos: minería y metalurgia en México (siglos XVI-XVIII). Sevilla, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad de Sevilla, Diputación de Sevilla. 2010.

Mentz, Brígida Von. "Tecnología minera alemana durante la primera mitad del siglo XIX", Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México. Vol. VIII, México, Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM, (1980) 85-95.

Modesto, Bargalló. La amalgamación de los minerales de plata en Hispanoamérica colonial. México, Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey. 1969.

Monroy Braham, A. "Los hornos en el beneficio de los metales en la Nueva España, siglos XVI-XVIII", Gremium. Revista de Restauración Arquitectónica. Vol. 2, núm. 3, (2015) 51-52.

Muro, Luis. "Bartolomé de Medina, introductor del beneficio de patio en Nueva España", Historia Mexicana, 13 (1964) 517-531.

Pérez Escutia, A. Volver a empezar: la reactivación de la minería en Tlalpujahua y Angangueo, 1821-1860. Diplomado de la Historia Regional del Noreste de Michoacán, 2010; 7-11. <http://www.tlacotepecmich.info/files/Download/reactivacion%20minera.pdf> (10 de noviembre de 2011).

Uribe Salas J. A. "Angangueo en la órbita imperial. Historia del siglo XIX". Boletín, núm. 10, Morelia: Coordinación de la Investigación Científica-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (1986) 58-68.

Uribe Salas José Alfredo. Minería del cobre en el occidente del México prehispánico: una acercamiento historiográfico, Revista de Indias, vol. LVI, núm. 207 (1996) 297-332.

Uribe Salas, José Alfredo. Los albores de la Geología en México. Mineros y hombres de ciencia, México, UMSNH, Historiadores de las Ciencias y las Humanidades, A. C, Fundación Vueltabajo A. C., 2015.

**Para Citar este Artículo:**

Uribe, Salas, José Alfredo. Franz Schmitz y su horno de fuego para el beneficio de la plata en Angangueo, México. Rev. Incl. Vol. 3. Num. Especial, Julio-Septiembre (2016), ISSN 0719-4706, pp. 61-77.

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Inclusiones**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Inclusiones**.