

**Plata y tecnología en las minas de Angangueo
(México) entre 1790 y 1840**

*José Alfredo Uribe Salas
Facultad de Historia
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*

RESUMEN: El beneficio de plata en el mineral de Angangueo (Nueva España/México) se convirtió en un campo experimental de conocimientos, técnicas y tecnologías en la transición del siglo XVIII al XIX. En él coincidieron de manera armoniosa los métodos de beneficio de patio y fundición. Los exponentes principales fueron germanos, algunos traídos por Fausto de Elhuyar en 1788 y otros contratados por la Compañía Alemana de Minas (1824-1838). El trabajo experimental en el beneficio 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.

Palabras clave: Plata, tecnología, mineral de Angangueo, siglo XIX, México.

ABSTRACT: The benefit of silver ore Angangueo (Nueva España/México) became an experimental field of knowledge, techniques and technologies in the transition from the Eighteenth to the Nineteenth centuries. There, the methods of yard beneficiation and foundry coincided harmoniously. The main exponents were Germans, some brought by Fausto Elhuyar in 1788 and others were recruited by the German Mining Company (1824-1838). Experimental work in the benefit facilitated the processing of mineral “rebels”, typical of the mining-geological structure of the region, and assured the efficient production of high-quality silver for commercial and ornamental purposes.

Keywords: Ore Angangueo, techniques of foundry, Nineteenth century, México

INTRODUCCIÓN. LAS MINAS DE ANGANGUEO

En el año de 1555 el andaluz Gonzalo de Salazar¹, que había emigrado a Nueva España como Factor Real, se hizo acreedor de un gran número de mercedes de tierra con las cuáles se integró un latifundio conocido en el transcurso del tiempo como hacienda Jesús Nazareno de Angangueo. La extensa propiedad sería el núcleo original de este real de minas, cuando se

1 T. HILLERKUSS. (2011). “Entre la ambición por el poder y la riqueza. El tortuoso camino de los Salazar y de los Oñate hacia las altas esferas de la sociedad novohispana”. En Ponencia presentada en el *Congreso Internacional Noblez a nos Impérios Ibéricos de Antigo Regime*. Lisboa: 18 a 19 de Maio, pp. 1-7.

encontraron las primeras vetas argentíferas en los parajes montañosos, a la que denominaron como *Descubridora*. A partir de la última década del siglo XVIII, la explotación de las minas tuvo un rápido desarrollo, lo que trajo consigo un aumento en la población, y se radicaron en Angangueo un juez real, un diputado de minas y un cura con iglesia en construcción, razón por lo cual fue reconocido oficialmente en 1801 como Real de Minas y Diputación autónoma².

En un lapso de 13 años, previo a la guerra de independencia, el nuevo asentamiento adquirió las características propias de un centro minero de finales del periodo virreinal. La colonización, construcción y plena operación de la infraestructura productiva y de las instituciones propias de una población de este tipo, fue facilitada en buena medida por su cercanía al afamado mineral de Tlalpujahuá, fundado casi 250 años atrás, desde donde arribaron buena parte de sus primeros vecinos. Para el año de 1805 dicho asiento contaba con su propia diputación de minería y el grupo de mineros se integraba de prominentes empresarios y comerciantes con domicilio en Angangueo³.

El espacio geográfico vital para las actividades propias de la industria extractiva en el asiento de minas de Angangueo, comprendió al paso de casi dos décadas una superficie en forma de rectángulo de unos 90 kilómetros cuadrados. Orientado de norte a sur se extendía entre ese lugar y las inmediaciones del pueblo de San Felipe Santiago, bordeando al oriente por las estribaciones de las sierras de Chincua y Angangueo, y ocupados tanto por los socavones, las haciendas de beneficio, de las cuales la denominada *Las Trojes* llegaría a hacer la más importante. Alrededor de esa infraestructura minera se conformaría el caserío, y sus pobladores harían uso de los parajes boscosos de los que se extraía la madera necesaria tanto para construir y reparar las galerías de las minas, para alimentar las insaciables calderas de las fundiciones, como para la construcción de viviendas y las provisiones de carbón. La mayor parte de estos terrenos eran propiedad de la hacienda Jesús Nazareno, cuyos sucesivos dueños y administradores pretendieron sacar siempre ventajas de diversos tipos, para colmar sus propias expectativas de desarrollo material⁴.

En 1805 ya operaba normalmente la Diputación Minera, a través de la cual la Corona española controlaba la extracción y el comercio de la plata, y una serie de instituciones se orientaban a fiscalizar los impuestos mineros; monopolizar la venta de azogue en las cajas reales; asegurar la donación de los propietarios de minas del “quinto real”; organizar un dinámico mercado de mano de obra indígena a través de la encomienda, el repartimiento y el comercio; garantizar la producción de alimentos, animales de carga, forrajes, cueros y otros materiales para las minas, y en general, fomentar todas las actividades ligadas al ramo minero⁵.

2 E. FLORES CLAIR. (2015). “Hacendados, mineros y comerciantes, en el Real de Minas de Angangueo, Michoacán, 1790-1810”. En J. A. Uribe Salas y E. 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, pp. 342-349.

3 E. FLORESCANO e I. GIL (Comps.). (1973). *Descripciones económicas generales de Nueva España, 1784-1817*. México: Secretaría de Educación Pública, Instituto Nacional de Antropología e Historia, p. 252; J. A. URIBE SALAS. (2005). *Historia de la minería en Michoacán*. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Sociedad Mexicana de Mineralogía, vol. II, pp. 15-26.

4 A. PÉREZ ESCUTIA. (2010). “Volver a empezar: la reactivación de la minería en Tlalpujahuá y Angangueo, 1821-1860”. En *Diplomado de la Historia Regional del Noreste de Michoacán, 2009-(2010)*, pp. 7-11. <http://www.tlacotepecmich.info/files/Download/reactivacion%20minera.pdf> (Consultado: 10-11-2011).

5 FLORES CLAIR. (2015). “Hacendados, mineros...”, *op. cit.*, pp. 349-361.

Alrededor de este Real de Minas se estableció un dinámico mercado regional. El centro urbano minero de Angangueo articuló las actividades de las haciendas agroganaderas y las comunidades indígenas, en función de sus propias dinámicas y necesidades. En el entorno inmediato a la ciudad, sobre cerros o pendientes laderas, hacían su presencia “haciendas de beneficio”, “talleres de maestranza” y bocaminas. Y en el área urbana se encontraban las calles y barrios ligados al comercio y los gremios que vivían a expensas de la riqueza minera: plateros, talabarteros, sastres, etcétera⁶.

El mineral novohispano de 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 acrecentaron. 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.

Ese fue el caso de un grupo de ingenieros y técnicos alemanes que entre 1789 y 1830 harían del mineral de Angangueo uno de sus centros de operación. Su pronta intervención teórico-práctica en el beneficio de plata en el mineral de Angangueo, haría de ese asiento de minas un campo experimental de conocimientos, técnicas y tecnologías en la transición del siglo XVIII al XIX. En Angangueo coincidieron de manera armoniosa los métodos de beneficio de patio y fundición. 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). El trabajo experimental en el laboreo de las minas y 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.

EL CAMBIO TECNOLÓGICO

Desde su fundación los mineros de Angangueo tuvieron que hacer frente a los problemas que aquejaba a la mayoría de las minas novohispanas: la falta de azogue para el beneficio de los metales y a los conocimientos necesarios para determinar la presencia, longitud, espesor y ley de los minerales. Pero no eran los únicos problemas que enfrentaban los mineros. También figuraba la preponderancia del trabajo empírico en la apertura de los socavones y tiros que hacía más difícil el disfrute de las vetas por lo intrincado de su construcción y la falta de resguardo para evitar hundimientos o desprendimientos de materiales rocosos que clausuraban, de forma momentánea o permanente, su recorrido y los conductos para desaguar las minas y extraer el

6 J. J. MARTÍNEZ DE LEJARZA. (1974). *Anales Estadísticos de la Provincia de Michoacán en 1822*. Morelia: Fimax Publicistas, pp. 69 y ss; M. de J. TORRES. (1915). *Diccionario Histórico, Biográfico, Geográfico, Estadístico, Zoológico, Botánico y Mineralógico de Michoacán*. Morelia: Tip. Particular del autor, III, pp. 123-124; R. W. RANDALL. (1977). *Real del Monte: Una empresa minera británica en México*. México: Fondo de Cultura Económica; C. C. BECKER. (1959). *Cartas sobre México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 156-162, y 206; G. CARREÑO. (1983). *Angangueo, un pueblo que se negó a morir*. Morelia: Impulsora Minera de Angangueo.

mineral tumbado. Pero quizá fue el proceso de beneficio lo que llegó a consumir una parte significativas de las fortunas invertidas en las minas, y en donde algunos dueños buscaron mejorar el sistema metalúrgico. El sistema de amalgamación de patio, que era el que se utilizaba de manera generalizada, enfrentaba altos precios por el azogue y el desabasto constante del preciado insumo, lo que resultaba a todas luces incosteable; además el método de patio mostraba muchas ineficiencias para beneficiar y refinar minerales “rebeldes”, como se les conocía en el *argot* popular, propios de la estructura geológico-minera de la región.

Habría que recordar, también, que la Corona tenía reservada 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, 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, 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”⁷.

Para encontrar soluciones prácticas y duraderas a sus problemas de explotación y beneficio de los minerales de baja ley y refractarios, algunos mineros de Angangueo, como Manuel González de Aragón, aprovecharían la presencia de los facultativos y expertos germanos que habían llegado a Nueva España contratados por la Corona para modernizar los procedimientos en la localización, extracción y beneficio de minerales. Del grupo traído por Fausto de Elhuyar en 1788, fue Franz Fischer quien aceptó en 1797 la oferta de González de Aragón para hacerse cargo de la administración de sus minas. En ese puesto Fischer se desempeñó al parecer hasta 1803, cuando pasó como ensayador mayor a la Casa de Moneda de la Ciudad de México, pero es posible pensar que en esos años que vivió en Angangueo haya aplicado de manera satisfactoria sus conocimientos mineralógicos, que había adquirido en la Academia de Fraiber, Sajonia, y que ello haya sido el atractivo para que propietarios de minas solicitaran sus servicios⁸.

Como ya se dijo, debió dejar a su partida una gran admiración entre los mineros propietarios del lugar, ya que en 1804, otro minero de nombre José Simón de Tapia, solicitaría sus servicios como experto para dictaminar sobre una máquina diseñada para repasar el metal en patio sin el auxilio de peones y caballos⁹. “Ésta consistía en un disco de madera que giraba en torno de un eje que tenía cuerda como un tornillo. Al realizar dicho movimiento con una sola bestia, la torta de mineral, azogue, sal y magistral era repasada sin que el animal la pisara directamente. Fischer realizó sus pruebas en el mineral vecino de Tlalpujahuá, en las haciendas

7 S. RAMÍREZ. (1884). *Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación*. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, pp. 88-89; ver el trabajo de E. FLORES CLAIR (2006). “Los progresos de la fundición de metales argentíferos en la minería novohispana del siglo XVIII”. *Dimensiones Antropológicas*, año 13, vol. 36, enero-abril, pp. 45-50.

8 Véase el desempeño de Franz Fischer en Michoacán: J. A. URIBE SALA. (2009). “Ilustración, ciencia y economía. Los problemas de las minas de Inguarán”. En M. C. GAVIRA MÁRQUEZ. (Coord.). *Instituciones y actores sociales en América*. Morelia: UMSNH, pp. 83-110.

9 F. O. ESCAMILLA GONZÁLEZ. (2008). “Un metalurgista germano en Guanajuato y Michoacán: las cartas de Franz Ficher (ca.1757-ca.1814 a Ignaz von Born (1789-1790)”. En *Boletín del Archivo General de la Nación*, núm. 19, p. 108.

de San Nicolás y San Mateo. Determinó que la máquina suponía un ahorro de once días sobre el mes entero que llevaba tratar una torta común, además del menor gasto en la manutención de los caballos, puesto que el proceso normal suponía el uso continuo de dos de ellos. A pesar de los resultados positivos, no hay pruebas de que este sistema haya sido adoptado en otros reales o en el mismo Tlalpujahua”¹⁰.

Los años del conflicto insurgente (1810-1821) enmarcaron las penurias del Real de Minas de Angangueo hasta que, en 1824, empresarios alemanes constituyeron la “Compañía Alemana de Minas de México” e invirtieron más de medio millón de pesos en compra, rehabilitación y avío de fundos mineros y haciendas de beneficio ubicadas en los actuales estados de Hidalgo, México y Michoacán, valiéndose para ello de prestanombres o alemanes naturalizados mexicanos. Para 1829 los empresarios alemanes habían recomendado a los directivos en México que los recursos económicos, la maquinaria y el personal técnico y administrativo se concentraran en el mineral de Angangueo, por considerarlo el más rico y accesible de sus propiedades en el país. Así fue como al año siguiente, 1830, los germanos trabajaban mayoritariamente en este real de minas, en donde pasaron a controlar las más importantes minas como Nuestra Señora del Carmen, La Purísima Concepción, San Atenógenes, y haciendas de beneficio y fundición como San Juan Nepomuceno¹¹.

A partir de finales de la década de 1820, una vez constituida dicha empresa y adquiridas en arriendo o avío la mayor parte de las minas conocidas, comenzaron a llegar los primeros grupos de mineralogistas y técnicos alemanes contratados por las compañías para hacerse cargo de la dirección de los trabajos. Sin embargo, a su arribo a estos centros mineros, encontraron en pleno abandono, en mal estado o destruidas la mayor parte de las minas: las instalaciones exteriores, haciendas de beneficio, canales de aprovisionamiento de agua, las galeras en torno a los tiros y socavones (que daban albergue a los malacates, y en donde se guardaban las herramientas, velas, pólvora y demás implementos), así como los rudimentarios artefactos para desaguar las minas y moler los minerales. En los diferentes casos, los primeros informes que reportaron a la dirección de la empresa fueron para indicar las dificultades que encontraron para localizar las bocaminas ya que, en su gran mayoría los mineros prácticos y los buscones mexicanos las habían abierto en los lugares menos a propósito para ello, amén de que se encontraban bloqueadas por los continuos derrumbes a causa de la mala fortificación interior y a que la maleza cubría el acceso a las minas¹².

Los mineralogistas alemanes, entre los que se encontraba José Burkart, hicieron duras críticas a los mineros mexicanos por la falta de conocimiento y planeación con que iniciaban la explotación de las vetas descubiertas, la anarquía en la elección de los lugares para abrir socavones y tiros, la forma rudimentaria y los medios utilizados para desaguar las minas y extraer el

10 ESCAMILLA GONZÁLEZ. (2008). “Un metalurgista germano... *op. cit.*, p. 108.

11 B. VON MENTZ, et al. (1982). *Los pioneros del imperialismo alemán en México*. México: Ediciones de la Casa Chata, pp. 176-205; C. C. BECKER. (1959). *Cartas sobre México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 156-162, 206.

12 J. BURKART. (1869). “Descripción del Distrito de Minas de Tlalpujahua y de su constitución geológica”. En *Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana* (Segunda época). México: Imprenta de Gobierno en Palacio, tomo I, p. 105. José Burkart anota que, “los dueños de las minas auguraban por lo general y de buena fe, según me pareció, que las labores de sus respectivas minas se habían abandonado en buenos frutos; pero casi ninguno de ellos se halló en posibilidad de poder afirmar haber visto estas labores; y faltaban además de documentos para probar que se habían abandonado en el estado favorable que se les suponía”.

mineral tumbado, así como por los criterios utilizados para fortificar los avances y galerías interiores¹³. En esas circunstancias, los recursos se concentraron en las llamadas “obras muertas”. Así lo hacen saber los documentos de la época. “La cantidad de maquinarias que se necesita para reducir esta masa de plata al estado que requiere antes de ser sometida a la acción del azogue es inmensa; y como todo fue destruido durante la guerra civil, se hizo necesario levantar de nuevo malacates, polvorines, morteros, arrastres y tinas de lavado; compra de caballos para el desagüe y mulas para el acarreo del mineral de las minas a las haciendas de beneficio; hacer caminos para facilitar la comunicación entre ellas; y construir ruedas hidráulicas donde quiera que pudiese aprovechar el agua”¹⁴.

Las críticas se repitieron en los años siguientes: los viajeros que visitaron estos minerales recogieron las mismas observaciones. Así, Henry George Ward habla de que los sistemas desarrollados por los trabajadores mexicanos adolecían del mínimo conocimiento sobre la materia, pues éstos consistían simplemente en seguir la veta a través de galeras sin planificación y mal construidas, o bien a “plan y cielo”, sin preocuparse de la amplitud de las labores, ni de su distribución desde el punto de vista de futura y fácil ventilación y extracción del mineral. El reproche mayor, sin embargo, estaba dirigido a los buscones o gambusinos que por falta de método en sus operaciones habían causado a las minas los más graves daños¹⁵.

En todos los casos los trabajos para desaguar las minas, agrandar y profundizar los tiros, fortificar túneles y galerías, dieron origen a la introducción de nuevos conocimientos para sus diseños, de acuerdo a las condiciones orográficas de las regiones, y, fundamentalmente, para efectuar las operaciones internas. Los empresarios alemanes ampliaron los socavones de cada una de ellas, profundizaron los tiros y mejoraron su simetría, que les permitió introducir potentes máquinas hidráulicas para el drenaje de las minas como las que se utilizaban con bastante éxito en Schemnitz y en el Harz, Alemania¹⁶.

Los especialistas alemanes mejoraron la geometría subterránea, corrigieron las galeras y tiros, introdujeron partes de fierro para unir las fortificaciones de madera con lo que se facilitó la aplicación de malacates y la ventilación de éstas. Renovaron parcial o totalmente las máquinas de madera con partes de fierro; mejoraron los “arrastres”, los mazos y su forma, aumentaron la capacidad de los molinos e implementaron novedosas ruedas hidráulicas. Además, se extendió el uso y aplicación de herramienta alemana como la sierra, la escuadra, el metro y la plomada. Se sustituyeron los pesados instrumentos para barrenar, los picos, las cuñas y las hachas, por otros más ligeros y prácticos. Finalmente, se introdujeron mejoras en el método de barrenar individualmente los hoyos para la pólvora en galeras estrechas que permitió tumbar mayor cantidad de mineral y avanzar más rápido en la explotación de las vetas¹⁷.

13 BURKART. (1980). “Descripción del Distrito de Minas de Tlalpujahua...”, *op. cit.*, pp. 103-106.

14 H. G. WARD. (1981). *México en 1827*. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 363-380.

15 *Boletín de Agricultura, Minería e Industria* (1892). Año II, núm. 6. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, pp. 238-239; H. G. WARD. (1981). *México en 1827...*, *op. cit.*, pp. 322-323.

16 “En el distrito minero de Harz, desde 1753, funcionaba una máquina de columnas de agua, misma que en 1830 el director mineralogista Johann Karl Jordan había mejorado notablemente. En esta y otras regiones alemanas, Harz en particular, se habían desarrollado en este campo técnicas nuevas, por lo que se puede considerar que su tecnología en el ramo argentífero era avanzada”, B. VON MENTZ. (1980). “Tecnología minera alemana durante la primera mitad del siglo XIX”. En *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, vol. VIII, México: Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM, p. 91.

17 VON MENTZ. (1980). “Tecnología minera alemana...”, *op. cit.*, pp. 89-92.

Pero en donde mayor empeño pusieron los ingenieros y expertos germanos fue en el proceso metalúrgico, y para ello ensayaron mejoras en los procedimientos por amalgamación e introdujeron el método de fundición mejorado, usado ampliamente a la par del sistema de beneficio por azogue, ya que las haciendas de beneficio de esa naturaleza eran insuficientes para absorber todo el producto extraído de las minas.

En unos cuantos años, el cuerpo de especialistas compuesto por 23 empleados, entre director, oficial de fundición, contador, maestro de construcción, herreros, mecánicos, tabarteros, mineros y constructor de bombas, logró transformar el panorama minero en la región al levantar una treintena de hornos de fundición¹⁸. Tan sólo la hacienda de beneficio de Trojes, centro de las operaciones de la compañía, contaba con 7 fundiciones y más de 26 hornos en los que eran tratados gran parte de los minerales extraídos, sobre todo los minerales pobres que abundan en la región. Estos, y los demás hornos de fundición “que han sido construidos según el modelo alemán, y con los cuales se beneficia los minerales pobres se encuentran esparcidos en muchas leguas a la redonda; se les levanta allí donde se encuentra suficiente energía hidráulica para impeler los fuelles y ahí donde se hallan carboneras no demasiado alejadas”¹⁹.

Los técnicos e ingenieros alemanes al servicio de la compañía, 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 de Diego Schmitz, director de la hacienda de beneficio de plata de Trojes, que perfeccionó 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%²⁰.

EL BENEFICIO POR FUEGO DE SCHMITZ

En Nueva España se utilizaron desde el siglo XVI dos métodos de beneficio para la plata: el de “beneficio por fundición” o por copelación, ampliamente utilizado en Europa; y el “beneficio por amalgamación”, también llamado de patio. En el mineral de Angangueo el método de beneficio principal fue el de patio, pero también se hacían ensayos por fundición a pequeña escala hasta que llegaron los alemanes al lugar en la tercera década del siglo XIX, que generalizaron su uso y aplicación.

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, utilizando una variedad de hornos, que a base de temperaturas elevadas permiten la licuefacción de los elementos en las menas. Este procedimiento incluye la habilitación de un espacio, con ciertas especificaciones impuestas en varios tratados escritos previamente en Europa, que a base de una

18 VON MENTZ. (1982). *Los pioneros del imperialismo alemán en México...* op. cit., p. 181.

19 C. C. BECHER. (1959). *Cartas sobre México...* op. cit., p. 161.

20 VON MENTZ. (1980). “Tecnología minera alemana...” op. cit., p. 93.

combustión continua, permitiera el cambio de estado de la materia (sólido a líquido) y posibilitara así su copelación”²¹.

Los alemanes criticaron 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. El proceso metalúrgico por fundición demandaba conocimientos y pericia en la construcción de los hornos y en el proceso de copelación. Esos atributos los reunía el ingeniero Diego Schmitz, quien dominaba 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 el costo/beneficio 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 de beneficio se había tornado, en el nuevo escenario internacional, en 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.

El ingeniero Schmitz, si bien se encargó de la administración de las haciendas de beneficio denominadas San Juan y San Cayetano, espacios 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. El primer paso que llevó a cabo en su nueva encomienda, fue reconocer la estructura geológica de los yacimientos minerales, la naturaleza y composición mineralógica de las sustancias que lo integraban y el ensaye de su ley correspondiente. Los estudios realizados por Schmitz, arrojaron los siguientes resultados, que se resumen en los cuadros 1 y 2.

Al estudiar la estructura geológico-minera en donde armaban 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 pórfido; y la segunda de pórfido 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 pueden 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”²².

21 A. MONROY BRAHAM. (2015). “Los hornos en el beneficio de los metales en la Nueva España, siglos XVI-XVIII”. En *Gremium. Revista de Restauración Arquitectónica*, vol. 2, núm. 3, enero-julio, pp. 51-52.

22 D. SCHMITZ. (1832). “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”. En *Registro Trimestre. Colección de Memorias de Historia, Literatura, Ciencia y Artes*. tomo I, núm. 1, pp. 155-156.

CUADRO 1. COMPARATIVO DE COMPUESTOS Y LEY DE LOS MATERIALES EXTRAÍDOS DE LAS MINAS NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN Y LA PURÍSIMA

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
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			

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 2. COMPUESTOS Y LEY DE LOS MATERIALES EXTRAÍDOS DE LA MINA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN

Minas	Tipo de mineral	Compuestos	Ley
Nuestra Señora del Carmen	Pepena	Una mezcla de pirita de arsénico, fierro y blenda, con plata nativa ²² .	Ley media era de 41/2 onzas de plata por quintal.
	Acerado apretado	Pirita de arsénico	Ley de plata de 41/2 onzas por quintal
	Acerado despoblado	Piritas de arsénico con blenda	Ley de plata de 41/2 onzas por quintal
	Sorroche apretado	Piritas de fierro	Ley de 21/2 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 ²³ .	

Fuente: elaboración propia.

23 Las piritas de arsénico o el arsénico sulfúrico se componían de 42% de arsénico; 22% de azufre; 36% de fierro.

24 La galena o plomo sulfureo es una composición de 85% de plomo y 15% de azufre.

Schmitz dejó en claro la importancia de los estudios geológicos 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 en calidad, cantidad y ley en cada una de ellas.

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; determinar con mayor 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 representó 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 acordes 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 asegura que en todos los casos, los resultados se basaban en ensayos rigurosos:

Los ensayos 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 ensayos por la mufla y estos ensayos siempre se han repetido cuando difieren en su ley de plata hasta que esta era exactamente igual en los dos ensayos²⁵.

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 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 reafinación de la plata y “para hacer la plata”, es decir, para hacer las barras; dos arrastras, una de agua y la otra de caballos para moler el carbón para *cisco*²⁶ en la construcción de los hornos, una galera grande para quemar los diversos minerales y fierro que producía la fundición²⁷.

En las *Memorias*, 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

25 SCHMITZ. (1832). “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio...”, *op. cit.*, pp. 191-192.

26 *Idem.*, p. 123. 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.

27 SCHMITZ. (1832). “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio...”, *op. cit.*, pp. 156-157.

la descripción de los hornos para la copelación y la afinación y de las operaciones que en ellas se hace”²⁸.

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 soplo, 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”²⁹.

Figura I. 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. D. SCHMITZ. (1832). p. 194.

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, recordemos que el beneficio de los minerales de plata se hacía hasta entonces por medio del azogue. Tratando de explicar con mayor claridad su procedimiento, el mismo 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 Academia³⁰.

28 *Idem.*, pp. 155-157.

29 SCHMITZ. (1832). “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio...”, *op. cit.*, p. 160.

30 A. AGUILAR OCHOA. (2007). “Los inicios de la litografía en México: el periodo oscuro (1827-1837)”. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*. núm. 90, México: UNAM, pp. 80-81.

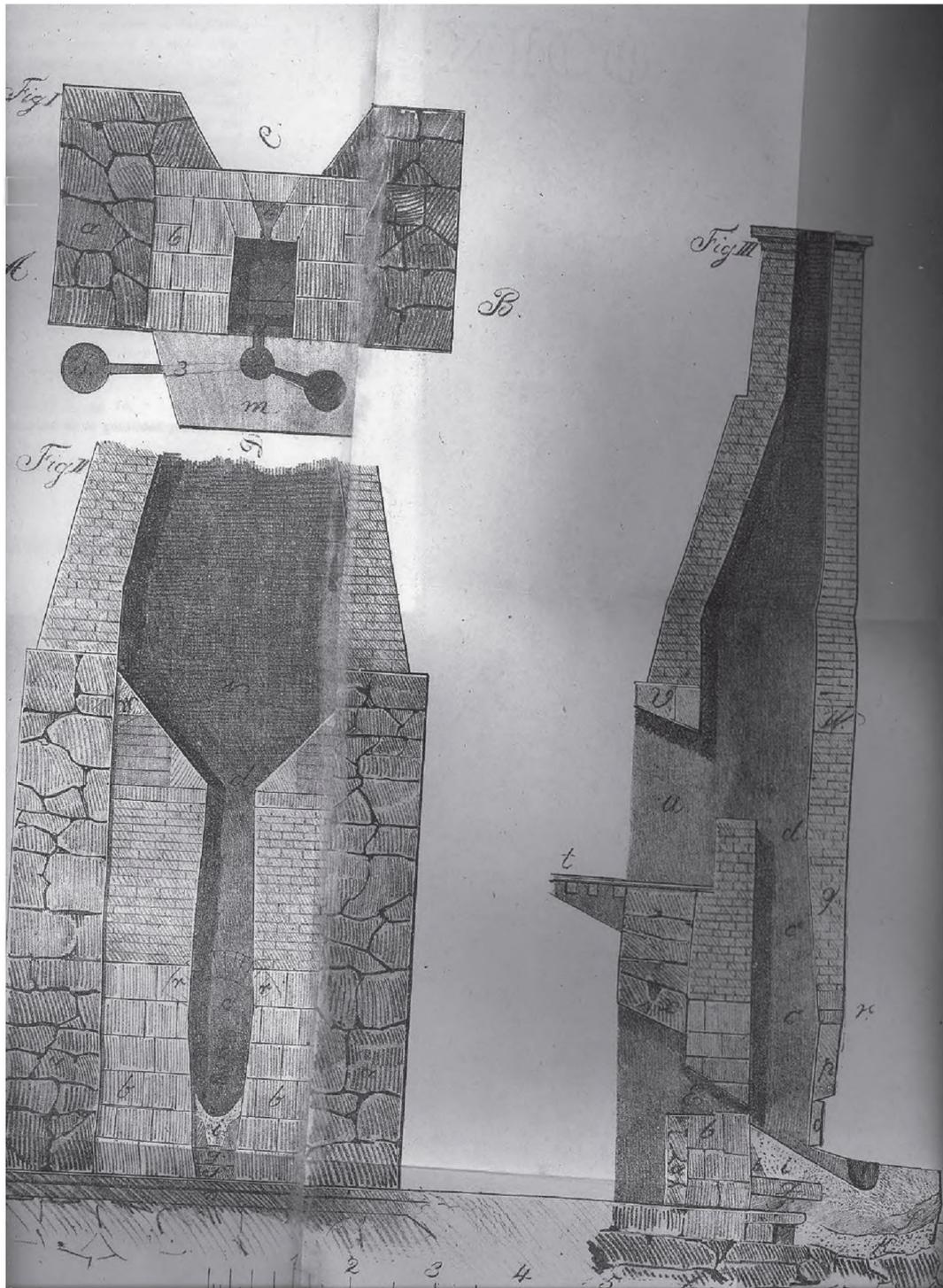


Fig. I. Litografía: Diseño y arquitectura de los hornos de fundición construidos en el mineral de Angangueo

MINERALES Y PROCESO DE FUNDICIÓN

En Anganguero los materiales extraídos de las minas se dividían en dos clases según la ley de su 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”³¹.

CUADRO 3. INSUMOS, COSTOS Y RESULTADOS

Conceptos	Beneficiados por <i>crudo o concentrado</i>	<i>Beneficio por plomo</i>
Revoltura para el beneficio	De 40 a 45 quintales de minerales quemados; De 60 a 70 quintales de grasas; De 40 a 45 quintales de mineral quemado; De 60 a 70 quintales de grasas; De 4 a 7 quintales de pizarra.	30 quintales de minerales quemados una vez. De 9 idem de greta. De 50 idem de grasas del beneficio crudo. Ahora se está fundiendo con una revoltura De 30 quintales de minerales quemados dos veces. De 15 idem de greta. De 60 idem de grasas del beneficio crudo.
Objeto del beneficio	En Anganguero 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.	Los minerales que entraron hasta ahora en el beneficio por plomo eran de la mina del Carmen, porque el <i>sorroche apretado</i> 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 á 6 onzas de plata por quintal.

31 SCHMITZ. (1832). “Metalurgia. Noticias sobre el beneficio...”, *op. cit.*, p. 162.

Conceptos	Beneficiados por <i>crudo o concentrado</i>	<i>Beneficio por plomo</i>
Ley de plata de la revoltura	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.	Los minerales que entraron hasta ahora en el beneficio por plomo eran de la mina del Carmen, porque el <i>sorroche apretado</i> 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 á 6 onzas de plata por quintal.
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. De 3,8 hasta 4 quintales de plomo. De 5 hasta 5 idem de fierros. Con dos quemas del mineral y con 50 por 100 de liga de greta, se funden ahora en 12 horas, 20 quintales de minerales los cuales producen cerca. De 6,4 quintales de plomo, y De 1,1 idem de fierros.

Fuente: 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”. En *Registro Trimestre. Colección de Memorias de Historia, Literatura, Ciencia y Artes*. Tomo I, núm. 1. México, pp. 153-194.

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 donde no es necesario moler el material triturado, para después pasar a la copelación;
- b) o en fundición combinada, por medio de hornos de reverbero, 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.

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 distinguen 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”³².

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.

El proceso de fundición duraba 72 horas, y en el intervenían: un administrador o director, cuatro maestros fundidores alemanes, dos veladores que también recibían los materiales. En cada horno de fundición trabajaba un maestro fundidor, un cargador para cargar el horno, dos “revoltureros” para hacer las revolturas y un peón para sacar las grasas, en turnos de 12 horas.

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.

32 A. MONROY BRAHAM. (2015). “Los hornos en el beneficio...”, *op. cit.*, pp. 51-52.

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.

CUADRO 4. DESIGNACIÓN DE LOS MINERALES BENEFICIADOS EN LAS HACIENDAS DE FUNDICIÓN S. JUAN Y S. CAYETANO EN EL DISTRITO MINERAL DE ANGANGUEO

NÚ me ros	NOMBRES DE LAS MINAS DE LOS MINERALES FUNDIDOS	EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO DE 1830					EN EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO DE 1830					Suma de los minerales fundidos		Suma de plata cont. en minerales		Ley de minerales por carga
		Se fundieron		Ley por carga	Contenido total de plata		Se fundieron		Ley por carga	Contenido total de plata		Carg.	Ar.	Mar	Onz	Onzas
		Carg.	Ar.	Onz	Mar	Onz	Carg.	Ar.	Onz	Mar	Onz					
	<i>Nuestra Sra del Carmen</i>															
1	Pepena	85	3	13%	143	6,9	60	11								
2	Media pepena	5	6	9	7	2,5	24	8								
3	Acerada 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	8	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	Granza de planilla						78		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						48	1	9,0	48	3,75					
15	Medio Plomo	412	11	9	464	4,0	108	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 las quemaderas						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	Granza 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	Sorrache comun						108	8	5,85	79	1,0	108	8	79	1,0	5,88
												8616	5	2991	7,79	

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 5. COSTOS DE BENEFICIO POR AZOGUE Y FUEGO

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

Fuente: elaboración propia.

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 Misericordia³³.

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

CUADRO 6. UNIDADES DE FUNDICIÓN EN EL MINERAL DE ANGANGUEO, 1847

No.	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.

Fuente: *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.

³³ *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.

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.

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, continuaron usándolo hasta bien entrada la década de 1870³⁴. 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 encuentran 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 siempre³⁵.

Desde luego, muchos de los técnicos y mineralogistas alemanes permanecieron en la región después de que las compañías mineras, que los habían contratado, cerraron sus puertas por problemas económicos, constituyéndose ellos mismos en empresarios o prestando asesoría técnica

34 J. A. URIBE SALAS. (1986). "Angangueo en la órbita imperial. Historia del siglo XIX". En *Boletín*, núm. 10, Morelia: Coordinación de la Investigación Científica-Universidad Michoacana, pp. 58-59.

35 C. C. BECHER. (1959). *Cartas sobre México...*, op. cit., p. 161.

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 fundición en Angangueo. Carlos Heimbürger era 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 lugar³⁶. Diego Schmitz abandonó el mineral de Angangueo, y poco se sabe de él.

Se facilitó así una mayor difusión del conocimiento técnico-científico entre los mineros prácticos mexicanos y la adopción de la tecnología 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 adarmes, 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 nacional³⁷.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR OCHOA, A. (2007). “Los inicios de la litografía en México: el periodo oscuro (1827-1837)”. En *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*. núm. 90. México: UNAM, pp. 65-100.
- BECKER, C. C. (1959). *Cartas sobre México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Boletín de Agricultura, Minería e Industria*. (1892). Año II, núm. 6. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento.
- BURKART, J. (1869). “Descripción del Distrito de Minas de Tlalpujahua y de su constitución geológica”. En *Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, (Segunda época). México: Imprenta de Gobierno en Palacio, tomo I, pp. 82-111.
- CARREÑO, G. (1983). *Angangueo, un pueblo que se negó a morir*. Morelia: Impulsora Minera de Angangueo.
- ESCAMILLA GONZÁLEZ, F. O. (2008). “Un metalurgista germano en Guanajuato y Michoacán: las cartas de Franz Ficher (ca.1757-ca.1814 a Ignaz von Born (1789-1790))”. En *Boletín del Archivo General de la Nación*, núm. 19, p. 90-120.
- FLORES CLAIR, E. (2006). “Los progresos de la fundición de metales argentíferos en la minería novohispana del siglo XVIII”. En *Dimensiones Antropológicas*, año 13, vol. 36, enero-abril, pp. 45-50.

36 J. A. URIBE SALAS. (1986). “Angangueo en la órbita imperial...”, pp. 58-59.

37 *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.; C. CARDOSO (Coordinador) (1980). *México en el siglo XIX. Historia Económica y Estructura Social (1821-1910)*. México: Editorial Nueva Imagen, p. 112.

- FLORES CLAIR, E. (2015). “Hacendados, mineros y comerciantes, en el Real de Minas de Angangueo, Michoacán, 1790-1810”. En J. A. Uribe Salas y E. Flores Clair (Coords.). *Comercio y minería en la historia de América Latina*. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 341-364.
- FLORESCANO, E. e I. GIL (Comps.) (1973). *Descripciones económicas generales de Nueva España, 1784-1817*. México: Secretaría de Educación Pública, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- HILLERKUSS, T. (2011). “Entre la ambición por el poder y la riqueza. El tortuoso camino de los Salazar y de los Oñate hacia las altas esferas de la sociedad novohispana”. Ponencia presentada en el *Congreso Internacional Nobleza nos Impérios Ibéricos de Antigo Regime*. Lisboa: 18 a 19 de Maio, pp. 1-7.
- MARTÍNEZ DE LEJARZA, J. J. (1974). *Anales Estadísticos de la Provincia de Michoacán en 1822*. Morelia: Fimax Publicistas.
- 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.
- MONROY BRAHAM, A. (2015). “Los hornos en el beneficio de los metales en la Nueva España, siglos XVI-XVIII”. En *Gremium. Revista de Restauración Arquitectónica*, vol. 2, núm. 3, enero-julio, pp. 51-52. <http://editorialrestauro.com.mx/los-hornos-en-el-beneficio-de-los-metales-en-la-nueva-espana-siglo-xvi-xviii/>
- PÉREZ ESCUTIA, A. (2010). “Volver a empezar: la reactivación de la minería en Tlalpujahua y Angangueo, 1821-1860”. En *Diplomado de la Historia Regional del Noreste de Michoacán, 2009-(2010)*, pp. 7-11.
- <http://www.tlacotepecmich.info/files/Download/reactivacion%20minera.pdf> (Consultado: 10-11-2011).
- RAMÍREZ, S. (1884). *Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación*. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento.
- RANDALL, R. W. (1977). *Real del Monte: Una empresa minera británica en México*. México: Fondo de Cultura Económica.
- SCHMITZ, D. (1832). “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”. En *Registro Trimestre. Colección de Memorias de Historia, Literatura, Ciencia y Artes*. Tomo I, núm. 1. México: pp. 153-194.
- TORRES, M. de J. (1915). *Diccionario Histórico, Biográfico, Geográfico, Estadístico, Zoológico, Botánico y Mineralógico de Michoacán*. Tomo III. Morelia: Tip. Particular del autor.
- URIBE SALAS, J. A. (2005). *Historia de la minería en Michoacán*. vol. II. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Sociedad Mexicana de Mineralogía.
- URIBE SALAS, J. A. (1986). “Angangueo en la órbita imperial. Historia del siglo XIX”. En *Boletín*, núm. 10. Morelia: Coordinación de la Investigación Científica-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, pp. 58-68.

- URIBE SALAS, J. A. (2009). "Ilustración, ciencia y economía. Los problemas de las minas de Inguarán". En M. C. GAVIRA MÁRQUEZ. (Coord.). *Instituciones y actores sociales en América*. Morelia: UMSNH, pp. 83-110.
- VON MENTZ, B. (1980). "Tecnología minera alemana durante la primera mitad del siglo XIX". En *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*. vol. VIII, México: Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM, p. 91.
- VON MENTZ, B. et. al. (1982). *Los pioneros del imperialismo alemán en México*. México: Ediciones de la Casa Chata.
- WARD, H. G. (1981). *México en 1827*. México: Fondo de Cultura Económica.