

Ateneo de Madrid

De la Ciencia Ilustrada a la Ciencia Romántica

Actas de las II Jornadas sobre
«España y las expediciones científicas
en América y Filipinas»

Alejandro R. Díez Torre, Tomás Mallo
y Daniel Pacheco Fernández
(coordinadores)



DOCE CALLES

Colección ACTAS

© Ateneo de Madrid.

© De cada texto su autor.

© De la coordinación editorial: Alejandro R. Díez Torre, Tomás Mallo, Daniel Pacheco.

© De la presente edición: EDICIONES DOCE CALLES, S. L.
Apartado 270. 28300 Aranjuez (Madrid)
Teléfonos (91) 892 42 01 - 892 42 18
Fax: (91) 892 51 49

ISBN: 84-87111-53-X.

D. L.: M-4972-1995.

Impresión: Closas-Orcoyen, S. L. (Paracuellos de Jarama, Madrid).

CIENCIA Y MINERÍA EN LAS EXPEDICIONES A AMÉRICA

Miguel Molina Martínez

Universidad de Granada

«Como la minería es el origen y fuente única de los metales que dan espíritu y movimiento a todas las ocupaciones humanas y al comercio universal en este mundo, en justicia exige la atención principal del gobierno».

José de Gálvez: *Informe General* al virrey Bucareli.

La política minera española en las últimas décadas del período colonial estuvo basada en diferentes principios, entre ellos los siguientes: 1. Trabas al monopolio y control que los comerciantes disfrutaban en los mecanismos de circulación y producción de plata; 2. Eliminación de los obstáculos fiscales y burocráticos; 3. Reducción del costo de los insumos controlados por el Estado (azogue, pólvora, etc.); 4. Concesión de mecanismos jurídico-institucionales (Tribunal de Minería) y distinciones sociales (títulos de nobleza); y 5. Modernización tecnológica de las explotaciones mineras. Sobre este último girará nuestra atención¹.

Las innovaciones tecnológicas ocurridas en el sector minero, lo mismo que en el industrial o en el agrícola, estuvieron directamente relacionadas con los planteamientos económicos de la dinastía borbónica. La difusión generalizada de conocimientos científicos en la minería perseguían, sobre todo, el aumento de la producción de metales y, al mismo tiempo, la conservación de los yacimientos y el abaratamiento de los costes. La puesta en práctica de las nuevas tecnologías esta-

¹ Véanse nuestros trabajos «La formación técnica del minero peruano y los proyectos de un Colegio de Minería». *Boletín del Instituto Riva-Agüero*, 11. Lima, 1977-81, pp. 125-146; «Aspectos de la expedición Nordenflicht en Potosí». *Historia Boliviana*, VI/1-2. Cochabamba, 1986, pp. 109-115; «Técnica y laboreo en Huancavelica a mediados del siglo XVIII», en *Europa e Iberoamérica: Cinco siglos de intercambios*, Sevilla, 1992, II, pp. 395-405. Desde una perspectiva más general, puede consultarse LAFUENTE, ANTONIO y PESET, JOSÉ LUIS: «Ciencia e historia de la ciencia en la España Ilustrada». *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 178. Madrid, 1981, pp. 267-300; De los mismos autores, «Militarización de las actividades científicas en la España Ilustrada» (1720-1754), en *La ciencia moderna y el Nuevo Mundo*. Madrid, 1985; RUMEU DE ARMAS, ANTONIO: *Ciencia y tecnología en la España Ilustrada*. Madrid, 1980.

ba orientada fundamentalmente a la consecución de los medios y las condiciones adecuados para un mayor aprovechamiento de los recursos y una más alta rentabilidad económica. Ello, no obstante, unido a la sensibilidad de la Corona por las nuevas corrientes científicas europeas y su interés por incorporarse a ellas. Es el momento en el que la ciencia y el científico cobraron un significado del que carecían hasta entonces y que les llevará a ocupar una posición destacada en la administración del Estado². De este modo se entienden las iniciativas dirigidas a la contratación de expertos mineralogistas europeos, las ayudas financieras para que los científicos españoles completen su formación en el extranjero o la creación de centros de investigación científica en la Península y Ultramar con el consiguiente trasvase de tecnología de una parte a otra. No cabe duda de que Corona realizó un gran esfuerzo en este sentido propiciando, entre otras cosas, una clara apertura a la difusión de las corrientes científicas europeas, incluidos los territorios americanos.

Como se sabe, fue Gálvez quien impulsó las medidas más profundas y radicales desde su visita al virreinato novohispano, sintonizando con las demandas de influyentes personalidades como Gamboa, Lassaga, Velázquez de León o Alzate. Todos habían expresado diferentes soluciones a los problemas de la minería con medidas que iban desde la rebaja del precio del azogue y la habilitación del minero, hasta la enseñanza de las técnicas mineralógicas y la adecuación de la legislación a la realidad del sector³.

Aspectos interesantes sobre cuestiones técnicas los recogió Gamboa en sus *Comentarios a las ordenanzas de minas*. En esta obra se incluyen precisas descripciones de instrumentos y métodos para la medición de los parajes subterráneos con sus correspondientes tablas matemáticas, así como dibujos y diagramas que delatan su amplia formación científica. Empeñado en acabar con la deplorable ignorancia técnica de los mineros⁴, abordó con exhaustividad todo lo referente a la ingeniería de minas y a la metalurgia de los metales, mereciendo los elogios de sus contemporáneos y los de Maffei y Rúa Figueroa⁵.

También Velázquez de León insistió en la deficiente instrucción técnica del minero en términos tan rotundos como los siguientes:

«Pensar (como algunos piensan) que por medio de una práctica ciega y desnuda de todo principio científico se puede llegar a la perfección de que es

² LAFUENTE, ANTONIO y PESET, JOSÉ LUIS: «Militarización...», p. 139.

³ GAMBOA, FRANCISCO JAVIER DE: *Comentarios a las ordenanzas de minas dedicadas al católico rey, nuestro señor don Carlos III*. Madrid, 1761; LASSAGA, JUAN LUCAS y VELÁZQUEZ DE LEÓN JOAQUÍN: *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al Rey nuestro señor los apoderados de ella...* México, 1774 (Edición facsimilar con introducción de ROBERTO MORENO DE LOS ARCOS). México, 1979); ALZATE, JOSÉ ANTONIO: *Gacetas de literatura de México*. México, 1831, 4 vols.

⁴ BRADING, DAVID: *Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*. Madrid, 1975, p. 222.

⁵ MAFFEI, EUGENIO y RÚA FIGUEROA, RAMÓN: *Apuntes para una biblioteca de libros, folletos y artículos, impresos y manuscritos relativos al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y las ciencias auxiliares*. Madrid, 1871, I, p. 275. Sobre su figura véanse los trabajos de TRABULSE, ELÍAS: *Un político criollo en la Ilustración mexicana, 1717-1794*. México, 1985, y *Francisco Xavier Gamboa and his Commentaries on the Mining Ordinances of New Spain*. México, 1987.

capaz la minería, es lo mismo que persuadirse a que se puede navegar en alta mar sin un práctico y sin la dirección de un sabio piloto; que se puede fortificar un plaza y conseguirse diestramente su ataque o su defensa sin necesitar de hábiles ingenieros y artilleros; y, en fin, que se puede construir un templo o un palacio magnífico con sólo el sobrestante y los obreros albañiles»⁶.

Los proyectos de Velázquez sobre la reforma de la minería, bien apoyados por Gálvez, lograron plasmarse en las *Reales Ordenanzas para la dirección, régimen y gobierno del Importante cuerpo de la Minería de Nueva España y de su Real Tribunal General*, impresas en Madrid en 1783. Las cuestiones relativas a la ciencia y a la técnica están contenidas en los títulos XVII (sobre los peritos en el laboreo de las minas y en el beneficio de los metales) y en el XVIII (acerca de la educación y enseñanza de la juventud destinada a las minas). El primero contempla la existencia en cada real de minas de «sujetos inteligentes, instruidos y prácticos en la Geometría y en la Arquitectura subterránea e Hidráulica, y también en la Maquinaria y en las artes de Carpintería, Herrería y Albañilería...», así como de «otros hombres hábiles en el conocimiento de los minerales... y en su tratamiento para sacarles todo lo que tuvieren de metales...».

Todo ello con el fin de que las minas pudieran trabajarse «con acierto y seguridad». El segundo contempla la creación del Real Seminario de Minería

«para que nunca falten sujetos conocidos y educados desde su niñez en buenas costumbres e instruidos en toda la doctrina necesaria para el más acertado laborio de las minas...»

En otros artículos del mismo título se insiste en el desarrollo tecnológico cuando afirma que se

«exercite, fomente y promueva con la mayor actividad, madurez y dirección la industria aplicable a la minería... poniéndose especial esmero y atención en observar el uso y efecto de las máquinas, operaciones y métodos... sin que las antiguas preocupaciones, vinculadas a la ignorancia y al capricho, estorben los progresos de la industria...».

Además establece que los nuevos descubrimientos que demostraran su eficacia serían premiados con privilegio exclusivo para el autor mientras viviese. También se premiaría a quienes presentaran máquinas, inventos u operaciones practicadas en otros lugares o tiempos y probaran su utilidad. Semejantes incentivos son los que explican la profusión de proyectos llegados hasta las autoridades sobre nuevos métodos de beneficio, maquinaria, etc., sin que la mayor parte de ellos demostrara su rentabilidad.

De especial relevancia para el desarrollo de la ciencia fue la creación del Real Seminario de Minería, cuya apertura tuvo lugar en 1792 bajo la dirección del científico español Fausto Elhuyar⁷. A despecho de las iniciativas locales reacias a plegarse a las innovaciones tecnológicas venidas de fuera, el Seminario representó

⁶ LASSAGA, JUAN LUCAS y VELÁZQUEZ DE LEÓN, JOAQUÍN: *Representación...*, p. 37.

⁷ El trabajo más amplio sobre este instituto continúa siendo el de IZQUIERDO, JOSÉ JOAQUÍN: *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*. México, 1958.

el triunfo de la ciencia europea puesta en manos de peninsulares. En opinión de José Luis Peset, la creación de este organismo representa una de las aventuras científicas más interesantes de toda la empresa española en América y plantea las dificultades del encuentro de una gran ciencia, la europea, con una gran técnica, la mexicana, planteando de nuevo la problemática del encuentro de teoría y práctica⁸. José Antonio Alzate, tan científico como polémico, abanderó como pocos una actitud crítica americana contra las reformas llegadas desde la Península. De ahí, su oposición a Elhuyar y al propio Seminario. Hubo también proyectos de Seminarios en otras regiones del continente. En Potosí se creó una Academia de Minas para la enseñanza de la explotación y de la metalurgia⁹. En Lima el Colegio de Minería no pasó de ser una iniciativa finalmente frustrada del barón Nordenflicht¹⁰.

Los estudios sobre la tecnología minera colonial hablan de la constante pugna mantenida entre quienes creían necesaria la introducción de la ciencia europea y quienes, por el contrario, defendían la idoneidad y las ventajas de las prácticas autóctonas. Esta confrontación llegó a tener gran resonancia en todos los ámbitos de la América española, allí donde el ímpetu renovador borbónico quiso dejar huella de su presencia. Nada más ilustrativo de ello que la suerte de las expediciones mineralógicas destinadas a los dominios ultramarinos en las últimas décadas de la centuria. Atraída por las utilidades que reportaba el nuevo método de amalgamación descubierto por el metalurgista Ignaz von Born, la Corona comisionó a Fausto Elhuyar para que estudiara la forma de contratar y organizar una gran expedición integrada por expertos mineralogistas europeos con el fin de difundir su técnicas en América. Las gestiones culminaron con la marcha de los expedicionarios, divididos en cuatro grupos con destino a México, Nueva Granada, Perú y Chile¹¹. La de México estuvo encabezada por Federico Sonneschmidt. La de Nueva Granada quedó bajo la dirección de Juan José Elhuyar, aunque se envió a Jacob Benjamín Wiesner¹². Por su parte, el barón Nordenflicht estuvo al frente de la expedición que recorrió las minas potosinas y peruanas¹³.

Interesan también los siguientes: RAMÍREZ SANTIAGO: *Datos para la historia del Colegio de Minería, recogidos y compilados en forma de efemérides*. México, 1890. HOWE, WALTER: *The Mining Guild of New Spain and its Tribunal General (1770-1821)*. Cambridge, Mass. 1949. RUBIO MANE, JOSÉ IGNACIO: «La fundación del Real Seminario de Minería de la Nueva España, según los documentos que custodia el Archivo General de la Nación», en *Memoria del primer coloquio mexicano de historia de la ciencia*. México, 1964, II, pp. 239-272. MORENO DE LOS ARCOS, ROBERTO: «Las instituciones de la industria minera novohispana», en *La minería en México. Estudios sobre su desarrollo histórico*. México, 1978, pp. 139-150. PESET, JOSÉ LUIS: *Ciencia y libertad...*, pp. 176-201.

⁸ PESET, JOSÉ LUIS: *Ciencia y libertad...*, p. 176.

⁹ Véase la monografía de OVANDO SANZ, GUILLERMO: *La Academia de Minas de Potosí, 1757-1970*. La Paz, 1975

¹⁰ MOLINA MARTÍNEZ, MIGUEL: «La formación técnica...», cit.

¹¹ Sobre las gestiones de Elhuyar en Viena y la contratación de los mineralogistas existe abundante documentación en A.G.I., Indiferente General, 1798. Véase asimismo WITTHAKER, ARTHUR: «The Elhuyar mining mission and the Enlightenment». *Hispanic American Historical Review*, Durham, 1951, XXXI: 4, pp. 558-583.

¹² PELAYO, FRANCISCO: «Las actividades mineras de J. C. Mutis y Juan José Elhuyar en Nueva Granada». *Revista de Indias*, Madrid, 1990, núm. 189, pp. 455-471.

¹³ Para las actividades realizadas en Potosí, véase HELMER, MARIE: «Mineurs allemands a Potosí: l'expédition Nordenflicht (1788-1798)», en *La minería Hispana e Iberoamericana*. León, 1970, I,

La bibliografía disponible permite asegurar que todas ellas fracasaron estrepitosamente. Las ventajas y utilidades de las que iban precedidas no lograron en absoluto hacerse realidad. Las causas fueron múltiples. De tipo social y político: La abierta oposición con la que la sociedad minera recibió a los expedicionarios y su conservadurismo. De tipo técnico: la peculiaridad de los minerales americanos, lo que impidió la obtención de resultados favorables. De tipo económico: el hecho de que su puesta en práctica implicara la desaparición de la mita y con ella la pérdida de una importante renta subsidiaria para los dueños de minas.

Desde el punto de vista tecnológico, la pretendida modernización tuvo alcances muy limitados. Muy pronto se llegó a reconocer que el invento de amalgamación de Born no era sino una variante del método de *cazo y cocimiento* descubierto por Alvaro Alonso Barba en el siglo XVII. Sus más conspicuos defensores —Elhuyar y Sonneschmidt— terminaron admitiendo que el tradicional sistema de «patio» era más apropiado para la minería americana que el alemán ya que requería costos más bajos, menor fuerza motriz y maquinaria más simple. El virrey Revillagigedo se expresó en estos mismos términos:

«...los mineros alemanes que vinieron poseen efectivamente unos conocimientos teóricos muy superiores a los de este país, pero... es necesario adaptarlos en cierto modo a las prácticas establecidas en él, circunstancias locales de las minas, de los operarios y de los dueños de aquéllas, y a los diversos precios respectivos de la caballada, enseres y diversas materias que se emplean en el laborío. Todo lo cual necesita combinaciones delicadas y experiencias repetidas para encontrar el verdadero punto...; y así por el método adoptado, poco debe adelantarse aun cuando posean una habilidad superior»¹⁴.

Por su parte, Humboldt, quien insistió en la urgente necesidad de modernizar aquellas minas, fue igualmente preciso al señalar la inadecuación del sistema de barriles:

«Pero —escribe— ¿cómo se ha de introducir en México o en el Perú el método de Freiberg que se funda sobre la quema de los minerales y el movimiento giratorio de los toneles?. En Freiberg se amalgaman en todo el año 60.000 quintales de minerales; y en Nueva España cerca de diez millones. ¿Cómo pues se ha de encerrar en toneles esta enorme masa de minerales? ¿Cómo se han de quemar los minerales en un país escaso de combustible y donde las minas están en unas mesetas o llanos donde no hay bosques?»¹⁵.

513-528; «La mission Nordenflucht en Amérique espagnole (1788). Echec d'une technique nouvelle». *Asclepio*, Madrid, 1987, XXXIX: 2, pp. 123-144; FISHER, JOHN: *Minas y mineros en el Perú colonial (1776-1824)*. Lima, 1977, pp. 121-131; MOLINA MARTÍNEZ, MIGUEL: «Aspectos de la expedición...», cit.; BUECHLER, ROSE M.: *The Mining Society of Potosí, 1776-1810*. Syracuse University, 1981, cap. II. Para las actividades realizadas en Perú: DEUSTUA PIMENTEL, CARLOS: «La expedición mineralogista del barón Nordenflucht al Perú». *Mercurio Peruano*. Lima, 1957, XXXVIII, pp. 510-519; FISHER, JOHN: *op. cit.*, pp. 131-152; MOLINA MARTÍNEZ, MIGUEL: «La formación técnica...», cit.

¹⁴ Conde de Revillagigedo: *Instrucción reservada que el... dio a su sucesor en el mando, Marqués de Branciforte*. México, 1966, p. 112.

¹⁵ HUMBOLDT, ALEJANDRO: *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*. México, 1984, p. 382.

La defensa de la tecnología autóctona tuvo en Alzate su voz más firme. Frente a la Corona y a quienes defendían la necesidad de aplicar las técnicas importadas a la minería americana, él defendió las excelencias de las prácticas propias. En sus escritos hay una contumaz reivindicación de la minería local y de sus tradiciones, en contra de las novedades foráneas¹⁶. Su convencimiento acerca de la superioridad de los métodos mexicanos era absoluto. En aquéllas, señalaba,

«no encontraba descrita alguna operación que ignoren nuestros mineros; ... nada de esto fue capaz de enseñarme la más ligera operación que no estuviese practicada en las minas de Nueva España; al contrario, veía que muchas se ejecutaban con mayor sencillez»¹⁷.

En cambio, la tecnología local era fruto de una larga práctica, la única que «ministra señales seguras o a lo menos conjeturales sobre la dirección de las vetas y su riqueza» y el más «seguro e infalible maestro». Para él, la práctica empírica del minero hacía innecesaria la nueva ciencia. Sin ésta —escribe—,

«saben (no sé el cómo) ejecutar tiros, socavones y lumbreras capaces de confundir al más ingenioso geómetra. Es cierto que muchas operaciones les resultan falsas, pero en lo general, por combinaciones que ignoramos, pero que prueban el imperio de la alma racional, dirigen las operaciones de forma que consiguen conducirse al punto que se encaminan sus ideas»¹⁸.

Opiniones semejantes se oyeron en otras partes de América. En Lima, un importante ministro del Tribunal de Minería, Manuel Villalta, defendía también frente a Nordenflicht, la supremacía de la técnica peruana frente a la europea y sentenció:

«Debe acabarse el incivil concepto de tenernos por unos bárbaros pues, con seguridad y satisfacción podemos decir que los sabios o se han penetrado con nuestros principios o los han venido a aprender como parece más natural»¹⁹.

Tal estado de opinión, sin embargo, no podía ocultar la realidad de unos yacimientos que se trabajaban con evidentes irregularidades. Las ilustrativas descripciones que en su día hicieran Antonio de Ulloa sobre «el laberinto» de Huancavelica, Federico Mothes sobre el Cerro de Hualgayoc, Weber sobre Potosí o Humboldt sobre las minas mexicanas son testimonios más que suficientes para poner en tela de juicio ciertas afirmaciones de Alzate, por ejemplo. Los continuos pleitos entre mineros por la propiedad de las vetas, como consecuencia de tiros mal orientados, las enormes sumas de dinero perdidas en socavones y obras de desagüe proyectadas irregularmente, etc. ponen de relieve los escasos conoci-

¹⁶ Su pensamiento al respecto puede seguirse en sus *Observaciones sobre la física, historia natural y artes útiles*. También en sus *Obras* (Introducción de Roberto MORENO DE LOS ARCOS). México, 1980.

¹⁷ ALZATE, JOSÉ ANTONIO *Obras*, (Edición de Roberto MORENO DE LOS ARCOS). México, 1980, I, p. 225.

¹⁸ *Ibidem*, p. 233.

¹⁹ MOLINA MARTÍNEZ, MIGUEL: «La formación técnica...», p. 140.

tos de geometría subterránea, aritmética y otras ciencias necesarias para la explotación racional de los minerales. Esta situación aún continuaba en la centuria siguiente.

Conocido el fracaso de los metalurgistas alemanes en su intento de difundir en América los métodos que con éxito se venían aplicando en las minas europeas, el panorama de la innovación tecnológica minera puede abordarse desde otros frentes. Por un lado, resultan interesantes las múltiples tentativas de introducir maquinaria desde la península o desde otros países con el fin de incrementar los rendimientos o facilitar el trabajo en la mina. Por otro, debe destacarse la profusa labor inventiva de los propios mineros sobre nuevos métodos de beneficio y los más heterogéneos artilugios de aplicación minera. En conjunto, constituyen un capítulo esencial de la historia de la ciencia a finales de la colonia.

Los proyectos para la utilización de máquinas europeas fueron abundantes, aunque con frecuencia despertaron el recelo de las autoridades. Menos problemática planteó, en cambio, el trasvase de tecnología desde la Península. Hornos de fundición, bombas extractivas, herramientas de todo tipo, etc. formaban parte de las demandas de quienes no confiaban demasiado en la técnica local. A su lado se encontraban los que proponían soluciones propias sin recurrir a la importación del material.

La Corona tomó la iniciativa a la hora de introducir en Huancavelica el mismo tipo de hornos utilizado en Almadén, remitiendo a Jorge Escobedo planos para su construcción. Respondía así a los deseos del intendente de la mina, Márquez de la Plata, quien había solicitado la implantación de hasta un centenar de ellos²⁰. Poco después, José Antonio Becerra, que estaba al frente de la Contaduría General de Azogues de Huancavelica, retomó la misma idea en un documentado e interesante escrito²¹. El problema del combustible —el *ichu* empleado en Huancavelica no llegaba a producir las mismas calorías que la madera de Almadén— fue un obstáculo decisivo para que los hornos finalmente no se construyeran. A principios del siglo XIX, el ingeniero Pedro Subiela pretendió construir también en Huancavelica el nuevo tipo de horno, inspirado en los de Idria, que desde 1802 funcionaba en Almadén. La iniciativa no prosperó y en 1813 Guillermo Karwin volvía a resucitarla sin ninguna fortuna²².

La aplicación de la máquina de vapor en el desagüe de las minas fue un hecho que no pasó desapercibido en las Indias. El invento de Newcomen, perfeccionado por Watt, atrajo desde el principio la atención de los mineros por sus excelentes resultados. Ya Velázquez de León mostró su interés solicitando a sus amigos que viajaban por Europa dibujos e información sobre la máquina. Muchas minas permanecían abandonadas a causa de las inundaciones, siendo el problema del desagüe

²⁰ Carta de José de Gálvez a Márquez de la Plata. San Lorenzo, 24 de octubre de 1785. Archivo General de Indias (AGI), Lima, 1330.

²¹ JOSÉ ANTONIO BECERRA: «Manifiesto del método de la fundición de metales de azogue que está en práctica en los hornos de la real mina de Almadén en España, observaciones y cotejo de uno a otro método y razones de considerables ventajas porque se cree que en Huancavelica se debe adaptar el de Almadén». Huancavelica, 16 de octubre de 1792. AGI, Lima, 1334.

²² FUENTES BAJO, MARÍA DOLORES «El azogue en las postrimerías del Perú colonial». *Revista de Indias*, Madrid, 1986, n° 177, p. 97.

uno de los más acuciantes que padecía el sector. Humboldt señaló este hecho y añadió que

«es una costumbre verdaderamente bárbara la de desaguar las minas más profundas, no por medio de equipos o sistemas de bombas, sino de cubos de cuero ensartados en cuerdas que se envuelven en el tambor de un malacate»²³.

Unos cubos, además, que en otras ocasiones también servían para sacar mineral y que, debido a su rozamiento con las paredes de los tiros, se deterioraban con frecuencia y era costosa su conservación. De ahí la importancia que tenía la aplicación de las bombas. En Almadén ya se habían experimentado sus efectos, tras haber montado una Tomás Pérez a principios del siglo XIX. Inmediatamente después Carlos IV dio orden de que se estudiara su implantación en México y Perú. En esta ocasión fue Fausto Elhuyar quien expresó al virrey Iturrigaray sus reservas sobre dicho plan, atendiendo a las circunstancias locales. Por un lado, dichas máquinas necesitaban abundante carbón piedra para combustible, el cual era difícil de encontrar en las cercanías de las minas y, si se utilizaba madera, muy pronto se destruirían los bosques próximos; por otro, requerían gran cantidad de agua, cuya conducción supondría un gasto elevado. A ello habría que añadir el enorme desembolso para su adquisición, transporte e instalación en los reales de minas²⁴. Proponía, en todo caso, que las máquinas se fabricasen en México con la supervisión de peritos foráneos. Los sucesos de Bayona de 1808 truncaron todos estos proyectos hasta una década después cuando Fernando VI volvió a plantear la introducción de las bombas de vapor e, incluso, concediendo libertad de derechos para la entrada de material extranjero. Sin embargo, la primera máquina no fue instalada hasta 1821 en el asiento minero de Catorce²⁵. Concluida la independencia, los ingleses tuvieron la oportunidad de explotar algunas minas mexicanas con la nueva tecnología²⁶.

En tierras peruanas, aunque tardíamente, las bombas de desagüe pudieron instalarse. La compañía constituida en 1812 por Pedro Abadía, José Arismendi y Francisco Ubille fue la encargada de poner en práctica la empresa. En 1815 llegaron al puerto de El Callao las primeras máquinas y pocos meses después funcionaban en Pasco²⁷. Su incidencia en la producción fue inmediata. En 1816 los registros de plata aumentaron en 20.000 marcos; los más altos rendimientos tuvieron lugar entre 1819 y 1820 cuando la producción del Cerro creció hasta un 350%²⁸. El angloamericano Samuel Curzón y el italiano José Boqui crearon otra compañía para introducir maquinaria también en Pasco pero, debido a los problemas políticos y a los avatares de la guerra, no pudieron culminar el proyecto²⁹.

²³ HUMBOLDT, ALEJANDRO: *op. cit.*, p. 369.

²⁴ SÁNCHEZ FLORES, RAMÓN: *Historia de la tecnología y la invención en México*. México, 1980, p. 254.

²⁵ BRONSTEIN, CLARA: *La introducción de la máquina de vapor en México*. México, 1966, p. 133.

²⁶ Véase la monografía de RANDALL, ROBERT W.: *Real de Monte. Una empresa minera británica en México*. México, 1972.

²⁷ MOLINA MARTÍNEZ, MIGUEL: *El Real Tribunal...*, pp. 345-351.

²⁸ FISHER, JOHN: *Minas y mineros...*, p. 231.

²⁹ MOLINA MARTÍNEZ, MIGUEL: *El Real Tribunal...*, pp. 351-356.

El empleo de la pólvora supuso un revulsivo en las técnicas extractivas, aunque su incidencia no fue decisiva en el aumento de la producción³⁰. Su progresiva utilización, no exenta de problemas técnicos y altos riesgos, facilitó la voladura de la roca permitiendo avanzar considerablemente en el desprendimiento del mineral o en la construcción de túneles, galerías o socavones. Asimismo el empleo del barrenado tuvo efectos positivos sobre la salud de los trabajadores, en particular la de los barreteros, ya que con la nueva tecnología su exposición a los gases venenosos se redujo considerablemente³¹. A mediados del siglo XVIII su uso era frecuente en Huancavelica, tal como señalaba el gobernador Ulloa, quien además ofreció precisiones técnicas sobre su tamaño, carga y modo de empleo. Según sus cálculos, durante los cinco años que regentó la mina (1759-1764), se dieron 338.000 barrenos que desprendieron algo más de un millón de cajones de mineral³². En otras zonas del virreinato parece que existían más reticencias para su utilización³³, a pesar de que la Corona estableciera el estanco de la pólvora como una medida más de apoyo al sector³⁴. En México, por el contrario, era más frecuente. Guanajuato gastaba 90.000 libras anuales de 1778 a 1795³⁵. Humboldt, por su parte, señala que sólo en La Valenciana se consumía pólvora por valor de 673.676 pesos durante el período comprendido entre 1794 y 1802 y que en el conjunto de la Nueva España se necesitaban alrededor de 12 a 14.000 quintales³⁶.

La iniciativa local no fue a la zaga a la hora de solventar los problemas que a diario entorpecían la labor de los mineros. En este sentido, la relación de inventores es tan amplia como ilustrativa del espíritu científico que cuajó en las Indias a finales del período hispano. Obras manuscritas e impresas, así como proyectos de muy diversas máquinas constituyen un rico legado de esa llamada, y todavía escasamente conocida, ciencia colonial. José Antonio Alzate fue, en este sentido, una figura señera y está considerado como precursor de la tecnología mexicana. En sus *Gazetas de Literatura* están contenidas gran parte de sus aportaciones al conocimiento científico³⁷. En cuanto a sus invenciones, sobresalen las modificaciones introducidas en los malacates para adaptarlos mejor al medio local y otras formas de desagüe, sus estudios sobre arquitectura hidráulica o cañerías compactas, su nuevo molino para la trituración de minerales, etc.

³⁰ MIRA, GUILLERMO: «Plata y tecnología en la América española del siglo XVIII. Una aproximación a los cambios productivos bajo la Ilustración», en LAFUENTE, ANTONIO y SALA CATALÁ, JOSÉ (eds.): *Ciencia colonial en América*. Madrid, 1992, pp. 259-260.

³¹ Este hecho ya lo observó Antonio de Ulloa durante su gobierno en Huancavelica y le llevó a concluir que la mortandad en la mina era mucho menor que en épocas pasadas. Véase su *Relación de gobierno*, punto 1º, nº 83. AGI., Lima, 777. También MOLINA MARTÍNEZ, MIGUEL: *Minería y poder local en Huancavelica. El gobierno de Antonio de Ulloa*. (En prensa).

³² ULLOA, ANTONIO DE: *Relación...*, punto 1º, nº 79.

³³ MIRA, GUILLERMO: *art. cit.*, p. 259.

³⁴ FERNÁNDEZ ALONSO, SERENA: «Medidas reformistas en torno a la minería peruana. La creación del estanco de la pólvora». *Revista de Indias*, Madrid, 1988, núms. 182-183, pp. 383-399.

³⁵ BRADING, DAVID: *op. cit.*, p. 184.

³⁶ HUMBOLDT, ALEJANDRO: *op. cit.*, p. 366.

³⁷ Por lo que respecta a la minería sobresalen los siguientes: *Advertencia sobre el mejor método para ensayar los metales de azogue; Descripción del horno inglés; Descripción de un nuevo instrumento útil para secar la pólvora con prontitud y seguridad; Traducción de algunos artículos del caballero*

Velázquez de León, de igual modo, escribió profusamente sobre aspectos técnicos de la minería. A las páginas que sobre el particular plasmó en su *Representación*, habría que añadir sus proyectos de máquinas para mover molinetes con una bestia, fuelles para dar viento a los hornos de fundición, nuevos artilugios para repasar el mineral, etc. El mismo Elhuyar, quien, como se ha dicho, no fue partidario de introducir las bombas de vapor, inventó otra bomba alternativa dotada de un juego de tuberías de varios grosores para desaguar a diferentes niveles y adaptada a las posibilidades de energía del entorno. Sin embargo, no fue considerada como original y ello molestó sensiblemente al científico español que no la quiso llevar a la práctica³⁸. Pedro de Mendoza, un minero mexicano, construyó un molino de metales, cuya eficacia quedó probada y por ello se hizo acreedor del privilegio de su uso y disfrute. A Juan A. Fernández de Fonseca se le debe la invención de diferentes artefactos para ventilar el interior de las minas y facilitar la labor de los barreteros y tenateros.

Por lo que respecta a los métodos de beneficio, la inventiva local fue también fructífera, lo que refleja una inquietud científica nada desdeñable y que es preciso ponderar frente a una mal entendida superioridad europea. A los nombres de los Gamboa, Alzate, Velázquez de León o Elhuyar, habría que añadir otros los de José Antonio Ribera Sánchez y José Gil Barragán³⁹, así como el de José Garcés y Eguía, experto refinador y abogado de la Real Hacienda, quien aplicó con éxito sus técnicas en las minas de Pachuca y Zacatecas⁴⁰. De autor anónimo, es el *Tratado de docimacia o arte de ensayos, con un resumen de las operaciones sobre el apartado y afinación de los metales, extractado de varios autores*, escrito en 1803. Asimismo destacan los trabajos de Andrés Manuel del Río, catedrático del Real Seminario, de gran utilidad para difundir la ciencia mineralógica⁴¹. Por estas fechas se publica también la obra de Federico Sonneschmidt, *Tratado de amalgamación de México* (México, 1805). Aunque de aparición mucho más tardía, no debe olvidarse la fundamental *Memoria sobre el influjo de la minería en la agricultura, industria, población y civilización*, de Fausto Elhuyar⁴². En el virreinato pe-

Born, acerca de la extracción de la plata y oro en su correctivo; Pensamientos útiles en orden a perfeccionar el beneficio para la extracción de plata y sobre la mineralización; Descripción del barreno inglés y Noticias sobre las bombas de fuego.

³⁸ SÁNCHEZ FLORES, RAMÓN: *op. cit.*, pp. 232-233. Véanse de Fausto ELHUYAR sus «Disertaciones metalúrgicas», ms. citado por Modesto BARGALLO: *La amalgamación de los minerales de plata en Hispanoamérica colonial*. México, 1969, p. 521. También sus «Reflexiones sobre el trabajo en las minas y operaciones de afinado en el Real de Guanajuato». AGI., México, 2241.

³⁹ El primero autor de una *Idea sucinta de metalurgia* (México, 1792) y el segundo de un *Nuevo descubrimiento de máquina y beneficio de metales por el de azogue*, (México, 1792). Véase TRABULSE, ELÍAS: «Aspectos de la tecnología minera en Nueva España a finales del siglo XVIII». *Historia Mexicana*, XXX, 3, México, 1981, pp. 317 y ss.

⁴⁰ GARCÉS Y EGUÍA, JOSÉ: *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*. México, 1802. Además de explicar el nuevo método, esta obra contiene detalladas descripciones de las maquinarias y artefactos que se usaban en la época.

⁴¹ Su obra más importante es *Elementos de Oricognosia*, publicada su primera parte en 1795 y la segunda en 1805, ambas en México. La segunda edición apareció en Filadelfia en 1831. El propio autor en 1848 dio a la luz el *Suplemento de adiciones a mi Mineralogía*.

⁴² Se publicó en Madrid en 1825 y se trata de una recopilación de discursos, conferencias, artículos dados a conocer desde principios de siglo. Aquí merece resaltarse su intento de plantear la historia de la minería novohispana desde un punto de vista técnico y estadístico.

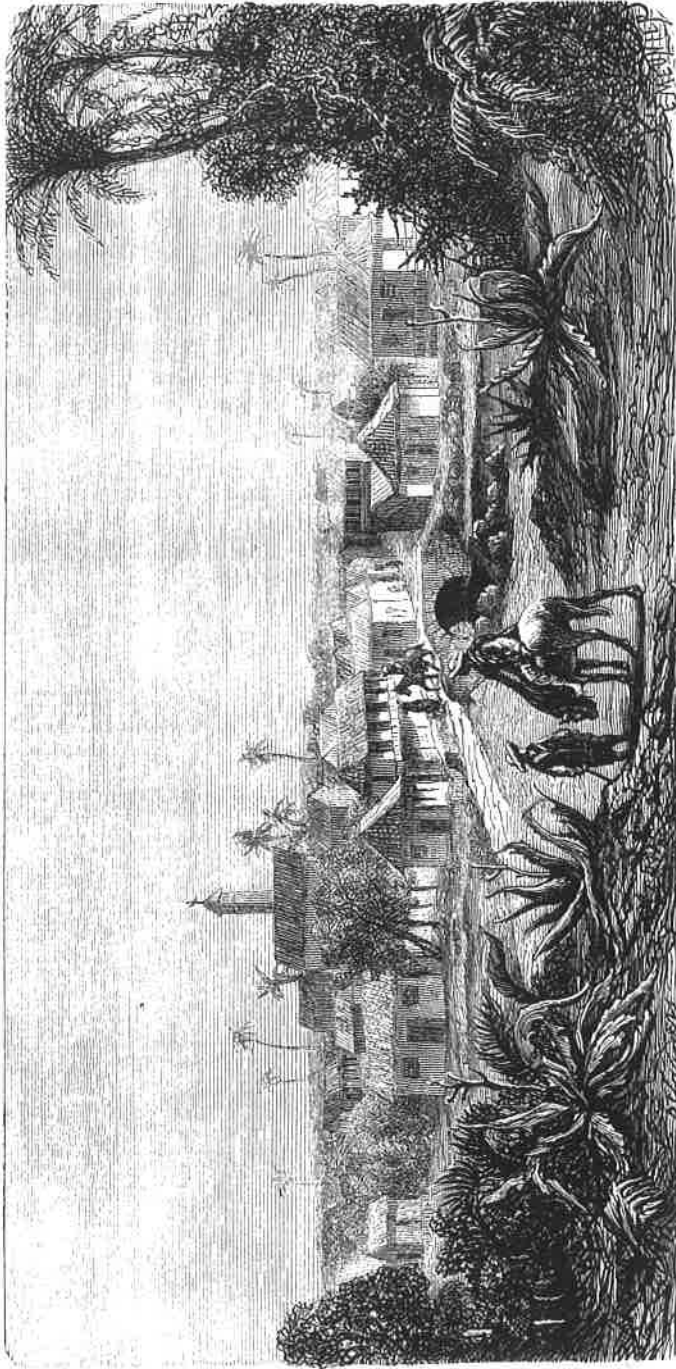
ruano citemos, entre otros, a Marcos Alonso Gamero⁴³ y al ya referido José Antonio Becerra⁴⁴.

La modernización tecnológica impulsada por la Corona, la difusión de conocimientos sobre minería o el auge que experimenta la ciencia colonial son aspectos fundamentales del reformismo borbónico, cuyas consecuencias son visibles en la centuria siguiente. Aunque su incidencia sobre el volumen de producción no esté todavía totalmente determinado —las investigaciones parecen apuntar que los efectos no fueron los inicialmente propuestos—, es cierto que muchas deficiencias existentes en las labores extractivas y de beneficio fueron corregidas y que se introdujeron algunas novedades técnicas.

Las particulares circunstancias locales de las reales minas en América condicionaron buena parte de los resultados finales de los proyectos de innovación tecnológica. La geografía, la disposición de los minerales, el régimen laboral, las dificultades financieras y la existencia de una tecnología autóctona nada desdeñable, entre otros factores, concurrieron para que las aportaciones de la ciencia europea no cumplieran en su totalidad la meta propuesta. Ello no fue obstáculo, sin embargo, para suscitar un profundo debate científico que continuó en la etapa republicana. La actividad del Colegio de Minería de México, la personalidad de sus catedráticos y la influencia de la institución es una prueba evidente del calado que tuvo el espíritu científico impulsado por los Borbones.

⁴³ *Manifiesto del nuevo método práctico de amalgamar con azogue*. Santiago de Chile, 1785. AGI., Lima, 1352.

⁴⁴ Véase nota 21.



24. *Vista de Cali. Federico de Hellwald: La Tierra y el Hombre; Barua. Montaner y Simon Eds., 1886.*