

Ilustración española y pragmatismo americano. El fracaso del proyecto europeo en la minería americana

Ramón Gutiérrez
(CONICET. Argentina)

José de Gálvez, marqués de Sonora, fue una figura clave para la definición de un programa de presunta recuperación de la minería americana, sustento económico obvio de la corona española. Advertida España de su decadencia frente a las innovaciones tecnológicas de la artillería y la navegación francesa e inglesa, así como de la eficacia productiva de la minería de los sajones y suecos comenzó tareas de espionaje industrial y, a la vez, de capacitación de especialistas en aquellos países. De estas tareas participaron entre otros el marino Jorge Juan, los hermanos Fausto y Juan José Delhuyar y Andrés del Río que tendrían una fundamental incidencia en el proyecto americano de la corona.

El planteo de la ilustración española puso en evidencia, desde la segunda parte del siglo XVIII, su complejo de inferioridad con respecto a los países europeos.¹ Así, desconociendo o sin entender la realidad minera americana, que era todavía la base de la economía española, José Gálvez, Ministro de Indias entre 1776 y 1787 impulsó el traslado a América de los sistemas de fundición, en reemplazo de los de amalgamación.²

El sistema de amalgamación que se venía usando en América desde el siglo XVI, se iba consolidando sucesivamente por la mayor experiencia y las innovaciones que introducían los mineros americanos. Los procesos de amalgamación inventados en 1554 por Bartolomé de Medina en Pachuca derivarían en el sistema de “patio” para el caso mexicano.

El nombre del procedimiento deriva de que la técnica se desarrolla en un patio o espacio llano cerrado, donde el mineral molido se mezclaba primero con salmuera, añadiendo después sulfuro de cobre o de hierro y por último mercurio en forma de lluvia. El cloruro de cobre o de hierro resultante de la reacción de los sulfuros con la sal común actúa sobre la plata de los minerales

¹ El economista español Campillo y Cossio recomendaba mirar *las medidas, usos y medios que emplean las Naciones Europeas para adelantar el beneficio de sus minas, como son los ingenios de fuego, y otras máquinas que para sacarlas se usan y están en Hungría con el mayor primor y delicadeza. La fundición y arte de separar los metales de la tierra y piedras, en parte se ejecuta mejor en Sajonia, pero en punto de economía nada iguala a Suecia*. Sobre algunas facetas de la aventura científica ilustrada hemos escrito recientemente “El árbol de Hierro”. Ed. Trea. Oviedo. 2006.

² Para paliar el desconocimiento sobre la minería americana en 1752 se realizó una encuesta y requerimientos de muestras mediante instrucciones a los virreyes: *Memoria que debe enviarse a los virreyes de Lima, México y Nuevo Reino de Granada, para que arreglándose a ella hagan recoger toda suerte de minerales, para formar el Gabinete Real de Historia Natural de las Minas que se hallan en los Dominios de Su Majestad en las dos Américas*. Algunas respuestas en el AGI. Indiferente General. Legajo 1549.

formando el cloruro argéntico, a continuación el mercurio descompone el cloruro argéntico y la plata que va quedando libre resulta amalgamada. No resta sino calentar la amalgama para recuperar por separado la plata y el azogue.³

En el Perú surgiría el tratadista más exitoso de la minería hispana, el cura Álvaro Alonso Barba⁴ cuyo “Arte de los metales” que fuera editado en España en 1640 se reeditó hasta 1770 en varios idiomas. La obra estaba dividida en cinco libros, pero el segundo que trataba el modo de beneficiar la plata por azogue y el tercero que hablaba del sistema de cocimiento en cazos, constituían la parte esencial que curiosamente, siglo y medio después, habría de ser reivindicada en Europa ante el asombro de los “ilustrados” españoles.⁵

Los españoles ilustrados del XVIII no cambiaban su actitud sobre la producción americana a la que despreciaban por considerarla meramente pragmática y carente de la base “científica” que ellos presumían de poseer. La minería era concebida como un sistema extractivo que debía asegurar una alta rentabilidad coyuntural para la corona, de allí las exigencias pragmáticas de rendimiento y las escasas preocupaciones por un desarrollo científico y tecnológico sostenido que tampoco impulsaban desde la metrópoli.⁶ En Europa y España las experiencias americanas eran descartadas como fuente de referencia y ni siquiera valoradas como aportes pre-científicos también por prejuicios etnocéntricos. Esto se explica por el profundo desprecio que tenían los españoles ilustrados a las propias manifestaciones del mundo indígena que tenía fuerte presencia en los grandes centros mineros de México y Perú. A pesar de ello el empirismo americano había dado resultados positivos adaptados a su propia circunstancia, pero impulsado fundamentalmente por los mismos mineros antes que por los funcionarios de la Corona.

Los sistemas de amalgamación con azogue, relacionados con los experimentos de Alonso Barba eran utilizados de diversas maneras según modos de producción locales, aportando distintas tradiciones tecnológicas en la región andina.⁷ Entre los inconvenientes puede señalarse, luego de la caída de la producción de mercurio en Huancavelica, la dependencia, sobre todo en México, de las transferencias de azogue desde España. A ello se unían los tiempos prolongados del proceso y la falta de rigor en el uso del mercurio que originaba desperdicio. Entre las virtudes cabe señalar que permitía recuperar minerales de baja ley que de otra forma hubiese sido muy oneroso recuperarlos.⁸

³ Portela, Eugenio. “El beneficio de los metales de plata en la América colonial”. En Peset, José Luis (Coordinador). *Ciencia, vida y espacio en iberoamérica*. Madrid, CSIC, 1989, vol. II, p. 157.

⁴ Fernández Pérez, Joaquín. *Los frutos de la invención de la plata, el mercurio y el azúcar contribuciones científico-técnicas de la América colonial*. Granada. Aula de Ciencias. Universidad de Granada. 1993.

⁵ Bargalló, Modesto. *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial, con un apéndice sobre la industria del hierro en México desde la iniciación de la Independencia hasta el presente*. México. Fondo de Cultura Económica. 1955

⁶ REAL ACADEMIA DE LA HISTORIA. Colección Muñoz. Tomo II. N 59. Orrio, Xavier Alejo, S. J. *Metalogía o Physica de los metales para el mejor logro de la minería en las Américas*. Años (1737-1767), pp. 171-319.

⁷ Lang, Mervyn. “Amalgamación y fundición en la minería americana”. En *VI Congreso de la Sociedad Española de Historia de la Ciencia y de las Técnicas*. Segovia-La Granja 1996, tomo II, p. 671.

⁸ Véase también Lang, Mervyn. “El asiento Greppi y el suministro de azogue a América hacia finales del siglo XVIII”. En Zeuske, M., Schmieder V. (Editores). *Regiones europeas y Latinoamérica (siglos XVIII y XIX)*. Madrid- Frankfurt. Vervuert. 1999.

La opción europea

En este contexto, luego de la crisis minera de Potosí y de los crecientes gastos bélicos en que incurre Carlos III, la necesidad de extraer más oro y plata de América, llevará a imponer los adelantos “científicos” para superar la producción americana. Por ejemplo, el Virrey del Perú planteaba a Gálvez en 1778 las ventajas del método de fundición y mencionaba presuntos éxitos de Pedro de Ugarte en Nueva Granada (en sociedad con Mutis), y de Juan Bautista de Arrieta en Cajatambo, lugares de por sí marginales de los centros de producción americana y donde se disponía de madera para combustible.⁹

En la opción por la fundición, la ilustración española evidencia su adscripción ciega a los modelos centrales europeos que consideraba más avanzados. Esto la llevaría a desconocer las ventajas de la experiencia americana de varios siglos sobre *la tecnología platera europea coetánea* y así continuar por mucho tiempo con la “infravaloración” del “beneficio de patio” americano.¹⁰

Curiosamente, cuando existía voluntad real desde España de cambiar los mecanismos de producción, serían justamente los “avanzados” centroeuropeos los que descubrirían las bondades de los sistemas de amalgamiento en caliente que los americanos habían venido practicando desde hacía siglos.¹¹ Esto lleva con razón a afirmar que...

la ciencia española de la segunda mitad del siglo XVIII sufría gravemente de inconstancia y falta de continuidad. Como todas las reformas borbónicas, las iniciativas en el campo de la ciencia tampoco seguían un programa coherente.¹²

Cuando Gálvez impulsaba instalar en América masivamente el sistema de fundición, en Austria y Hungría el Barón Born demostraba la superioridad productiva del sistema de amalgamación que los americanos venían usando desde hacía siglos. El impacto que la propuesta del Barón Born tuvo en los círculos científicos europeos llevó a España a comprar los derechos de uso de su sistema, a que Born dedicara a Carlos III su edición francesa y que Fausto Delhuyar (gestor de estos arreglos) contratara expediciones de mineros alemanes y polacos para sacar de su presunto atraso a los americanos aplicando el “nuevo sistema” que ellos ya habían inventado y utilizado.

El negocio de la venta del azogue de Sajonia estaba detrás de este proyecto, que era más factible una vez que fue desarticulada la producción en Huancavelica (Perú) y se vio insuficiente la producción de Almadén (España). Ello exigió adquisiciones masivas que tramitaría el Conde Greppi desde Cádiz.

⁹ Agi. Lima. Legajo 658. Nota del Virrey Guirior. Lima, 20 de julio de 1778. El mismo Mutis reconocerá el fracaso de sus negocios mineros con Ugarte.

¹⁰ Lang, Mervyn F. “Azoguería y amalgamación. Una apreciación de sus esencias químico-metalúrgicas, sus mejoras y su valor tecnológico en el marco científico de la época colonial”. En *La otra América. Hombres, técnica, plata*. Aconcagua Libros, Sevilla, 2000, p. 77-78.

¹¹ Humboldt, Alejandro de. *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*. (1808-1811). México. 1941. En su libro IV, Humboldt reconoce que el método inventado por Born en 1786 era el de Alonso Barba.

¹² Galaor, Isabel et al. *Las minas hispanoamericanas a mediados del siglo XVIII. Informes enviados al Real Gabinete de Historia Natural de Madrid*. Berlín. Berliner Lateinamerika-Forschungen, Vervuert, 1998, p. 19.

Las expediciones de los mineros europeos en Nueva España, Nueva Granada y el Perú, terminarían con rotundos fracasos que recogen no solamente los escasos resultados de haber aplicado los métodos de barriles de Born sino también el reconocimiento explícito de Sonneschmidt y Fausto Delhuyar en México, Nordenflicht en el Perú y Juan José Delhuyar en Colombia. El empirismo de los sistemas de patio mexicanos demostraría mejores resultados ante la necesidad de una producción de gran escala, que como señalara Humboldt poco tenía que ver con las operaciones mucho más limitadas de la minería europea que se tomaba como modelo. Nos quedaría de esta experiencia los tribunales de Minería, los textos traducidos y la Academia de Minería de Nueva España, es decir los frutos administrativos, intelectuales y científicos de la ilustración, pero escasísimos resultados en la producción.

El azogue como clave de la nueva etapa productiva

Quizás el problema que se planteaba en la producción española se centraba en la necesidad de aumentar la extracción de mercurio, pues aunque las minas de azogue de Almadén, las principales del mundo junto con las de Idria, habían tenido un fuerte crecimiento, la realidad es que la mayoría de esta producción era consumida por la minería de la Nueva España (México).¹³ En general la producción de Huancavelica (Perú), activa desde 1568, tenía rasgos irregulares. Si en el siglo XVII duplicaba la producción de Almadén, a mediados de 1760 la situación se había invertido, lo que no logró revertirse a pesar de los intentos que en el último tercio del siglo XVIII se harían para perfeccionarla.¹⁴

El agravante se habría de producir justamente en el año 1786 cuando, luego de los trabajos de consolidación de las minas por el Ingeniero Mariano Pusterla, su reemplazante Francisco Marroquín, bajo la conducción del Intendente Fernando Márquez de la Plata, se le ocurrió cambiar los estribos para buscar nuevas vetas y generó el desmoronamiento de la galería principal.¹⁵ Este desastre afectó decididamente la producción de azogue de Huancavelica y llevó a importar mercurio desde Europa entre 1786 y 1799.¹⁶ Obviamente estas operaciones significarán una notable elevación de costos en el transporte y abastecimiento, que se reflejaban en la producción minera forzando el subsidio de la corona al abastecimiento en Nueva España y en el Perú.

La caída de la producción minera en Potosí, parcialmente reparada con nuevos descubrimientos en la región de Puno en el Perú y en el norte de Chile, no despejaba el problema de fondo de la inercia del sistema de extracción y la escasa evolución de los mecanismos tecnológicos que llevaron en tres décadas a utilizar fundamentalmente los rezagos de las anteriores explotaciones, como ya hemos visto.¹⁷ El encarecimiento del azogue se debió entonces a la creciente demanda y a la pérdida elevada generada por el bajo rendimiento en su uso.

¹³ Bowles, Guillermo. *Introducción a la Historia Natural y a la Geografía Física de España*. Madrid. En la imprenta de Francisco Manuel de Mena. 1775. El irlandés Bowles vino a España invitado por Antonio de Ulloa para mejorar el rendimiento de las minas y visitó Almadén en 1752. Llama la atención que desconociera el perjuicio que el mercurio generaba en la salud de los trabajadores, a los que atribuye fingimiento. Es un caso posible de falseamiento científico para no disgustar al comitente.

¹⁴ Lohmann Villena, Guillermo. *Las minas de Huancavelica en los siglos XVI y XVII*. Sevilla. Escuela de Estudios Hispanoamericanos. 1949. Pearce, Adrian J. *Huancavelica 1700-1759: administrative reform of the mercury industry an early bourbon Perú*. Durham. Duke University Press. 1999.

¹⁵ Brown, Kendall. "Los cambios tecnológicos en las minas de Huancavelica en el siglo XVIII". En *Hombres, técnica, plata*. Aconcagua. Sevilla 2000. Véase también Lang, Mervyn F. "El derrumbe de Huancavelica en 1786, fracaso de una reforma borbónica." En *Histórica*. Lima. PUC. Vol X. N 2.

¹⁶ AGI. Lima. Legajo 669. Despacho reservado del Virrey Croix sobre la ruina de la mina de Huancavelica. Lima, 16 de noviembre de 1786.

¹⁷ Saguier, Eduardo. "La penuria de agua, azogue, mano de obra en los orígenes de la crisis minera colonial. El caso de Potosí a fines del siglo XVIII". En *HISLA. Revista Latinoamericana de Historia Económica y Social*. N° 12. Lima. 1989.

Desde 1783 se iniciaron gestiones para importar azogue en pequeñas cantidades que eran traídas al caño del Trocadero en Cádiz donde se habían instalado los almacenes. Durante los siguientes años los problemas de transporte, almacenamiento y embalaje para su traslado a América constituyeron temas centrales, sobre todo por las fuertes pérdidas generadas por los contenedores deficientes.¹⁸ A ello se sumarían los altos costos del mercurio procedente de Almadén y de Austria que hacía ver en 1793 a la minería peruana en crisis si no se buscaba una solución a la producción de azogue de Huancavelica.¹⁹

Los proyectos de la Ilustración para la minería

Los intentos de renovación minera se encuadran en el marco de la “educación popular” impulsada por Pedro Rodríguez de Campomanes.²⁰ Confluye en ello el desarrollo de las ciencias que Carlos III fortalece a través de instituciones regias (Museo Nacional de Ciencias en 1771, Real Jardín Botánico en 1781). Con anterioridad es importante para este tema la creación por Antonio de Ulloa en 1752 del Gabinete Real de Historia Natural, conocido como “La Casa del Platino” con un Laboratorio metalúrgico.²¹ A la vez los grupos privados como la “Real Sociedad Vascongada de Amigos del País” impulsaron proyectos para mejorar la producción minera.²² Esta última institución creó Laboratorios de Física y Química en Vergara, donde Luis José Proust (1754-1826) primero y François Chavaneau después formarían figuras claves de la renovación mineralógica.²³

A fines del siglo XVIII en su destierro asturiano el propio Melchor Gaspar de Jovellanos buscará impulsar mediante un relevamiento preciso de las potencialidades de cada yacimiento la riqueza minera de la región, pero estos proyectos tuvieron escasa andadura.²⁴

Los Delhuyar paradigmas científicos de la ilustración española

La necesidad de formar recursos humanos especializados para superar el atraso respecto a otras naciones europeas llevará a enviar becarios a los más importantes centros de producción. Entre ellos se destacarán los hermanos Fausto y Juan José Delhuyar que fueron destinados en 1773-

¹⁸ AGI. Lima. Legajo 719. Real Orden de 1 de junio de 1798 para remitir azogue en vasijas de hierro batido en lugar de baldes. El Virrey del Perú anuncia un estudio comparativo de ambos métodos. Lima, 8 de abril de 1799.

¹⁹ AGI. Lima. Legajo 1008. Expedientes de Juan Manuel Fernández de Palazuelos que fuera Gobernador de Huancavelica. Diversas notas del año 1792.

²⁰ Rodríguez Díaz, Laura. *Reforma e ilustración en la España del siglo XVIII: Pedro Rodríguez de Campomanes*. Madrid. Fundación Universitaria Española. 1975

²¹ Hausberger, Bernd. “La ciencia española en el siglo XVIII y el proyecto de Gabinete Real de Historia Natural de Madrid en 1752”. En *Las minas hispanoamericanas a mediados del siglo XVIII. Informes enviados al Real Gabinete de Historia Natural de Madrid*. Berlín. Veuvert Iberoamericana. 1998

²² AGI. Lima. Legajo 1491. En 4 de marzo de 1769 se indicaba al Virrey Amat que promoviera en el Perú el estudio de las matemáticas, lo que ayudaría a la minería, pues con esas “luces” llegarían a trabajarse como las de Sajonia y Bohemia. Cfr. CÁTEDRA DE SAN ISIDORO. *La minería hispana e iberoamericana. Contribución a la investigación histórica*. León. 1974. Vol. VIII. Tomo Segundo. Pág. 546

²³ Pellón, Inés, GAGO, Ramón. *Historia de las Cátedras de Química y Mineralogía de Bergara a finales del siglo XVIII, incluyendo un informe inédito de Fausto Delhuyar sobre las minas de Aralar*. Bergara. Ayuntamiento de Bergara. 1994. Véase Silván, L. *El químico Luis José Proust (1754-1826)*. Vitoria. ESET. 1964.

²⁴ Coll Martín, Sebastián. *Jovellanos y la minería asturiana. Textos inéditos de Don Gaspar José de Jovellanos*. Oviedo. 1984.

1777 como pensionados para estudiar en París medicina y cirugía, junto a química, matemáticas e historia natural.²⁵ Posteriormente lo hicieron en la Bergakademie de Freyberg (1778-1781) donde se especializaron junto a Gottlob Werner (1749-1817) en mineralogía, geometría subterránea, química aplicada a la metalurgia y docimacia.²⁶ Los Delhuyar aprovechan para participar activamente de los núcleos científicos alemanes y en Manheim asisten a la Sociedad Alemana y reconocen el apoyo real a las ciencias y las artes. Desde allí, a partir de marzo de 1781 recorrieron los principales centros mineros de Sajonia, Hungría, Noruega, Suecia e Inglaterra documentando las técnicas utilizadas.²⁷ Su centro operativo será la ciudad de Viena desde donde pasan a Hungría para verificar la calidad de la maquinaria y la superioridad de las lavanderías respecto de las de Sajonia. En su correspondencia mencionan como referencia las cartas que remite Ignaz von Born a Johann Jakob Ferber donde describe las características geológicas que los Delhuyar piensan que pueden ser modificadas. Posteriormente, estuvieron en Schemnitz donde admiraron el equipamiento y la organización y de allí a Kremnitz, en Checoslovaquia, y Neushol con sus minas de plata. Volvieron posteriormente a Schmolnitz en alta Hungría, que encontraron de menor categoría que las de la baja Hungría. De aquí Fausto regresó a Vergara en octubre de 1781 a dar sus cursos, y su hermano continuó sus itinerarios. En Suecia, Juan José, cuyo objetivo secreto era el espionaje sobre la artillería, se quedará sin embargo en Upsala estudiando química con Karl Wilhem Scheele (1742-1786) y Torbern Oloff Bergman (1735-1784).²⁸

En Vergara, integrado a la enseñanza en la Real Escuela Metalúrgica, Fausto Elhuyar montó el Laboratorio Químico junto a François Chavaneau y también colaboró en la primera academia formada en las Minas de Almadén bajo el título de Nueva Escuela de Geometría Subterránea y Mineralogía.²⁹ Con Chavaneau (1754-1842) trabajó en la maleabilidad y purificación del platino. Formados en los principales centros científicos europeos los Delhuyar marcaban la culminación de ese proceso de capacitación impulsado por la ilustración. Juan José regresaría a España en julio de 1783, año en que los hermanos Delhuyar se dieron a conocer internacionalmente como descubridores del Wolframio.³⁰ Estos trabajos les granjearon la apertura a los grandes centros científicos y las consiguientes gratificaciones honoríficas que constituían el estímulo del reconocimiento profesional. Así fueron nombrados académicos correspondientes de la Academia de Toulouse, socios de la “Werneriana de Marburgo” y de la de Edimburgo. Fausto sería luego nominado en la “Sociedad de Minas de Alemania” y en la “Sociedad de investigadores de la naturaleza” de Berlín.³¹

²⁵ Arnaiz y Freg, Arturo. “D. Fausto Delhuyar y de Zubice”. En *Revista de Historia de América*. N 6. México. 1936. Pp. 75-96.

²⁶ Palacios Remondo, Jesús. “Formación científica de Fausto Delhuyar en Europa y su proyección en la ciencia metalúrgica”. En *HORMIGÓN, Mariano et al. XIX International Congress of History of Science*. Zaragoza. 1993. Tomo III. 39-6

²⁷ Whitacker, Arthur. “Las misiones mineras de los Elhuyar y la ilustración”. En *Boletín de Historia y Antigüedades*. N^o 462-464. Bogotá. 1953. Pág. 312-343.

²⁸ Arnaiz y Freg, Arturo. “Don Fausto Delhuyar y de Zubice, y Don Andrés Manuel del Río, Catedráticos del Real Seminario de Minería de México y descubridores del Tungsteno y del Vanadio respectivamente”. En *La minería hispana e Iberoamericana. Contribución a su investigación histórica*. León. VI Congreso Internacional de Minería. 1970. Tomo I. Pág. 694.

²⁹ AGS. Secretaría de Hacienda. Legajo 61. Gastos del personal de la Nueva Escuela. 1778.

³⁰ Elhuyar, Fausto y Juan José. *Análisis químico del Wolfram y Examen de un nuevo metal que entra en su composición*. Vitoria. 1783.

³¹ Palacios Remondo, Jesús. *Los Delhuyar*. Logroño. Consejería de Cultura, Deportes y Juventud. 1992. P. 314.

En septiembre de 1784, luego de sus informes sobre el espionaje de artillería, Juan José Delhuyar pasó como Director General de Minas de Nueva Granada donde residiría hasta su fallecimiento en 1796.³² Fausto pasaría a México de donde regresaría a España en 1821.³³

Cabe aquí reiterar la pregunta que se formula Palacios Remondo:

¿Cómo se explica que dos personajes de la talla científica de los Delhuyar se perdieran para la ciencia dentro de España y se enajenara, en cierta medida, el enorme capital invertido y acumulado en su formación científica? ¿Cómo es posible que no existiera un magnetismo con suficiente fuerza de atracción, sobre todo, en dos polos constituidos en Barcelona y la metrópoli para retenerlos?

Las respuestas son simples: la ciencia española estaba entonces subordinada a los intereses utilitarios: estratégicos y económicos y ambos tenían su epicentro en América, sostén de la monarquía a través de la producción de su riqueza mineral. Por otra parte los supuestos “polos” científicos peninsulares estaban claramente devaluados ya que el propio Fausto Delhuyar debió abandonar la enseñanza en Vergara por carencia de alumnos.

Coincidimos sin embargo, sobre todo en el caso de Juan José Delhuyar que su producción americana fue muy inferior a las expectativas que sus conocimientos científicos potencialmente hacían predecir. Es posible que las circunstancias de su carácter, *su estilo perezoso*, que menciona su hermano Fausto en 1789, y su tendencia al aislamiento *privado del trato racional de las gentes*, hayan contribuido a ello. El caso de Fausto es más complejo pues su actividad es clave en todo el proceso de transferencia de recursos humanos europeos a las colonias americanas y el consiguiente fracaso científico de los mismos. Sin embargo, su aporte a la minería mexicana y sus posteriores contribuciones a la española lo proyectan en una dimensión diferente, que ratifica la expectativa despertada por sus tempranos descubrimientos.

En ambos casos sin embargo, la gestión burocrática y las tareas colaterales que le impone el servicio del Rey (espionaje, reclutamiento de personal) parecen haber limitado sus vocaciones y capacidades de investigación científica. Como bien señala Gómez Urdáñez, Fausto realizó...

una gran labor organizativa, en las minas y en la enseñanza, pero no volvió a pisar un laboratorio europeo ni mantuvo relación epistolar con los grandes sabios que había conocido.

El Ordenamiento jurídico de la minería y la visión europea de América

Como señaláramos José de Gálvez, juega un papel decisivo en el ordenamiento de la minería por su actuación primero como Visitador en la Nueva España y luego como Ministro de Indias. Sin embargo, su visión ilustrada parte de la lectura que se hace desde la metrópoli y por ello será distinta que la que propone el mexicano Francisco Javier Gamboa en sus “Comentarios a

³² Palacios Remondo, Jesús. “Correspondencia de José Celestino Mutis con Juan José Delhuyar en el II Centenario de la muerte de Juan José Delhuyar (20 de septiembre 1796-1996)”. En García Hourcade, José Luis et al. *Estudios de Historia de las Técnicas, la arqueología industrial y las Ciencias*. Salamanca. Junta de Castilla y León. 1998. P. 663.

³³ Elhuyar, Juan José y Fausto. *Chemische Zergliederung des Wolframs: Untersuchung eines neuen in befindlichen Metalles*. Halle. In Verlag der Buchhandlung des Waisenhauses. 1786. La obra fue traducida del inglés de Carlos Cullen por Federico Alberto Carlos Gren. Ver también López de Azcona, Juan Manuel. *Los hermanos Elhuyar descubridores del Wolframio. 1782-1783*. Madrid. Fundación Gómez Pardo. 1983.

las Ordenanzas de Minas” (1761) cuya mirada para organizar la minería parte de los intereses locales de mineros y comerciantes.³⁴ Luego de una solicitud del Virrey y atendiendo también a la “Representación” que realizan Velázquez de León y Lassaga en 1774, Gálvez habría de sancionar las nuevas Ordenanzas para el Cuerpo de Minería de Nueva España en 1783 y ellas habrían de servir de modelo para la sanción de las similares en el Perú en 1786.³⁵

La adaptación de estas Ordenanzas en el Perú fue realizada por el Superintendente Jorge Escobedo y comprendía 56 aclaraciones específicas.³⁶ Estas Ordenanzas peruanas no contaron con el beneplácito del Virrey Teodoro de Croix, quien alegaba no haber dado licencia para estas adiciones.³⁷ Para el caso de Potosí hubo proyectos de Ordenanzas de Juan del Pino Manrique y de Pedro Vicente Cañete (el llamado Código Carolino de 1794), que modificaban las antiguas Ordenanzas del Virrey Toledo sancionadas en el siglo XVI.

La principal consecuencia jurídica fue la creación del Real Tribunal de Minería que reglamentaba la extracción, el beneficio y la habilitación de los mineros, entendiendo en todos los pleitos que estas acciones generaran. Estas medidas de reorganización administrativa y la reducción de los costos de producción señalan las virtudes pragmáticas que permitieron mejorar la situación minera.³⁸

Fausto Delhuyar tradujo las Ordenanzas de Minería de Sajonia que sirvieron de referencia para la redacción de las Ordenanzas de Nueva España.³⁹ Su planteo ejecutivo fue desde un comienzo el de traer a América expediciones de científicos europeos que posibilitaran la mejora de los modos de producción.⁴⁰ Esta idea, que adoptaría el Marqués de Sonora, venía siendo planteada desde antes por otros funcionarios convencidos de la superioridad del sistema de fundición respecto de los métodos americanos.

Posteriormente al viaje con su hermano, Fausto Delhuyar dejó su cátedra en Vergara y fue en 1785 a Viena en misión de espionaje para reclutar fundidores para artillería dentro de la necesidad de mejorar las actividades ofensivas de la armada española.⁴¹

Antes de su pase a América, ambos hermanos mantendrán contactos con los más destacados núcleos científicos europeos. Sus avances sobre la platina y el wolframio, su conocimiento

³⁴ Saldaña, Juan José. “Ilustración, ciencia y técnica en América”. En AAVV. *La ilustración en América colonial*. Aranjuez. Ediciones Doce Calles. 1995. P. 42

³⁵ Gálvez, Joseph de. *Reales Ordenanzas para la dirección, régimen y gobierno del importante Cuerpo de la Minería de Nueva España y de su Real Tribunal General. De Orden de Su Majestad*. Madrid. Año de 1783.

³⁶ Reales Ordenanzas para la dirección, régimen y gobierno del importante cuerpo de Minería de Nueva España y su Real Tribunal de orden de Su Majestad. Lima. 1786

³⁷ AGI. Lima. Legajo 669. Despachos reservadísimos del 20 de octubre y del 5 de noviembre de 1786

³⁸ La vigencia de las Ordenanzas fue prolongada. Véase C. N. *Ordenanzas de Minería y Colección de Órdenes y Decretos de esta materia posterior a su publicación. A los que van agregadas las reformas de que son susceptibles algunos artículos vigentes de las mismas Ordenanzas. Con un apéndice concerniente a las Minas del Perú*. París. Rosa Bouret. 1864.

³⁹ Ibáñez Rodríguez, L. *La proyección mundial de los hermanos Delhuyar en el campo de la ciencia y de la economía*. Logroño. Universidad de La Rioja. 2002

⁴⁰ Gil Novales, Antonio. “Fausto Delhuyar y Georg Forster”. En Garma, Santiago. *El científico español ante su historia. La ciencia en España entre 1750 y 1850. Primer Congreso de la Sociedad Española de Historia de la Ciencia*. Madrid. Diputación Provincial. 1980. P. 191-199.

⁴¹ Silván, Leandro. *Los estudios científicos en Vergara a fines del siglo XVIII*. San Sebastián. Biblioteca Vascongada de Amigos del País. 1953.

directo de la minería centroeuropea y su aprendizaje junto a figuras destacadas de la ciencia, eran credenciales inobjetable. Sus trabajos iniciales fueron editados en la Sociedad Vascongada de Amigos del País, y la mayoría de los de Fausto fueron impresos en México a comienzos del siglo XIX. En su correspondencia mencionaban a Bergman en Suecia, su “Memoria” sobre el Wolframio que editada en España, habría de publicarse luego en el Journal del Abate Rosier. En realidad, de este trabajo se editaron versiones en inglés (1785), alemán (1786) y en francés en Tolouse posteriormente.

Entre la fundición y la amalgamación. El dilema americano en Nueva Granada

Como en otros lugares de América, la Nueva Granada tenía cifrada en la minería su basamento económico articulado a España. Hasta 1780 las remesas de oro constituían el 100% de sus exportaciones. La posibilidad de diversificar esta producción llevaría a explorar nuevas líneas como el algodón, el cacao y fundamentalmente, la quina. En 1782 el Virrey Arzobispo Antonio Caballero y Góngora ponderaba la riqueza y variedad de los minerales del territorio, incluyendo el cobre y el plomo junto a la plata. Pedía, a la vez, que le remitieran expertos en minería de Sajonia o Suecia y *un Laboratorio de Ensayos de Cronsted con las instrucciones del autor*.

Como bien señala Palacios Remondo, las necesidades económicas de la Corona para aumentar la producción de oro y plata americana los lleva a enviar a Juan José Delhuyar *el científico más completo de esa época y el más experto en metalurgia, minería y fundiciones de toda la metrópoli*. A Delhuyar lo acompañará Ángel Díaz, quien había estudiado en París matemáticas, física y química, así como la mineralogía en Vergara. La presencia de ambos garantizaría un cambio en los métodos pragmáticos que se venían aplicando.

Justamente el médico José Celestino Mutis había iniciado en forma privada una serie de acciones de minería en la región de Pamplona donde vivió cuatro años en el Real de Minas de la Montuosa (1766-1770). Asociado con Pedro Ugarte, Mutis, decidió en 1773 mandar a su colaborador Clemente Ruiz a Suecia para capacitarse. Fue importante en esta gestión la amistad epistolar de Mutis con Linneo y Claudio Alströemer quien le indica a Ruiz que tome contacto con Bergman. El Cónsul en Cádiz —Gahn— se lamenta que Ruiz no estuviera más tiempo y con más quietud en Suecia, donde se formó sobre todo en los sistemas de fundición regresando en 1777. Posteriormente Mutis se instaló en las minas de Nuestra Señora del Rosario del Cerro del Sapo cerca de Ibagué (1777), retirándose parcialmente de los negocios mineros cuando el Virrey le creó la Expedición Botánica (1783), pero insistió en destinar a Delhuyar a las minas de Mariquita donde él había fijado su residencia. El Virrey entendía que esta circunstancia de proximidad favorecería la acción de ambos y adjudicó a ellas un conjunto de mineros alemanes que contrató la corona de España.

Las minas de esta región, Santa Ana, Lajas y el Cristo no eran sin embargo de las mejores, aunque estaban cercanas a las del Sapo que pertenecían a Mutis y Ugarte.

Juan José Delhuyar figuraba, por nombramiento real, como Director de Minas del Nuevo Reino de Granada, pero en el Real minero de Santa Ana ejercerá de ingeniero, arquitecto, sobrestante, factor, fundidor, perpenador, oficinista, administrativo, profesor de las artes de la minería, etc. Pero como si estuviera desterrado.⁴²

⁴² Palacios Remondo, Jesús, *Los Delhuyar*. Logroño. Consejería de Cultura, Deportes y Juventud. 1992. P. 250.

La carencia de recursos, de mano de obra especializada y de una infraestructura se aunaban al escaso interés que la minería había despertado en la región. Sabemos, sin embargo, que...

más que los obreros y negros esclavos que trabajaban en los socavones, presentaron problemas los técnicos alemanes y sus mujeres, gentes acostumbradas a las comodidades europeas y en continua repulsa con el medio tropical aldeano.⁴³

En la idea del reemplazo del sistema americano de amalgamación tuvieron importancia los experimentos realizados en Nueva Granada por Celestino Mutis y Juan José Delhuyar sobre si era más beneficiosa la fundición que la amalgamación.⁴⁴ El Virrey formó una comisión que luego de sus observaciones afirmaba en 1786 (justo cuando Born estaba demostrando lo contrario):

Creemos no debe subsistir tal duda si consideramos la práctica de las naciones europeas que benefician minerales de plata por fundición y las razones físicas que acompañan el método de amalgamación. Es constante que las fundiciones imperiales y electorales de Hungría y Sajonia se compran a los particulares los minerales y se benefician por fundición de cuenta de aquellos soberanos". "Esta diferencia bien la conocen los mineros de Nueva España porque la práctica les ha enseñado que les tiene más cuenta fundir los minerales de una cierta ley para arriba que no beneficiarlos con azogue, pero dicen que para los minerales pobres es más ventajoso este último beneficio.⁴⁵

Es notable cómo el empirismo científico de Mutis y sus compañeros termina en realidad remitiendo a referencias externas y no a su propia experiencia. La gravitación de la información de Juan José Delhuyar sobre la minería de Europa antes del experimento de Born, ya que él pasó a América en 1784, parece haber pesado decisivamente en la opción por la fundición. La referencia a México en definitiva trae una cierta ambigüedad sobre el pensamiento único en favor de la fundición. De todos modos estas noticias llegan a Madrid cuando el tema se va zanjando en favor del nuevo método de Born, pero son ilustrativas para ver el desconcierto en que se movían los científicos sobre el tema.⁴⁶ Tampoco Mutis parece tener en cuenta las advertencias de su amigo el cónsul Gahn sobre el método de Born, aunque es posible que la carta de noviembre de 1785 le haya llegado luego de este informe.

Juan José Delhuyar se entera por su hermano Fausto de los experimentos de Born, que ya han sido publicados en "La Gaceta de Madrid", pero debemos entender que había ido a Nueva Granada con instrucciones para imponer la fundición, para lo cual había seleccionado su equipamiento. Para estos experimentos había elegido la mina de Manta, con abundante forestación que facilitaba esta opción, pero dado que su hermano viajaba a Viena a conocer los trabajos de Born, le comenta al Virrey Góngora las novedades. Éste, por indicación precisa del Marqués de Sonora dispone en julio de 1787 suspender los trabajos de fundición.

⁴³ Pérez Arbeláez, Enrique. *José Celestino Mutis y la Real expedición Botánica del Nuevo Reyno de Granada*. Bogotá. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. 1983. P. 91

⁴⁴ Caycedo, Bernardo J. *Delhuyar y el siglo XVIII neogranadino*. Bogotá. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. 1971.

⁴⁵ AGI. Indiferente General. Legajo 1795. Relación de las aportaciones y experimentos que se han hecho en Mariquita de orden de SM para indagar que es el mejor método de beneficiar las minas de plata, si el de fundición o el de amalgamación. 28 de febrero de 1786.

⁴⁶ Las gestiones en favor de la fundición fueron reiteradas en estos años. Entre las opiniones cabe señalar la del catalán Melchor Guarda quien enviaba a Floridablanca una "Memoria sobre las grandes ventajas que puede seguirse al Estado de adoptar el método de fundición en lugar del de amalgamación o beneficio por el azogue que en el día se practica en las ricas minas de México y el Perú". Un informe descarta la seriedad de esta propuesta diciendo que son ideas generales tomadas de Ward y lo que debe haber escuchado en la Academia de Física de Barcelona. AGI. Indiferente General. Legajo 1795. Nota del 7 de agosto de 1784.

Fausto escribía a su hermano en diciembre de 1786 sobre el método de Born y le decía:

lo que más admiro en él es que, en tan poco tiempo, hayan llegado estas gentes a poner tanta perfección en todas las operaciones y máquinas en que, sin embargo, no deja aún de haber algunas cosas que pueden mejorarse.

En otra carta de la misma época le apunta:

Las noticias que te di por mi última de la nueva amalgamación espero te habrán hecho mudar de modo de pensar. No son proyectos ni ideas aventuradas; son realidades cuya práctica ha demostrado suficientemente las ventajas.

Afirmaba que ya se habían adoptado en Bohemia (Joachimsthal) y en Hungría. Él mismo había asistido a una reunión científica en Glashütte (Schemnitz) donde habían concurrido Born, Ferber, Ruprecht, Charpentier y Poda en la que se verificó la superioridad del método que Juan José comenzaría a implementar en Nueva Granada en 1787 luego de escribir una...

Explicación de la maquinaria para beneficiar minerales de plata para el método de Born, de 4 toneles, para beneficiar a la vez de 30 a 36 quintales de mineral.

Mutis curiosamente también se convierte en paladín del método Born luego de haber porfiado por la fundición en sus propias minas. En carta al Virrey Ezpeleta de febrero de 1790 afirma, no sin soberbia:

haber sido instrumento para la adquisición de los dos sabios hermanos Delhuyares sin cuya intervención no hubiera pisado tal vez los umbrales del Ministerio en medio siglo el importantísimo descubrimiento del Barón de Born que hará época por la prosperidad de las Américas.⁴⁷

Rescataba para sí Mutis la gestión realizada para el descubrimiento de minas de azogue en el Quindío y Antioquia. Es posible que estos entusiasmos ocultasen la realidad de que el anterior Virrey Gil de Lemos había suspendido todas las obras en los asentamientos mineros hasta que él pudiese constatar su eficacia, tarea que no pudo ejecutar por su corta permanencia de seis meses en Nueva Granada antes de pasar de Virrey del Perú. La discontinuidad de los trabajos y la falta de pago a los mineros fue una decidida catástrofe que evidenciaba la incapacidad de algunos funcionarios ilustrados.⁴⁸

Como los resultados de la acción de Mutis y Delhuyar en la minería no eran compatibles con la expectativa, Mutis le advertía...

...que en España reina mucha desconfianza y para que usted lo sepa de una vez, me echan a mí la culpa diciendo que éstos son proyectos de Mutis. El argumento contra mí se reduce a haberme perdido en dos empresas, de la Montuosa y del Sapo.

⁴⁷ Hernández de Alba, Guillermo. *Archivo Epistolar del sabio naturalista Don José Celestino Mutis*. Bogotá. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. 1983. Tomo 2. P. 18

⁴⁸ Palacios Remondo, Jesús. *Juan José y Fausto Delhuyar. En el 200 aniversario de la muerte de Juan José Delhuyar (2-9-1796)*. Logroño. Gobierno de La Rioja. 1996. P. 115

Por ello le insistía de Delhuyar que a esas gentes *no los convencerá otra razón que la primera remesa de plata*. Nuevamente en 1792 le escriben al Virrey Ezpeleta diciendo que el Rey está extrañado de *no haber recibido noticias de las primeras fundiciones o de las causas que hayan podido retardarlas*. Cuando Delhuyar planteó nuevos requisitos que significaban aumentar los gastos, el Virrey decidió que en su concepto *eran gravosas y perjudiciales a la Real Hacienda las minas de Mariquita, en el supuesto de trabajarse por cuenta de erario*. Abandonada la producción en Santa Ana, en la que se le exigieron que se amortizara en seis años las inversiones, cuando en España a veces tardaban treinta o cuarenta años en lograrlo, Delhuyar decepcionado buscaría aplicar el método de Born en sus propias minas e indicaría que quedara Ángel Díaz, de quien estaba distanciado, a cargo de San Ana.

En efecto, a pesar de estar a sueldo de la Corona, Delhuyar realiza en 1793 expediciones al Páramo de Ruiz y consigue que la Real Audiencia le otorgue quince estancias de tierra con ganado cimarrón, donde había potencialmente una gran riqueza minera. Ese mismo año ingresa en la sociedad que inicialmente habían formado Pedro de Ugarte (ya fallecido) y Mutis de las minas del Sapo, donde instalaría el sistema de Born para realizar su mejor explotación. Los resultados tampoco fueron exitosos. El fallecimiento de Delhuyar en 1796 dejaría trunca una potencial reactivación de la economía minera de la región.

Mutis, sin embargo, reconoce el fracaso del proyecto minero cuando en 1804 afirma que...

...es totalmente ruinoso a los mineros, a la Real Hacienda y al público, el modo de laborear aquellas minas y beneficiar sus metales sin otras reglas ni método que el de que se valdría cualquier aventurero para desenterrar huacas.⁴⁹

Reconoce también el fracaso y pérdidas económicas de sus empresas mineras, pero adjudica el atraso a la falta de organicidad de un Cuerpo de Minería como el creado en México.

Aun con experiencias previas fallidas en Potosí, también en el Perú se ensayará el habilitar hornos de fundición por una iniciativa que apoyaría Jorge Escobedo en 1786 y que fuera propuestas por José Coquet y Santiago Urquizu quienes planificaban *el primer establecimiento de esta especie* en la hacienda Cachiri en Cajatambo. El dinero que se les habilitó se gastó en ensayos de materiales y en la construcción de un horno sin mayores resultados.⁵⁰

España y el Consejero Born: una ali anza de intereses mirando hacia América

Domingo de Iriarte, encargado de los negocios del Rey en Viena, informaba ya en 1784 sobre los experimentos que estaba realizando Born de amalgamación con barriles, que formaban parte de un plan de reactivación de la minería de la monarquía austríaca.⁵¹ A causa de ello el Conde de Floridablanca escribía a José Gálvez que tenía noticias *Sobre el método que usa el Consejero*

⁴⁹ Hernández de Alba, Guillermo. *Archivo Epistolar del sabio naturalista Don José Celestino Mutis*. Bogotá. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. 1983. Tomo 2. P. 216. Carta al Virrey Antonio Amar y Borbón. 24 de diciembre de 1804.

⁵⁰ AGI. Lima. Legajo 1620. Nota de Escobedo del 9 de marzo de 1786.

⁵¹ Ignaz von Born había formado en 1775 una Sociedad Científica, pero desde 1748 el emperador había montado un Gabinete Imperial de Mineralogía. Born fue Director del Museo de Historia Natural.

Born para beneficiar los minerales, y le indicaba que Fausto Delhuyar fuese a tratar con él *por ser asunto de mucha consideración*, antes de su viaje a Alemania.⁵² Delhuyar, quien ya se había escrito desde Vergara con el Barón de Born, pasará a Viena con Fernando Casado de Torres y José Ricarte que estaban en París pensionados, y llevaría consigo a Isidro María de Abarca, residente en Vergara, para que se fuera instruyendo sobre el nuevo sistema.⁵³ Fausto Delhuyar tenía otras dos misiones reservadas, la primera captar un grupo de mineros para traer a América y la segunda espiar sobre los métodos de fundición de artillería que se aplicaban en los países que visitara.

Todos estaban convencidos de antemano que el método de Born era muchísimo más eficiente:

La máquina de barriles anunciaba una superioridad aplastante sobre el sistema de patio o buitrones que se practicaba en América: extraía más plata ahorrando tiempo, mercurio y operarios.⁵⁴

Born le dice a Delhuyar que le facilitaría el conocimiento del método y sus resultados, al igual que lo haría con los mineralogistas rusos que le enviaba el Príncipe Galitain. Delhuyar había estado en la región en 1781 junto con su hermano Juan José y había solicitado licencia para ver las minas de Bohemia y se la habían otorgado con la condición de que los alemanes y austríacos pudiesen tener las mismas facilidades para visitar las de España. Las negociaciones con Born iniciadas por el diplomático Iriarte y continuadas por Fausto Delhuyar tendían de alguna manera a satisfacer el dominio de su sistema.⁵⁵

Visitados los ensayos realizados en modelos en pequeña escala en la Casa de Moneda de Viena, Delhuyar pasó a Glasshütte, cerca de Schemnitz en la Baja Hungría, donde se efectuaron pruebas en gran escala delante de los científicos más autorizados.⁵⁶ Entusiasmado por participar de este cónclave, Delhuyar escribió a Werner a Freyberg que lo que había visto del método de Born agrandaba...

...mucho mi esperanza y no dudo que su introducción en América sea muy ventajosa para los particulares y para el Estado.

Born, mientras tanto, señalaba que luego de que *los mejores metalurgistas de Europa se juntaron el mes anterior (septiembre de 1786) en Schemnitz en Hungría para examinar de cerca este trabajo y todos han reconocido su utilidad y exactitud y han decidido unánimemente que esto no puede dejar de producir una revolución muy feliz en el modo usado hasta aquí*, aunque ello no le parecía suficiente recompensa. Así afirmaba que...

...entretanto mi Patria no me ha reintegrado ni aun los gastos que esta invención me ha ocasionado. Se me paga con promesas cuyo cumplimiento se sabe eludir con mil pretextos. Tengo delante de mí la triste perspectiva de mi muerte, pues mis enfermedades habituales me amenazan con ella de un día a otro, sin pagar las deudas que he contraído para establecer la amalgamación bajo unos principios sólidos y verdaderos.

⁵² Agi. Indiferente General. Legajo 1798. Carta de Floridablanca del 20 de enero de 1786. También nota de Iriarte del 27 de noviembre de 1784.

⁵³ Isidro María de Abarca era hijo natural del Conde de San Isidro, residente en Lima, estudió latinidad y filosofía en la Universidad de Oñate y luego pasó a Vergara a especializarse en Matemáticas, Física y Química.

⁵⁴ Mira, Guillermo. "El procedimiento de amalgamación de Born y la producción de plata en América". En *La otra América. Hombres, Técnica, Plata*. Sevilla. Aconcagua. 2000. P. 398

⁵⁵ AGS. Estado. Alemania. Legajos 6529 y 6530. Año 1785.

⁵⁶ Proust, Luis Joseph. "Extracto de los descubrimientos de Don Fausto de Luyar". *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia*. Tomo I. Segovia. 1791-1795. P. 267.

Born implora la protección del Rey de España diciéndole que la adopción de su sistema implicaría un gran ahorro del azogue que compra en el extranjero y que su uso sería de gran provecho para las minas de América.⁵⁷ Delhuyar indica a Gálvez que Born está dispuesto a facilitar todos sus conocimientos, pero que habría que recompensarlo económicamente.⁵⁸ Born que conocía los halagos de la Corte solicitaba permiso para dedicarle la edición francesa de su obra a Carlos III, lo cual obviamente le fue concedido.

Delhuyar mientras tanto, de la mano de Born, accedía al conocimiento de los últimos inventos en maquinarias, las ubicadas en Hannover *que son mejor que las de Hungría* aprovechando para *levantar sus planos y hacer los modelos principales* para copiarlas en México. Entusiasmado Delhuyar decía que...

El celo infatigable del Barón de Born y de los sujetos hábiles que le ayudan a perfeccionar los trabajos de amalgamación ha hecho descubrir últimamente un nuevo método para incorporar con el azogue los minerales calcinados mucho más simple y económico que el que ha empleado hasta aquí, pues haciéndolo en frío se ahorra mucha leña y el grande coste de los peroles de cobre y varios obreros. Con esto se acercará esta amalgamación a la que actualmente se practica en América quedando siempre la ventaja del ahorro tan notable así en el azogue como en el tiempo.

Sin embargo, también Delhuyar reconocía que...

...el método de Born es en lo esencial el que nuestro insigne Barba descubrió en 1609 y que por desgracia no han seguido después nuestros beneficiadores americanos, pues ninguno de los autores modernos da a entender esté en uso actualmente.

Born, como se ha dicho, reconocía el carácter tributario de su sistema y hacía justicia a Álvaro Alonso Barba por el descubrimiento. Delhuyar ratificaba que Born estaba haciendo su versión al francés que dedicaría al Rey de España y que él tenía *empezada la traducción de la misma al castellano y además de comentarla con varias notas y observaciones de todo lo que se ha mudado y perfeccionado desde que se ha escrito*. Delhuyar pretendía agregarle un capítulo histórico *extraído de nuestros autores sobre los trabajos en América, un Tratado del conocimiento de los minerales de oro y plata con sus análisis y modos de ensayarlos en pequeño*. En junio de 1788, desde Cádiz escribe a Werner diciéndole que mientras espera el barco que lo llevará a América ha aprovechado *algunos momentos libres, en ese intervalo, para terminar hoy el prólogo, que mandaré copiar y enviaré por correo a Mr. Born. Me falta completar la traducción y sin dudas aparecerá antes el original en español que haré imprimir a mi llegada a México*.⁵⁹ Quizás Delhuyar cambió de opinión ante el fracaso del método Born pero lo cierto es que este trabajo quedó inédito. El método de Born, tan trascendente para la minería americana del XVIII, y para cuyo uso la corona de España pagó una fortuna nunca fue editado en castellano.

⁵⁷ Aragón de la Cruz, Francisco. "La expedición de los mineros sajones a Hispanoamérica (1780-1810). Una confrontación tecnológica en los métodos de amalgamamiento de minerales de plata". En Álvarez, Mari (Coordinación). *Estudio de Historia das Ciencias y e das Técnicas*. Pontevedra. 2001

⁵⁸ Born tenía, más allá de jugar su papel favoreciendo al Emperador en la importación de azogue, un interés económico personal.

⁵⁹ Palacios Remondo, Jesús. *Los Delhuyar*. Logroño. Consejería de Cultura. 1992. P. 360

Mientras tanto, el propio sistema de Born era perfeccionado en Freyberg por Ruprecht, variando las mezclas, los sistemas y tiempos de rotación de los toneles. También Charpentier introduciría otras modificaciones. Born sería, a su vez, recompensado por el Rey de España, mediante resolución tomada en el Escorial el 18 de noviembre de 1786 con la suma de 12.000 florines que le pagaría el Banquero Fries, según informaba el Marqués de Llano desde Viena.⁶⁰

España se lucía: acababa de comprar un sistema inventado en América, para ser aplicado con rotundo fracaso en las propias tierras americanas. Born, era financiado por los españoles y no por los alemanes y húngaros que eran los destinatarios de sus beneficios.⁶¹ No queda en absoluto claro el papel de Fausto Delhuyar en esta transacción más económica que científica, máxime cuando pocos meses después, al indicar que iría a Hannover y Berlín...

...para saber cómo piensan los sabios de aquellas cortes sobre una obrita que está concluyendo. Tiene por objeto mis ideas sobre los principios de la amalgamación que se alejan bastante de los de Mr. Born con quien he tenido muchas disputas durante mi estancia en Hungría y Viena. Mi detención en esta marcha proporcionado al gasto de continuarlas con nuevos experimentos y de poderlos traducir al público con alguna más confianza. Con la parte que pude leer a Mr. de Born en mi último viaje a Viena tengo la satisfacción de verlo muy dispuesto a adoptarlas y empeñado el mismo en traducir esta obra al alemán.⁶²

No es comprensible haber comprado un método que el mismo comprador está señalando que esta superado por sus propias invenciones.⁶³

Más notable aún es lo que comenta el Cónsul sueco en Cádiz Juan Jacobo Gahn, quien escribe a Mutis a Nueva Granada en noviembre de 1785, es decir antes de que el tema de los ensayos de Born tuvieran “validez universal” luego del Congreso de Schemnitz. Allí le menciona que uno de sus hermanos, Juan Teófilo Gahn, ha escrito un dictamen fundado tocante a la labor de minas de plata por azogue o fuego. Agrega...

No hay duda en que Born ha publicado muchas experiencias últimamente a favor de la amalgama —y parece tener muchos partidarios— pero es autor en esto algo sospechado de parcial, porque su amo el Emperador se hallaba con sus minas de azogue en Hungría muy apurado por falta de compradores, y se puede creer haya habido influjo poderoso. Ahora su Majestad Católica acaba de hacer una contrata anual de 10 a 12 quintales de este metal de Hungría, con un íntimo amigo mío, el Cónsul del Imperio aquí (Greppi), el cual por consiguiente tiene interés en proteger el nuevo método o el nuevo aprecio que se hace de él.⁶⁴

Esta carta es de notable importancia porque evidencia el trasfondo económico que había detrás de este gran descubrimiento científico y explica la venalidad de Born al vender su descubrimiento y

⁶⁰ AGI. Indiferente General. legajo 1798. Carta del 30 de diciembre de 1786 y agradecimiento de Born del 7 de marzo de 1787.

⁶¹ La difusión de la obra de Born fue muy grande. Véase “Análisis de la obra escrita en francés sobre la amalgamación de metales preciosos por el Caballero de Born”. En *Espíritu de los mejores diarios literarios que se publican en Europa. Corregido en esta segunda edición*. N 40. Madrid. 1788.

⁶² AGI. Indiferente General. Legajo 1798. Carta de Fausto Delhuyar fechada en Freyberg el 18 de junio de 1787.

⁶³ Guillermo Mira menciona un trabajo de Fausto de Delhuyar “Mémoire sur la méthode d’amalgamer proposé et executée par M. de Born”, presentado en el Congreso de Glasshütte y editado en Leipzig y Viena en 1797. Mira no pudo consultarlo, nosotros tampoco, quizás sea el trabajo a que Delhuyar hace referencia.

⁶⁴ Hernández de Alba, Guillermo. *Archivo epistolar... Op. cit.* Tomo 3. P. 320. Cádiz, 15 de noviembre de 1785.

el fomento que el mismo tiene en América. A la luz del mismo el papel de los diversos protagonistas en este episodio parece alejarse de una gran búsqueda científica y aproximarse inexorablemente a un negociado que pagará España y culminará con su fracaso en América. En marzo de 1786 el Cónsul Gahn le promete a Mutis el envío del libro de Born y la traducción del informe de su hermano.

Mientras tanto el desconcierto continuaba. Juan José Delhuyar en Nueva Granada abandonó los sistemas de fundición y se dedicó a implementar el sistema de Born. Como no tenía calderas de cobre solicitó que se las mandaran de España. Como no venían buscó conseguir las en Veracruz o en Jamaica. Mientras pasaban los años, cuando podía conseguir las tuvo noticias de que ya en Alemania habían sido reemplazadas por barriles de madera, por lo cual volvió a estudiar este sistema pues el nuevo Virrey Gil de Lemos (que luego pasaría al Perú) le exigiría hacer ensayos con los métodos de amalgamación en patio, el de Born y el de fundición antes de encarar un programa definitivo. Poco crédito tenía a esta altura la acción de los científicos que postergaban definiciones y hacían erogaciones elevadas con muy poca rentabilidad. Sin embargo, el Virrey quedó convencido por los ensayos de Delhuyar, cuyo talento y habilidad ponderó, de que el método de Born era el más indicado en virtud de su facilidad de aplicación y los ahorros que generaba. Delhuyar continuó trabajando en las minas de Santa Ana perfeccionando el sistema de Born. Sin embargo, los resultados de su aplicación en las minas del Sapo, que quedarían de su propiedad, no fueron satisfactorios según reconocía en un informe de mayo de 1794.

La solución está siempre fuera de nosotros

Visto que la importación de los métodos productivos no eran suficientes, había que traer a los especialistas europeos. En 1773 el Virrey Amat planteaba al Rey, en forma reservada, la sugerencia de Pedro Ximénez de Morales de llevar al Perú maestros mineros húngaros peritos en la fabricación de hornos de fundición.⁶⁵

Los intentos de sistematizar la transmisión de conocimientos en la región del Perú se enfrentaron desde un comienzo con la animadversión de los propios mineros formados en una visión empirista que ponderaba la práctica sobre la teoría o los conocimientos físicos y químicos. La actitud reactiva, cuando no despreciativa, de los Gremios de Mineros y Azogueros fue uno de los temas que impidieron la efectiva superación de los modos tradicionales de producción. Ya en 1758 José Eusebio Llano de Zapata había planteado en el Perú la formación de una Escuela de mineros españoles americanos para avanzar en las posibilidades del beneficio de los metales. Los estudios mineralógicos se complementarían con el conocimiento del “arte Docimástico” que les facilitaría una mejora sustancial en las calidades de producción.⁶⁶ El texto básico sería el del alemán Juan Andrés Cramer “*Elementa Arte Docimasticae*” editado en Leyden en 1739.⁶⁷

Obviamente, estos estudios estarían centrados en la traducción de textos clásicos y de las recientes producciones pedagógicas surgidas de la Academia Imperial de Minas de Schemnitz.⁶⁸

⁶⁵ AGI. Lima. Legajo 645A. Carta del Virrey Amat, Lima, 6 de febrero de 1773.

⁶⁶ Llano y Zapata, José Eusebio de. *Memorias históricas físicas, apoloéticas de la América Meridional*. Lima. 1904.

⁶⁷ Probablemente el ejemplar que circulaba era Cramer. J. A. *Elements de docimastique ou de l'art des essais*. Traduit du Latin de Monsieur Cramer. París. 1755. 3 Vol.

⁶⁸ López, Leonor et al. *Arbitrios técnicos de la minería colonial (Perú 1700-1820)*. Centro de Investigaciones Históricas en Economía y Sociedad. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 1986.

La bibliografía que planteaba como fuente de consulta básica incluía los textos de Barba, Sage, Kirwan y P. J. Macquer (1718-1784), algunos de los cuales serían luego editados en castellano por disposición de la Corona.⁶⁹ En 1747 el Visitador Herboso proponía en el Perú traducir el Tratado de Hermann Boerhaave (1666-1738), de reciente publicación en Londres, y enviar quinientos ejemplares a Potosí para reemplazar el que usaban del Padre Barba.⁷⁰

El que primero se tradujo fue el de Mr. Balthazar Sage que, en París, había guiado a varios pensionados españoles en sus estudios.⁷¹ Posteriormente se encaró la traducción realizada Francisco Campuzano del tratado de Richard Kirwan (1733-1812) sobre “Elementos de mineralogía”.⁷² Además de su difusión, el libro de Kirwan sería extensamente comentado por el Director de Minería José Coquet y Fajardo en un artículo explicativo publicado en El Mercurio Peruano de Lima. Coquet desde su cargo en el Superior Tribunal de Minería de Lima, intentó formalizar un lenguaje común entre los usos lexicográficos habituales en el Perú y el sistema que planteaba Kirwan.⁷³ En 1784 llegaban a Potosí seis ejemplares del “Nuevo arte de ensayar Oro y Plata” (la obra de Sage) según detallaba el Gobernador Juan Pino Manrique.⁷⁴

Sin embargo, como hemos visto, los intentos de Jorge Escobedo en Potosí en 1779 de formar una Academia, no encontraron posibilidades de continuidad y recién en 1791 con la presencia de la misión del Barón de Nordenflicht se instalaría, sin demasiado éxito, un Laboratorio Químico, empeñado en demostrar la superioridad del método de Born sobre las modalidades locales.⁷⁵ Los escasos resultados, los elevados costos y los conflictos que el Barón Nordenflicht tuvo con los mineros, el Tribunal de Minería y con el propio Virrey, determinó que la experiencia fuera breve y conflictiva.⁷⁶ En 1792 el Laboratorio pasará a depender del Real Tribunal por disposición virreinal y finalmente concluirá.⁷⁷ Ese mismo año 1792 se crearía la Sociedad Mineralógica de Arequipa para promover el laboreo de las minas.⁷⁸ Sus Ordenanzas fueron aprobadas por el Virrey Gil de Taboada y ratificadas por el Rey el 29 de noviembre de 1795.⁷⁹

⁶⁹ Macquer, Pierre Joseph. *Dictionnaire de Chimie*. A París. De l'imprimerie de Monsieur. 1778.

⁷⁰ Tandeter, Enrique. *Coacción y mercado. La minería de plata en el Potosí colonial. 1692-1826*. Cusco. Centro de Estudios Bartolomé de Las Casas. 1992.

⁷¹ Sage, Balthazar Georges. *Arte de ensayar oro y plata; bosquejo o descripción comparativa de la copelación de las sustancias metálicas por medio del plomo o del bismuto para sacar oro más puro que por el método de la separación o apartado*. Madrid. Joaquín Ibarra. 1785.

⁷² Kirwan, Ricardo. *Elementos de Mineralogía. Escritos en inglés por Mr. Kirwan, Miembro de la Sociedad Real de Londres. Traducidos al francés por Mr. Gibelin y de éste al idioma español por Don Francisco Campuzano, Comisario de Provincia de Marina*. Madrid. Plácido Barco López. 1789.

⁷³ Coquette, José. *Índice de algunas voces usadas en el Perú para designar las sustancias fósiles y servir de interpretación a la mineralogía de Kirwan*. Lima. Casa de Niños Expósitos. 1792.

⁷⁴ AGI. Charcas. Legajo 435. Carta al Ministro de Indias N 117.

⁷⁵ Deustua Pimentel, Carlos. “La expedición mineralogista del barón Nordenflicht al Perú”. En *Mercurio Peruano*. N 366-367. Lima. 1957. Pp. 510-519. Buechler, Rose Marie. *The mining society of Potosí. 1776-1810*. Ann Arbor. Michigan. UMI. 1991.

⁷⁶ BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ. Manuscritos N.º C 774, C 1047, C 1049, C 1050, C 3325 y C 3621, entre otros permiten verificar la tarea del Laboratorio de Nordenflicht y sus inversiones.

⁷⁷ AGI. Lima. Legajo 703. Expediente sobre el Laboratorio químico - metalúrgico. 1791-1792. En AGI. Lima. Legajo 1361 está el extenso expediente formado por el Virrey Francisco Gil de Taboada y Lemos sobre la constitución y funcionamiento del mencionado Laboratorio y sus resultados. Informe del 23 de mayo de 1794.

⁷⁸ AGI. Lima. Legajo 1354. Incluye la lista de miembros de la Sociedad y un Billeto de Acción.

⁷⁹ AGI. Lima. Legajo 1354. Expediente sobre la Sociedad Mineralógica de Arequipa. 1794-1795.

Fausto Delhuyar y los pensionados españoles en Europa

Habiendo participado del Congreso realizado en 1786 por la Academia de Minas de Schemnitz, Fausto Delhuyar escribía desde París a Gálvez indicando que concluido su periplo europeo dejaba su biblioteca acondicionada para que se trasladara a Cádiz y *para que a su regreso de Alemania pueda ir al destino americano que determinasen*.⁸⁰ Fausto había aprovechado los contactos que Juan José había realizado en Suecia y se escribía con Torbern Oloff Bergman y con Abraham Gottlob Werner que le franquearon abundante bibliografía de química y las memorias de las Academias de Estocolmo y Upsala.

En 1787 Fausto Delhuyar se casa en Viena con Juana Raab, hija del Consejero del Emperador continuando sus investigaciones científicas y escribiendo unas “Disertaciones Metalúrgicas” y otra sobre los “Diferentes Métodos para trabajar el hierro”. Mientras tanto había concluido sus gestiones para las contrataciones de los mineros que pasarían a América y él mismo era consciente desde fines de 1786 que su nuevo destino era México. La remisión de sus libros y la burocracia que lo esperaba en Cádiz para el pase de los mineros europeos, demorarían su viaje hasta 1788.

Sabemos también que durante el viaje había examinado a los tres pensionados españoles que estaban en París, bajo la tutela de Mr. Sage y que manifestaba sentir mucho *no hallarlos en el estado que esperaba encontrarlos y que convendría de pronto para llenar las patrióticas miras de VE*. Los pensionados eran Fernando Casado de Torres, dedicado a la maquinaria y a la geometría subterránea, José Ricarte que había estudiado matemáticas y física y ahora empezaba con algo de química y Andrés del Río (1765-1849) quien había estudiado en la Academia de Almadén (1782) y luego fuera pensionado a París en 1784. Allí estudió química pero aún no se había ejercitado en los ensayos docimásticos, por lo que se consideró indispensable, junto con el estudio de la lengua alemana, continuar sus estudios en Freyberg con Abraham Gottlob Werner cuya obra traduciría luego al castellano en México. Del Río que jugará un papel preponderante en la minería de Nueva España, era amigo de Agustín de Bethancourt, quien daría luego impulso a la creación del Cuerpo de Ingenieros Civiles de España. Ambos estudiaron juntos química y realizaron la fase experimental siguiendo los tratados de Mr. Sage y Mr. Jean Pierre Joseph Darcet, trabajando con Mr. Pelletier. Del Río enviaría desde Schemnitz una “Memoria” de la máquina de columna de agua que se usaba en aquellas minas para el desagote, uno de los temas claves de los socavones de Potosí.⁸¹ En 1791 pasó a Inglaterra y cuatro años más tarde pasó a México donde se radicaría.

Mr. Sage por su parte informaba sobre otro estudiante, Ignacio de Heredia, *que en las partes de arquitectura e hidráulica de las minas no podía pedirse sujeto más al caso por su natural afición a estas cosas*, dominando además de matemáticas y dibujo los idiomas francés, alemán e inglés. Agrega que *ha traducido una obra alemana sobre minas* lo que nos pone frente a otro potencial autor del manuscrito que enviara Rubín de Celis. Heredia acompañará a Delhuyar, a Isidro María de Abarca y a Casado para aprender el método de Born en 1786.

Elhuyar indicaba que *las diversas operaciones que exigen los minerales para su beneficio son enteramente químicas y sin los principios de esta ciencia no pueden arreglarse con la debida*

⁸⁰ Gálvez-Canero y Alzola, Augusto de. “Apuntes biográficos de D. Fausto Delhuyar y de Zubice”. En *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*. Tomo LIII. Madrid. 1933.

⁸¹ AGI. Indiferente General. Legajo 1795. Carta del 16 de agosto de 1788. Véase Mapas y Planos. Minas. Plano 48, acompañado por la Memoria.

*exactitud y seguridad.*⁸² Destinaba a Ricarte para que fuese a la mina de Schemnitz en Hungría donde completaría sus estudios y prácticas. Advertía que si los estudios quieren *que se limiten al método de Mr. de Born necesitarán año y medio desde su llegada a Hungría* y si se quiere que aprendan otros trabajos subterráneos será bueno que vayan a Sajonia y Hannover. Delhuyar hace gestiones especiales para Ricarte y Del Río ante el Emperador de Austria quien autoriza que sigan sus cursos en el Instituto Metalúrgico y a *reconocer los trabajos subterráneos, como de fundiciones, fábricas de amalgamación y demás ramos de la minería.* Aparte de estas clases debían seguir las labores en minas del Profesor Seletzki y por las tardes perfeccionarse en química. Deberían ir a los ensayos de geometría subterránea, con prácticas en Schemnitz y Neushol donde verán las experiencias en amalgamación. El segundo año se dedicarían a ejercitarse en la metalurgia con muchos ensayos de minerales, fundición de plomo y trabajos subterráneos. Finalmente harían un viaje a Hungría y Transilvania a reconocer minas de cobre, las salinas y los lavaderos de oro.⁸³

Como puede verse era un programa formativo muy preciso adaptado a la línea de conocimientos e intereses de los pensionados. Los resultados no se hicieron esperar. Ricarte enviaba un *Método de sacar por azogue y en cubas la ley de los minerales de plata* que había trabajado en las minas de Neushol y Glashütte.⁸⁴ Este informe fue revisado por Fausto Delhuyar desde México quien sostenía *que el método ya estaba en uso antes de que él saliese de Alemania en Schemnitz (Hungría) donde Mr. Mititz lo estableció a fines de 1786 para el beneficio de los cobres negros con ley de plata.* Delhuyar menciona que Born ya había probado sus barriles *sin salir de bien en las experiencias por haber concurrido en ellas varios defectos.*⁸⁵ En vista del éxito de Mititz, solicitó al Consejero Ruprecht se estableciese en Neushol en Hungría, desde donde Ricarte envió nuevos planos, cuyas copias llegaron a Delhuyar y también a Nordenflicht.⁸⁶

Lo que es notable en esta correspondencia es constatar que el método Born también había fracasado por defectos en Hungría, y Delhuyar, en conocimiento de ello, forzó sin embargo las expediciones mineralógicas para la aplicación del método Born en América.

En 1790 Ricarte manifestaba haber concluido sus estudios con el Profesor Antonio de Ruprecht, quien había mejorado el sistema de Born, en Schemnitz y en Hungría, había pasado por las minas de azogue de Idria y por las de Bohemia y que se encontraba en Viena estudiando administración de minas.⁸⁷ Sus preocupaciones literarias y teóricas se evidencian en el sentido de que ha traducido al alemán las “Ordenanzas de Minería de la Nueva España” y hace un extenso reporte sobre Idria *que son un modelo de minería* y otro sobre *Descripción del Gobierno y Dirección de la Minería en los Estados del Emperador.*⁸⁸ Posteriormente, en 1792, aun permanecía en Europa. Había

⁸² AGI. Indiferente General. Legajo 1796. Carta de Delhuyar del 3 de abril de 1786.

⁸³ AGI. Indiferente General. Legajo 1796. Nota de Delhuyar. Viena 10 de diciembre de 1786.

⁸⁴ AGI. Indiferente General. Legajo 1795. Envío de Ricarte del 5 de junio de 1788.

⁸⁵ Fausto Delhuyar ya había hecho público un informe “Copia de la carta escrita desde Schemintz en Hungría sobre el nuevo método de beneficiar los metales preciosos por amalgamación. Por Fausto Delhuyar, Director General del Real Cuerpo de Minería de Nueva España al Dr. Casimiro Gómez de Ortega”. En *Memorial Literario, instructivo y curioso de la Corte de Madrid*. Madrid. 1787. Tomo XI. Pp. 64-66. La carta fue escrita el 24 de septiembre de 1786.

⁸⁶ AGI. Indiferente General. Legajo 1795. Carta de Fausto Delhuyar. México 27 de enero de 1789. También véase Mapas y planos. Minas N 47.

⁸⁷ Véase también BIBLIOTECA DEL PALACIO. Manuscrito N 316. Disertación de José Ricarte sobre el método de amalgama empleado en las minas de azogue de Alemania.

⁸⁸ AGI. Indiferente General. Legajo 1796. “*Descripción de la mina de azogue de Idria de sus labores y de su dirección y régimen*”. Lo acompaña con 16 dibujos que envía a Floridablanca. 11 de junio de 1791. El segundo trabajo está fechado en Viena el 27 de septiembre de 1789 y remitido al Embajador Marqués de Llanos. para conocer la formación

hecho cursos de mineralogía en Freyberg, estudios sobre las montañas, geognosia y visitado las minas de Zinwale, Marienberg, Anaberg y Joahan Jorgi Stadt.⁸⁹ En Turingia va a las minas de sal y cobre y ratifica que volvería a España en 1793, aunque se pensara en él para dirigir el trabajo de las minas de plata en la Provincia de Quito. Fausto Delhuyar le avisa en 1794 a su hermano Juan José de que parece que le enviaban a Ricarte para las minas de Mariquita y que Del Río iría con él a México.

Señalaba Delhuyar que Fernando Casado podría ser útil en las minas de América por su interés en la maquinaria y la arquitectura subterránea, pero antes debería examinar la maquinaria de Hungría y Sajonia y complementar sus estudios en Francia en puertos, en arquitectura hidráulica y ver obras de Holanda e Inglaterra.⁹⁰ Casado, a su vez, propone en 1788 trasladar a América un sistema de molinos de pólvora que vio en Inglaterra.⁹¹ Sin embargo, la carrera profesional de Casado continuaría en España donde instaló en el Arsenal de la Marina en La Carraca (Cádiz) una gran máquina de vapor para el aserradero, luego de un nuevo viaje a Inglaterra en 1789. Cuando Casado regresó a Cádiz encontró que las obras para instalar la costosísima máquina adquirida estaban paralizadas y finalmente la dejadez y el abandono dieron por tierra este proyecto luego de sucesivos saqueos de las piezas de la máquina. La incapacidad operativa de la ilustración se había puesto nuevamente en evidencia.

Posteriormente, en 1791, Casado de Torres que ocupa un alto cargo, influye sobre Julián Martín de Retamosa un funcionario de la Marina que piensa en colocar máquinas de vapor para mejorar la minería en América y convence al Rey de tal despropósito. Casado de Torres actúa de diseñador del delirio que había generado y bajo su influjo se compran dos máquinas carísimas en Inglaterra en 1793, pero el Secretario de Hacienda Diego de Gardoqui las hace almacenar en Cádiz desalentando el proyecto. Es decir nuevamente España compró alta tecnología para mostrar, una vez más, su incapacidad de utilizarla. En 1801 el Administrador de la Aduana de Cádiz pide que le retiren esa inútil maquinaria porque necesita los almacenes. Fue un nuevo negociado hecho en nombre de América.

En 1794 Casado de Torres era comisionado para la diseñar la fundición de coque de Trubia (Asturias) y colaborará activamente en las instalaciones de laboreo del carbón de piedra a partir de su experiencia en Inglaterra.

de Ricarte, uno de los probables autores del manuscrito traducido que se remite en 1788, podemos verificar las fuentes éditas que menciona: *“Cartas sobre la mineralogía y otros objetos de Historia Natural compuestos por Färber y traducidos del alemán al francés con notas por el Barón de Dietrich, Comisario de Minas de Francia. Strasburgo. 1776.* Jars y Duhamel. *Viajes metalúrgicos.* Lyon 1774. Monet, M. *“Sistema de mineralogía”.* París. 1773. Delio. *Arte de beneficiar minas, traducido por Schreiber.* París. 1778. Genssane. *Modo de beneficiar los metales por carbón de piedra.* París. 1770.

⁸⁹ Pelayo, Francisco, REBOK, Sandra. “Un discípulo español de Alexander Von Humboldt en la Bergakademie de Freiberg Josef Ricarte y su informe sobre el método de amalgamación de Born (1788)”. En *Asclepio* N° 56. Tomo LVI-2. Madrid. 2004.

⁹⁰ Conocemos un manuscrito de Casado de Torres. BIBLIOTECA NACIONAL. Madrid. *Memoria sobre el actual estado del Puerto de Santa María y su barra.* 15 de abril de 1810.

⁹¹ Casado de Torres era oriundo de Zafrá y pertenecía a una familia de la nobleza, señores de Torrecillas. Desde 1763 estudió en Italia con Mateo Carrascosa los temas de Geometría Subterránea, Mecánica e Hidrodinámica. Pasó a Francia en abril de 1779 por indicación del Marqués de Sonora para estudiar Mineralogía en el Gabinete de Perronet y obtuvo por concurso la Cátedra de Matemáticas del Colegio Académico de Chabeuil (1781). En el año 1783 pasó a París para estudios en la Academia de Ingenieros de Puentes y Caminos, de allí pasó a Hungría y luego a estudiar en Viena los sistemas de Born y Ruprecht (1786) y continuó, por indicación de Delhuyar, en 1787 con obras hidráulicas en Holanda e Inglaterra. A su regreso a España se incorporó como Ingeniero de la Marina en el Arsenal de La Carraca desde 1788 y en las obras hidráulicas de Cádiz (1791). Falleció en Cádiz sin pasar a América.

Fausto Delhuyar, mientras tanto, realizaría con autorización del Rey un nuevo recorrido por las minas de Bohemia, Sajonia, Hanover y Lieja y su centro de interés mayor: el de los nuevos hornos para la destilación de azogue de Idria.⁹² Su acceso a Idria fue con el apoyo del Barón de Born *sin que ningún otro haya sabido aquí que he estado en tal paraje*. El carácter del espionaje se devela en sus palabras:

Es verdad que he tenido que andar allí mismo con cautela y aunque he visto todo no he podido reconocerlo tan al por menor como hubiese deseado pero se me ha informado suficientemente de lo esencial para que con ello se pueda establecer en Almadén el mismo procedimiento.⁹³

Delhuyar busca en Europa nuevos técnicos para transferir el método de Born a América, pero también un ayudante que pase a Nueva Granada para auxiliar a su hermano Juan José *en la introducción de este nuevo método en aquel Reino*.⁹⁴ También se le había indicado que verificase el tema de la artillería que precisaba España y entonces Delhuyar dice que *no hay en estos países ninguna fábrica de fundición de cañones, salvo una que el Emperador tiene en Viena*. Como se ve, el tema de la artillería seguía siendo un objetivo prioritario para los marinos españoles.

En lo que se refiere a la maquinaria, Delhuyar opina que *los suecos están atrasados en comparación con la Alemania en todos los ramos de minería a excepción de las fundiciones de hierro, y los ingleses mucho más todavía*. La obtención del material gráfico y del diseño de las maquinarias para su reproducción en España y América fue una de las preocupaciones sustanciales de Delhuyar y los pensionados.⁹⁵ Así encontramos que otro pensionado Enrique Schnell manda en 1791 los dibujos de las máquinas utilizados en Schmnitz. Se trataba de las maquinarias hidráulicas de las cuales se remitían no solamente planos sino también “modelos” (maquetas) que incluían la máquina de almadenetas para moler minerales, otra para lavarlos y otra para concentrarlos. Recomienda, al enviar el conjunto a Viena con destino a España, la consulta de los textos de Christophe Delius *Instrucción de la ciencia de las minas*,⁹⁶ el de Nicolaus Poda *Descripción de las máquinas usadas en las minas de Schemintz*, el de Franz Ludwig Von Cancrin *Curso mineralógico*, de Scopoli *Elementos de metalurgia* y, finalmente, el trabajo de Born.⁹⁷

Delhuyar antes de partir a México había dejado su escrito sobre el método de Born pues afirma:

lo tengo ya publicado en una obrita sobre estas materias que a mi salida de Viena dejé al Barón de Born para que la tradujera al alemán y que mis ocupaciones no me han permitido reveerla aun para darla a luz en castellano.⁹⁸

⁹² Palacios Remondo, Jesús. *Los Delhuyar. La Rioja en América. Biografía de los hermanos Juan José y Fausto a través de fuentes y bibliografía*. Logroño. Consejería de Educación, Cultura, Juventud y Deportes. 1993.

⁹³ AGI. Indiferente General. Legajo 1796.

⁹⁴ Palacios Remondo, Jesús. *Epistolario 1777-1821 de Juan José y Fausto Delhuyar: en el 200 aniversario de la muerte de Juan José (20 de septiembre de 1796)*. Logroño. Consejería de Educación, Cultura, Juventud y Deportes. 1996.

⁹⁵ *Biografía del Illmo. Sr. Dn. Fausto Delhuyar y de Suvice: sacada de otra ya publicada y de noticias adquiridas acerca de su vida, carrera y servicios*. Madrid. Imprenta del Colegio de Sordomudos y Ciegos. 1853

⁹⁶ Delius, Christophe T. *Traité sur la science de l'exploration des Mines par theories et pratiques. Traduit en francais par M. Schreiber*. París. Imp. D. Pierres. 1778. 2 Vol.

⁹⁷ Poda, Nicolaus. *Kurzgefasste Beschreibung der bey dem bergbau zu Schemnitz in Nieder-Hungarn errichtenten Maschinen*. (Reedición en Praga. Národní Muzeum.1975). Una obra posterior de Cancrin, Franz Ludwig Von. *Jurisprudence générale del mines a Allemagne. Traducteur M. Blavier*. París. Adrien Égron. 1825, fue tomada en cuenta por Delhuyar.

⁹⁸ AGI. Indiferente General. Legajo 1795. Carta de Fausto de Delhuyar. México. 27 de enero de 1789. No sabemos si se trata del trabajo “Memoire sur la methode d’amalgamer de Von Born” edición en alemán y francés.

Delhuyar, el Colegio de Minería de México y la literatura mineralógica

La idea de consolidar la formación mineralógica llevaría por una parte a enviar a América el Tratado de Abraham Gottlob Werner de *la nueva teoría de las minas*, texto que fuera pedido a Dresde y enviado a México, Bogotá, Buenos Aires y Lima en 1792.⁹⁹ También se remitirían ejemplares de las obras del Profesor Nikolaus Joseph Jacquin de Viena a París y de allí a América.¹⁰⁰ Ya en 1790 el Virrey Arredondo desde Buenos Aires informaba que había llegado a Montevideo un cajón de cien ejemplares de la obra inglesa *Elementos de mineralogía* que SM mandó traducir al castellano *para facilitar a sus vasallos de estos dominios la instrucción necesaria en el importante ramo de la mineralogía*.¹⁰¹ El Virrey distribuyó los ejemplares de Kirwan que venían en pasta y mandó a la venta el resto. Aparte de la remisión a Buenos Aires se habían enviado 150 ejemplares a México y otros 100 al Perú. Intentando no ser menos, el Virrey Taboada del Perú *dispuso que se tradujese aquí también del francés al castellano otra obra semejante del Barón de Borne, cuyos conocimientos conviene se extiendan y vulgaricen*.¹⁰² Como se sabe esta traducción fue suspendida cuando el Virrey Taboada, visto el fracaso del método Born en el Perú, no insistió en su idea.¹⁰³

La obra más importante de esta gestión científica española en América fue el Seminario de Minería de México establecido originariamente por Joaquín Velázquez de León en 1771 y consolidado por Fausto Delhuyar en 1792. La institución contó en sus inicios con el apoyo del fuerte Gremio de Mineros y además de un equipo de profesores locales.¹⁰⁴ Junto a la inestimable presencia de Delhuyar que lo creó y dirigió, estaría Andrés Manuel del Río que lo sucedería y los alemanes Franz Fisher y Salvador Sein.¹⁰⁵ A comienzos del XIX el Seminario tenía cátedras estables de matemáticas, física, química, mineralogía, idioma francés y dibujo a las que se agregarían las de latinidad, filosofía y ciencias.¹⁰⁶ Entre 1797 y 1811 Manuel Tolsá levantaría la sede del Palacio de la Minería de México.¹⁰⁷ Allí se instalaría el magnífico Laboratorio químico, el gabinete de Física y la colección mineralógica.¹⁰⁸

⁹⁹ Quizás se haya utilizado, dada la fecha, la edición de Cronsted, Axel Frederik. *Versuch einer mineralogie. Fossiles Abraham Gottlob Werner*. Leipzig. Sigfried L. Crusius. 1780. En español alcanzó difusión la obra de Christiano Herrgen, *Descripción geognóstica de las rocas que compone la parte sólida del globo terrestre. Extractada de varias obras alemanas de la escuela de Werner y aumentada con observaciones hechas en la península*. Madrid. Imprenta Real. 1802.

¹⁰⁰ Jacquin, Nikolaus Joseph. *Selectarum stirpium americanarum historia*. Vindobonae. 1763. (Hay edición en Manheim en 1788). Jacquin, Nikolaus Joseph. *Colletanea ad botanicum, chemian, et historiam naturalem spectantia*. Vindobonae. Of. Walpleriana. 1786-1796. 5 Vol.

¹⁰¹ AGI. Indiferente General. Legajo 1795. Nota del 29 de julio de 1790.

¹⁰² AGI. Indiferente General. Legajo 1795. Nota del 5 de septiembre de 1790.

¹⁰³ La edición más usada en España fue la francesa. Born, Ignaz Edler Von. *Methode d'extraire les métaux parfaits des minéraux et autres substances métalliques par le mercure*. Viena. De l'imprimerie de Gay. 1788. Esta edición está dedicada a Carlos III y formó parte de la transacción que realizó Fausto Delhuyar con Born. La primera edición de Born en alemán se editó también en Viena en 1786.

¹⁰⁴ Arnaiz y Freg, Arturo. "Don Fausto Delhuyar y de Zubice y Don Andrés Manuel del Río, Catedráticos del Real Seminario de Minería de México y descubridores del tungsteno y del vanadio respectivamente". En *La Minería Hispana e Iberoamericana. Contribuciones a la investigación histórica*. Vol. I. Estudios. León. Cátedra de San Isidoro. 1970. Pp. 693-715.

¹⁰⁵ Izquierdo, José Joaquín. *La primera Casa de las Ciencias en México (1792-1811)*. México. Ciencias. 1958.

¹⁰⁶ Ramírez, Santiago. *Datos para la historia del Colegio de Minería, recogidos y recopilados bajo la forma de efemérides*. México. Imprenta del Gobierno Federal. 1890.

¹⁰⁷ Gutiérrez, Ramón. *Arquitectura y Urbanismo en Iberoamérica*. Madrid. Ed. Cátedra. 1983.

¹⁰⁸ Ramírez, Santiago. *Datos para la historia del Colegio de Minería*. México. 1890.

De estas actividades pedagógicas y empíricas surgirían nuevos textos. Alguno de ellos recogían la polémica con el Capitán Joaquín de Zarauz referente a las máquinas que Del Río había inventado para desaguar las minas.¹⁰⁹ Del Río hizo extractos en latín de la obra de Abraham Gottlob Werner (1749-1817) *Nueva teoría del origen de las venas, con la aplicación que se puede hacer de ella al trabajo de las minas*.¹¹⁰ También editó su “Orictognosia” en dos partes en México en 1795-1805 y se tradujeron las Tablas Mineralógicas de Karsten que fueran publicadas por el Tribunal de Minería de México y la “Nomenclatura Química” de Lavoisier.¹¹¹ Es importante señalar que la “Orictognosia” de del Río fue publicada antes que la que en España se traduce de Widenmann en 1797, lo que evidencia la extremadamente rápida circulación de los textos.¹¹² Humboldt consideró que la obra del del Río era *la mejor obra mineralógica que posee la literatura española*. La influencia de Werner y sus teorías de *los caracteres exteriores* de los minerales fue muy importante inclusive en España.¹¹³

También en estos años se editarían en México obras que había preparado el Director de la Real Lotería de Nueva España Don Francisco Javier Sarria.¹¹⁴ El segundo trabajo editado en 1791, es anacrónico pues sin verificar los resultados locales, anuncia *sin evitación alguna la utilidad del nuevo método de Alemania*, aunque no fuera éste adaptable a la realidad americana.¹¹⁵ Los estudios de José Garcés sobre un nuevo método de fundición fue aprobado en 1798 y remitida su descripción impresa.¹¹⁶ José Joaquín Eguía publicaría más tarde una “Memoria” para el fomento de la minería.¹¹⁷ En el Virreinato del Perú se distribuía en 1792 el texto *Breves y compendiosas lecciones de minería* realizado por el Ingeniero Militar Francisco García con la finalidad de recoger nuevas experiencias antes de editar la obra. Hacia el año 1789 el Director General de la renta de Tabaco del Reyno de

¹⁰⁹ *Contestación a la vindicación y respuesta que el capitán de Navío de la Real Armada D. Joaquín de Zarauz dio al Suplemento del Diario de Méjico del, por D. Fausto Elhuyar*. México. Mariano de Zúñiga y Ontiveros. 1787.

¹¹⁰ Río, Andrés Manuel del. *Elementos de Orictognosia o del conocimiento de los fósiles, según el sistema de Berzelio y según los principios de Abraham Gottlob Verner*. Philadelphia. Juan F. Hurtado. 1832. Posteriormente publicó *Suplemento, adiciones y correcciones de Mineralogía, impresa en Filadelfia en 1832*. México. R. Rafael. 1848. De su Tratado hay también otra edición de México en 1846. Recientemente lo reeditó la Universidad Autónoma de México en 1992. Véase también Amorós Portoles, José Luis. *Elementos de Orictognosia o del conocimiento de los fósiles dispuestos según los principios de Andrés Manuel del Río, con un estudio de la creación del Real Seminario de Minería de México y de la biografía de Andrés Manuel del Río y su labor científica*. Madrid. Universidad Complutense. 1985.

¹¹¹ Karsten, L. G. *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes e ilustradas con notas. De la tercera edición alemana de 1800, traducida al castellano por Andrés Manuel del Río*. México. Imprenta de Don Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros. 1804. Morveau, G. de, Lavoisier, Bethollet, Fourcroy. *Método de la nueva nomenclatura química. Traducido del francés por P. Gutiérrez Bueno*. Madrid. Antonio de Sancha. 1788. Lavoisier, E. *Tratado elemental de Química. Traducción de Juan Manuel Munarriz*. Madrid. Imprenta Real por Pedro Julián Pereyra. 1789. 2 Tomos.

¹¹² Widenmann, Juan Federico Guillermo. *La Orictognosia, escrita en alemán por Don Juan Federico Guillermo Widenmann, del Consejo de Minas del Duque de Württemberg, miembro de la Sociedad del beneficio de Minas, de la de los Amigos investigadores de la Naturaleza de Berlín y de la Económica de Leipsic. Y traducida por Don Christiano Herrgen, Colector del Real Gabinete de Historia Natural*. Tomo I. De orden Superior. Madrid. En la Imprenta Real. Por Don Pedro Julián Pereyra. Impresor de Cámara de SM. 1797. 2 Vol.

¹¹³ Una serie de manuscritos sobre textos de Werner traducidos al castellano se conservan en la Biblioteca General Universitaria de Santiago de Compostela. Fueron realizados entre 1810 y 1815 por José Rodríguez, discípulo de Werner. Véase *Sobre el modo de beneficiar las minas, Tratado sobre fundición del hierro, Geonosia (1815)*.

¹¹⁴ Sarria, Francisco Javier. *Ensayo de metalurgia o descripción de las catorce materias metálicas, del modo de ensayarlas, del laboreo de las minas y del beneficio de los frutos minerales de la plata*. Méjico. Por don Felipe de Zúñiga y Ontiveros. 1784.

¹¹⁵ Sarria, Francisco Javier. *Suplemento al Ensayo de Metalurgia*. Méjico. Por Don Felipe de Zúñiga y Ontiveros. 1791.

¹¹⁶ Garcés y Eguía, José. *Nueva teoría y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*. México. Imp. de Mariano Zúñiga. 1802.

¹¹⁷ Eguía, José Joaquín. *Memoria sobre la utilidad e influjo de la minería en el Reino: necesidad de su fomento*. México. Oficina de Don Juan Bautista Arizpe. 1819.

Chile, Marcos Alonso Gamero hizo escribió un *Manifiesto del nuevo método práctico de amalgamar las partículas de oro y plata que contienen las piedras minerales por medio de una simple máquina sin pérdida considerable de mercurio* que circuló en copias manuscritas.¹¹⁸

Las Cortes de Cádiz en 1812 solicitaban informes sobre la instalación de un Colegio de Mineralogía en Lima y disponía que se arbitrasen fondos para su mantenimiento, pero las circunstancias políticas que vivía América y la propia España, paralizaron muchos de estos proyectos.¹¹⁹ En 1817 se volvería a editar en Lima el antiguo Tratado de Alonso Barba. Podemos pues verificar que el último cuarto del siglo XVIII y comienzos del XIX fue muy activo en los intentos de sistematizar la enseñanza y a la vez difundir textos para perfeccionar la formación de los mineros.

Sin embargo, no fue fácil para Fausto Delhuyar el lograr la aceptación de la sociedad novohispana sobre todo por la cierta autonomía que había logrado el sector de la minería desde la creación del Tribunal, cuya vacancia fue cubierta con su designación con el rango, además, de estar nombrado como Director General del Cuerpo de Minería de México (1786). A pesar de ello, su llegada se retrasa hasta septiembre de 1788, lo que crispaba los ánimos locales. La conjunción de funciones si bien le otorgaba fuerza y poder a Delhuyar, lo desplazaba definitivamente de su antiguo centro de interés científico al nuevo de funcionario burocrático. Un administrador que además tenía a su cargo tres mil minas cuya producción superaba los seis millones de marcos de plata y donde algunas de ellas estaban en una decadencia de la cual habían advertido los entendidos locales.

Varios lustros antes, en 1761, el criollo Francisco Javier de Gamboa había redactado sus “Comentarios a las Ordenanzas de Minas” que habían concientizado a los mineros sobre la necesidad de perfeccionar sus trabajos y generar unas nuevas Ordenanzas.¹²⁰ Un proyecto de las mismas fue redactado en 1774 por Joaquín Velásquez de León y Juan Lucas de Lassaga haciendo una clarísima autocrítica sobre el individualismo y la desorganización en que funcionaba el sistema de producción. Como consecuencia de esto el Rey aprueba en 1776 la creación del Cuerpo de Minería, en 1777 se constituye el Tribunal de Minería y en 1783 se sancionan las Ordenanzas de Minería de la Nueva España. Es decir, que Delhuyar llega un lustro más tarde de un proceso dinámico (en término de los tiempos coloniales) con creciente participación de los protagonistas de la minería local. Ello explica los conflictos protocolares y de jerarquía que se le plantean desde un primer momento.

Fue por ello que la obra de mayor relieve de Delhuyar consistiese en la creación del Colegio de Minería, el instrumento más próximo a lo que había sido su trayectoria vital y que logrará concretar a los dos años de su arribo a México y abrir a funcionamiento público en 1792. Desde la Dirección del Colegio, Delhuyar impulsó el desarrollo de las ciencias básicas de matemáticas, física y química. A continuación se internaban los alumnos en los aspectos de la Geognosia, Docimacia, Mineralogía, Metalurgia e Hidrodinámica. Años después Humboldt diría al trabajar en los Laboratorios del Colegio de Minería, que *los principios de la nueva química estaban más extendidos en México que en muchas partes de la Península (España)*. También destacaba cómo los jóvenes mexicanos razonaban sobre el proceso de amalgamación de patio, que ya se había ratificado frente al fracaso del método Born. Cabe señalar la importancia de la presencia de Andrés del Río, amigo de Lavoisier, en esta aventura académica, mientras que de la expedición europea solamente Salvador Sein, Francisco Fischer y Luis Lindner participarían de la docencia.

¹¹⁸ Transcripto en López, Leonor et al. *op. cit.* Pág. 101-131.

¹¹⁹ AGI. Lima. Legajo 1357. Nota Cádiz, 12 de noviembre de 1812.

¹²⁰ Gamboa, Francisco Xavier de. *Comentarios a las ordenanzas de Minas*. (1761). Madrid. Instituto Geológico y Minero de España. 1980.

Tropezando con la misma piedra

Fausto Delhuyar realizaría estudios químicos sobre la amalgamación, pero manejando una visión sesgada no realizó investigaciones de cómo perfeccionar el “beneficio de patio” mexicano, aunque analizó su potencial implantación en Guanajuato.¹²¹ En realidad Delhuyar se sintió desbordado por las tareas de administración que le exigía el Tribunal de Minería de Nueva España y añoraba la posibilidad de continuar con sus investigaciones científicas.¹²² Finalmente, al estallar la revolución de la independencia, regresó a España donde escribiría una “Memoria” de su experiencia mexicana.¹²³ También redactaría un trabajo de gran trascendencia para la reorganización de la minería en España.¹²⁴ Andrés del Río, por su parte, adoptó la patria mexicana y permaneció en México, aun siendo español, luego de la independencia.¹²⁵

Como sucedió con su hermano Juan José y con el sabio Mutis en Nueva Granada, Fausto Delhuyar también tuvo negocios mineros por cuenta propia a pesar de su cargos y responsabilidades en la administración. Estos negocios, que eran incompatibles con sus contrataciones, como se les puntualiza a los mineros alemanes (que también los tendrían), muestran una faceta donde la acción científica y productiva para la Corona, se mezcla con los beneficios particulares.

En México, Delhuyar tuvo la propiedad de las minas de Jesús y de San Antonio en Oaxaca, donde ensayó una bomba de motor “animado” de su invención. Los resultados tampoco fueron satisfactorios pues recuerda *la constante adversidad en mis negociaciones de Minas*. La aplicación de los nuevos sistemas europeos no parecen haber permitido tampoco el enriquecimiento de los propios propulsores.

Mientras tanto, la minería novohispana siguió acumulando su propia experiencia no solamente técnica sino también jurídica como lo demuestra la reedición de las Ordenanzas de Minería en 1846.¹²⁶

¹²¹ AGI. México. Legajo 2242. “*Reflexiones sobre el trabajo de las minas y operaciones de afinado en el Real de Guanajuato*”.

¹²² Gálvez Cañero y Alzola, Augusto. *Apuntes biográficos de don Fausto Delhuyar y de Zubice*. Madrid. Gráficas Reunidas. 1933.

¹²³ Elhuyar, Fausto de. *Memoria sobre el influjo de la Minería en la agricultura, industria, población y civilización de la Nueva España en sus diferentes épocas, con varias disertaciones relativas a puntos de la economía pública conexos con el propio ramo*. Madrid. Imprenta de Amarita. 1825.

¹²⁴ Elhuyar, Fausto. *Memoria sobre la formación de una Ley Orgánica para el Gobierno de la Minería en España*. Madrid. Imprenta Real. 1825.

¹²⁵ Esto le trajo aparejados no pocos sinsabores con sus amigos españoles por un lado y con los propios mexicanos que perseguían a los “gachupines” por otro. Como consecuencia de ello Del Río viviría seis años en Estados Unidos antes de retornar a México en 1835. Esto explica la reedición de su libro en Estados Unidos en 1832.

¹²⁶ *Ordenanzas de Minería y Colección de las Órdenes y Decretos de esta materia posteriores a su publicación a las que van agregadas las reformas de que son susceptibles algunos de los artículos vigentes de las mismas Ordenanzas y dos láminas para explicar los métodos más económicos de disfrutar las vetas*. Méjico. Librería de J. Rosa. 1846.

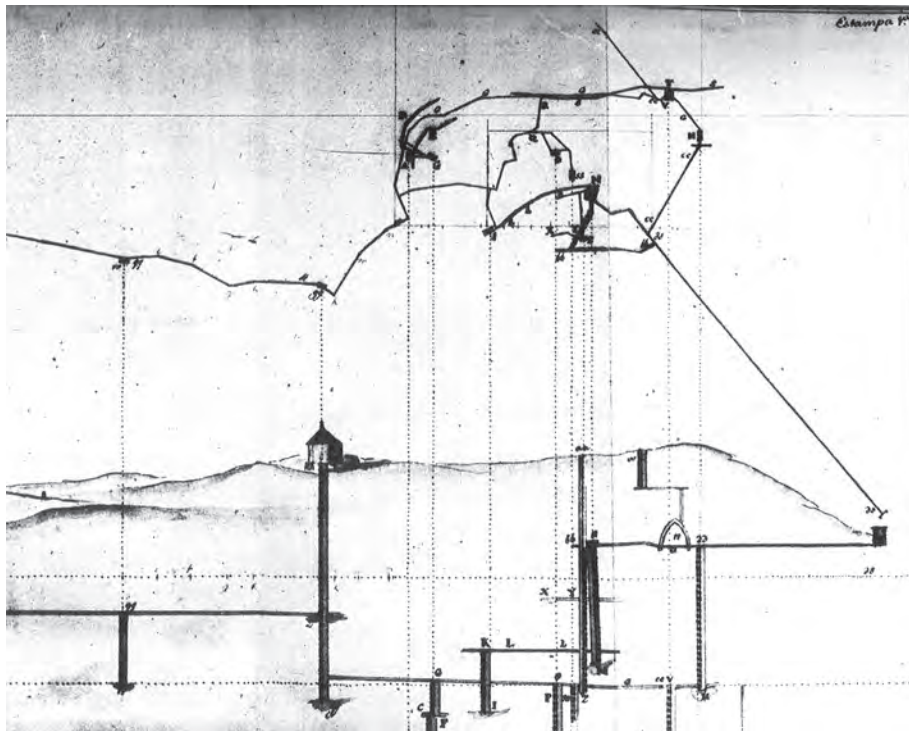


Figura 3. Plano esquemático de las minas de Almadén en España, según Betancourt. 1783.

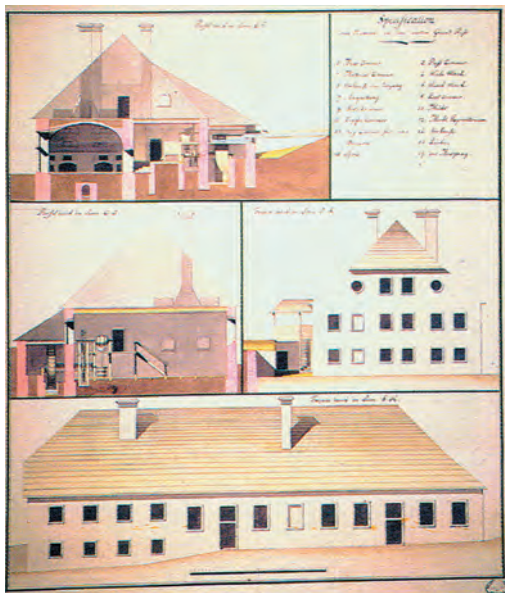


Figura 4. Como consecuencia del espionaje industrial español circularon los planos de los asentamientos mineros de Austria, Hungría, Suecia y Alemania para perfeccionar sus sistemas de fundición. 1787 (Archivo General de Indias. Minas, 53).

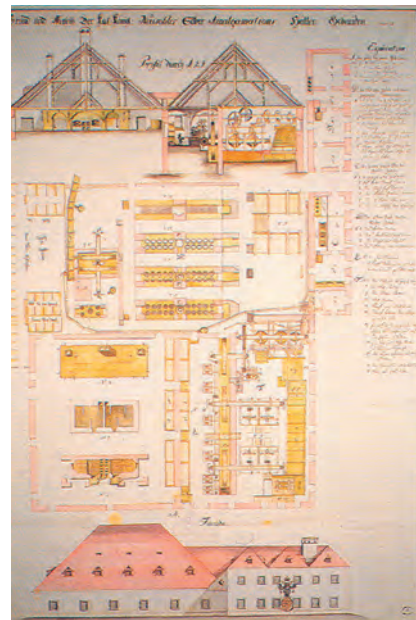


Figura 5. Plano de la mina de plata de Neusolher, remitido en 1787 a la Superintendencia de Azogues de España. (Archivo General de Indias. Minas, 11).



Figura 6. El Barón Ignaz von Born revolucionó la minería europea del XVIII demostrando la preeminencia del sistema de amalgamación sobre el de la fundición atendiendo a los intereses de su Emperador.

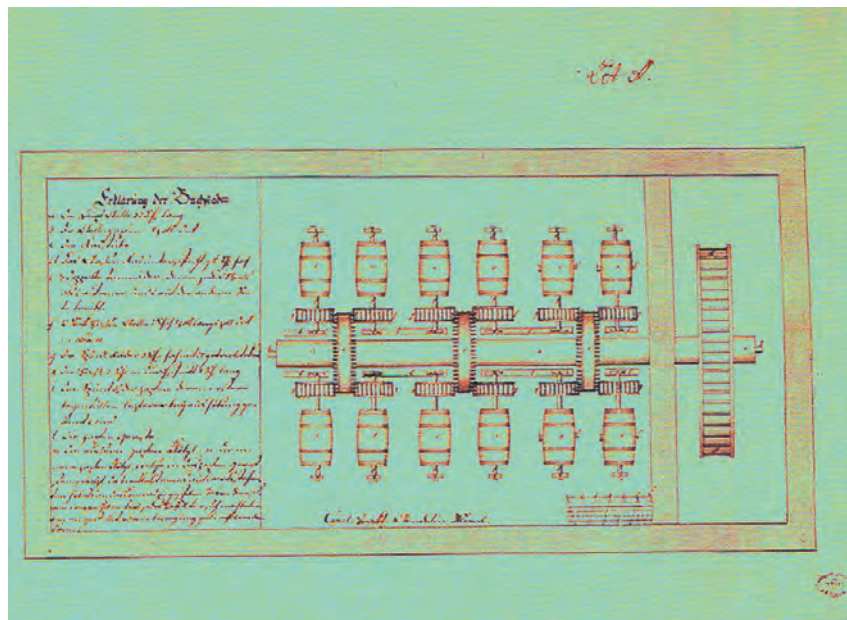


Figura 7. Dibujo del sistema de barriles de Born enviado desde Viena por el español Runin de Celis. 1787. (Archivo General de Indias. Minas, 28).



Figura 8. Nuevo método de trabajar las minas inventado en Canta (Perú) por Gaspar Sabugo. 1790 (Archivo General de Indias. Mapas y Planos. Virreinato del Perú).

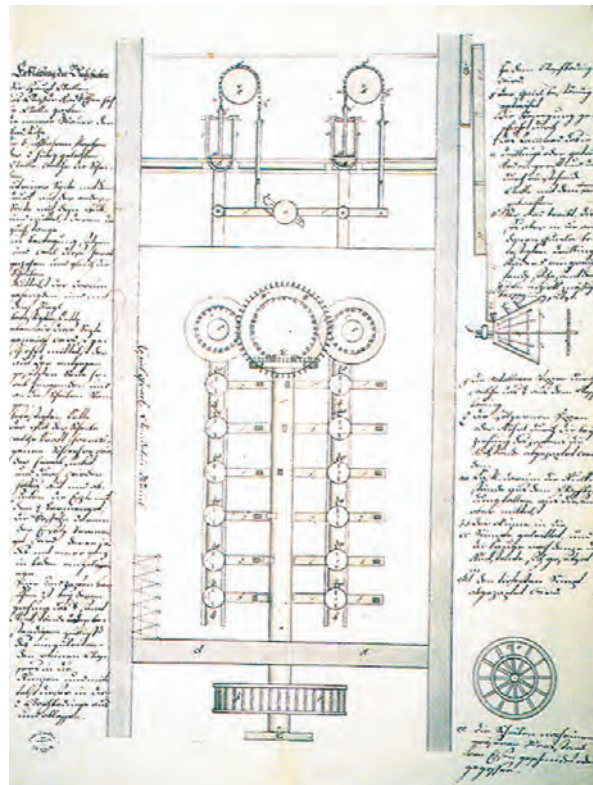


Figura 9. Máquinas de bombeo para amalgamación utilizada en Europa central. (Archivo General de Indias. Minas, 27).