

La velocidad en los mundos lentos
Accidentes, máquinas y sociedades en América del Sur
editado por Nicolas Richard, Diego Villar y Alberto Preci

Éxitos y fracasos de las máquinas hidráulicas extranjeras en las minas del Alto Perú, siglo XVIII

Vincent Daumas
Université Rennes 2, Francia

Abstract The article focuses on three foreign mining experts who participated in the manufacture and implementation of drainage pumps in Alto Perú during the eighteenth century. The operation of these devices reveals the rhythms and forms of interest and disinterest of the technical communities, even though they were used sporadically and ephemerally. The problems involved by these machines can be therefore considered as singular accidents within the set of mining techniques of the eighteenth century: they do not seem to have transformed the mining practices, but they did transform the mentalities and approaches of the people involved in the industry.

Keywords Mining. Technology. Draining machines. Potosí. Aullagas.



Studi e ricerche 42
e-ISSN 2610-9123 | ISSN 2610-993X
ISBN [ebook] 978-88-6969-940-5

Peer review | Open access
Submitted 2025-01-30 | Published 2025-09-30
© 2025 Daumas | 4.0
DOI 10.30687/978-88-6969-940-5/004



Durante mucho tiempo, las técnicas mineras y metalúrgicas andinas del período colonial fueron vistas como atrasadas y desconectadas con respecto a las europeas, que estaban transformándose con la Ilustración y la difusión de la máquina de vapor. En ese período se veía a los andinos como aventureros, sin otros conocimientos que la costumbre, incapaces de evolucionar en sus prácticas o de aceptar las nuevas ideas modernas. Esta visión fue influenciada por los textos ilustrados del fin del siglo XVIII, como los del naturalista y militar Antonio de Ulloa,¹ los del ingeniero austriaco Ignaz von Born (1786)² y sobre todo por el fracaso de la expedición de Taddheus von Nordenflicht, que tenía como misión introducir en los Andes las técnicas mineras y metalúrgicas por entonces practicadas en Europa central a partir de 1790. La publicación del relato de viaje de Anton Zacarias Helms (1806) difundió la idea de que dicha expedición fracasó a causa del conservadurismo de los americanos.³ No obstante, en realidad fue la inadecuación de las técnicas centroeuropeas a las condiciones socioeconómicas y a los minerales de los Andes, así como el desprecio de los expertos sajones hacia sus colegas americanos, lo que provocó el rechazo de las prácticas europeas.

Cuando se estudia con atención las técnicas mineras empleadas o propuestas en los Andes durante el período colonial, se observa una gran complejidad en las prácticas, desarrolladas gracias a una larga experiencia y a reflexiones teóricas de un alto grado de erudición y de una cierta mezcla entre saberes científicos modernos y alquímicos pasados. Así, existían diversas formas de pericia, de la más teórica a la más práctica, y a la vez diversos mecanismos de reconocimiento y validación de ella. El estudio profundizado de esas técnicas mineras y metalúrgicas también permite constatar que comúnmente se conocía lo que se hacía e innovaba en Europa, y se difundía en los Andes por tratados, libros o, más frecuentemente, por la circulación de expertos. Algunos de estos especialistas eran europeos de diversas nacionalidades, quienes estaban teóricamente prohibidos por las leyes de las Indias, pero generalmente eran aceptados e incluso apoyados por las propias autoridades cuando se mostraban conocedores de técnicas útiles para la industria.⁴

Entre ellos es posible identificar a tres expertos mineros europeos, dos franceses y un polaco, quienes se interesaron en particular por las

¹ Ver, en particular, Ulloa 1772; Brown, Hernández Palomo 2015.

² Como análisis de esta obra, ver en particular Hausberger 2009.

³ Sobre la historiografía de la minería andina colonial, ver en particular Lang 2004.

⁴ Esta investigación es parte de una tesis de doctorado en curso en historia sobre las técnicas mineras y metalúrgicas en el Alto Perú y el desierto de Atacama al siglo XVIII, con un interés particular por los expertos técnicos de diversos grados y orígenes, americanos y europeos.

bombas de desagüe e intentaron implantar máquinas hidráulicas en el Alto Perú del siglo XVIII; proyectos que, en su mayoría, fracasaron.⁵ Estas bombas, que voy a detallar a continuación, se diferenciaban de la técnica más común empleada durante el período colonial para el desagüe minero: el socavón. Es decir, una galería recta cavada en la base de los cerros para cortar las vetas de metal lo más bajo posible, con el fin de que las aguas de infiltración subterráneas salgan por simple gravedad. El socavón tenía la ventaja asimismo de contribuir a la ventilación de las galerías, pero requería mucha inversión en términos de tiempo y, a veces, un error de dirección de la galería podía conducir al fracaso total. Además, mientras más se profundizaba la excavación, más largos y costosos eran los socavones, que tardaban décadas en terminarse y eran más propicios a los errores de dirección. Por esta razón, a veces se buscaba otras soluciones, tal como las máquinas hidráulicas. Conocido desde hacía siglos, el modelo más común (fuera en Europa o en América) consistía en una rueda hidráulica activada por un corriente de agua, que hacía mover una serie de tirantes dirigidos hacia las bombas ubicadas en lo más profundo de la mina. Por un sistema de canalizaciones, el agua subía poco a poco hasta el nivel de evacuación. A continuación, analizaremos la historia de la instalación de estas bombas y lo que eso revela acerca de la aceptación, el interés y el conocimiento locales de esas máquinas.

El primer caso es el del francés Luis Laduero de San Jorge, a quien conocemos a través de la *Historia de la Villa Imperial de Potosí* de Bartolomé Arzáns de Orsúa y Vela. En 1721 el francés originario de París, «grande ingeniero y muy habiloso en varias ciencias» (Arzáns [1676-1736] 1965, 3: 130), llegó a Sudamérica y afirmó poder desaguar las minas inundadas. Diversas personas lo dudaron, así que

formó en breve tamaño para que sirviese de ensayo su instrumento en una caja de plomo que, moviendo el corto guimbalete, al punto subía el agua (puesta en un cajón de pila o parte donde hubiese porción de aquel elemento) por unos cañones del mismo metal caracoleados, y la arrojaba por el eminente extremo que tornaba a declinar a tierra, cosa que vi con otros muchos. (Arzáns [1676-1736] 1965, 3: 130-1)

Todo el mundo quedó muy impresionado por el experimento, y tres azogueros de los principales lo contrataron para desaguar la rica mina del Cotamito. Mientras comenzaban las obras, el francés

⁵ En este sentido los casos expuestos en este artículo no son accidentes sino fracasos técnicos e industriales, que sin embargo permiten abordar aspectos de interés para el tema de la velocidad y de la relación con nuevas máquinas en los mundos lentos.

envió memoriales al virrey para pedir una recompensa cuando la máquina estuviera terminada. Sin embargo, luego de diez meses de construcción, se dio cuenta de que difícilmente la máquina funcionaba bajo el peso de su arquitectura, hasta que un brote de agua inesperado hizo perder todo lo ganado en la mina. Laduero tuvo que huir con 5.000 pesos de deudas (Arzáns [1676-1736] 1965, 3: 130-40, 335).⁶

Otro experto francés, llamado Carlos Malherbe,⁷ y del cual tengo más datos, aparece por primera vez en La Plata en 1760 en compañía de otro francés llamado Juan Bautista Joffier (del cual no tengo más referencias), e hizo una demostración pública de una máquina de desagüe en el río Quirpinchaca frente a una audiencia grande y a un oidor de la Real Audiencia. La descripción de esta primera máquina no es muy clara, pero sabemos que podía subir el agua a través de cañas verticales y oblicuas de 46 metros de longitud. La instalación podía sacar grandes cantidades de agua con gran velocidad, lo que impresionó a todo el mundo, incluso al oidor: así, Malherbe recibió una Real Provisión para se le adjudicases las minas despobladas que quisiera. Pasó entonces a Aullagas, un asiento de minas al norte de Potosí y capital de la provincia de Chayanta,⁸ donde se le adjudicó la mina y el socavón de la Gallofa, una mina a tajo abierto con un pequeño socavón de acceso.

Al tiempo de ir al astillero para fabricar su máquina, un español llamado Joseph Gabino Zagazeta recibió la adjudicación del socavón: afirmaba que Malherbe no necesitaba del socavón, ya que iba a sacar el agua por el tajo abierto de la mina.⁹ Este último contestó que Zagazeta no entendía su máquina y que era mucho más fácil subir el agua para sacarla por el socavón que por el tajo abierto. Después de un pleito de dos años, se confirmó a Malherbe en la posesión tanto de la mina y del socavón, y pudo instalar su máquina. Luego de ese episodio no tenemos más datos hasta 1769, cuando uno de los principales inversionistas de Malherbe, un tal José Astuena, exigió la exclusión de Malherbe de la administración de la mina: afirmaba

6 Encontré una sola referencia complementaria a este personaje en una escritura de poder otorgada en Santiago de Chile en 1715 (en el Archivo Nacional Histórico de Santiago de Chile, Escribanos de Santiago, 476, f. 48r).

7 Existe numerosa documentación que habla de este personaje en el Archivo General de Indias (Sevilla) y sobre todo en el Archivo y Biblioteca Nacionales de Bolivia (Sacre, de aquí en más ABNB). Según los documentos, no resulta claro si fue originario de Saint-Malo o de Saint-Lô; en cualquier caso, era del oeste de Francia. Es posible que llegara a Perú en el contexto de la misión geodésica francesa al Ecuador realizada a partir de 1735, ya que estaba en contacto con Joseph de Jussieu, miembro de esa expedición.

8 Actualmente sobre las alturas de Colquechaca, todavía capital de la provincia de Chayanta.

9 [Expediente seguido por Carlos de Malherbe sobre la mina de la Gallofa] 1762, ABNB, Minas, 71/9.

que el francés había hecho una muy mala gestión, que había robado metales, que había inundado voluntariamente la mina y que se creía propietario cuando ésta pertenecía a la compañía. Rápidamente, se confirmó esta decisión y Malherbe fue expulsado.¹⁰ Puede que las acusaciones de Astuena no fueran justas, dado que era un antiguo mercader arruinado y endeudado, a tal punto de que a inicios de la década de 1770 tenía más de 130.000 pesos de deuda. De hecho, él mismo afirmó que tuvo que pasar a ser minero y,¹¹ en efecto, era una estrategia común para los mercaderes arruinados la de instalarse como mineros, ya que las propiedades mineras no se podían embargar por deudas según las leyes de Indias.¹² En resumen, Astuena había invertido en los proyectos de Malherbe durante los años precedentes, y tomó la oportunidad de reemplazarlo como administrador cuando tuvo que esconderse de sus acreedores.

Sabemos que, en los años siguientes, Malherbe administró unas minas de oro de la provincia de Chayanta.¹³ Lo encontramos de nuevo en 1778, cuando el nuevo corregidor Joaquín de Alós, feroz enemigo de Astuena (ya fallecido) y de sus herederos, ordenó la restitución de la mina y del socavón de la Gallofa a Malherbe. En esa ocasión, el francés pidió una información para demostrar que Astuena había destruido todas sus máquinas e instalaciones, exigiendo que sus herederos las reembolsasen. Entonces Malherbe dio una descripción muy precisa de las máquinas que instaló en la Gallofa: tres represas para acumular el agua conducida a través de las canaletas a la entrada y dentro de su socavón, hasta una rueda hidráulica subterránea. Ésta hacía funcionar los tirantes y las bombas de desague para sacar las aguas de infiltración por el socavón, con las aguas motrices utilizadas para la rueda. Mencionaba también una rueda para sacar los metales (rueda en general horizontal, llamada malacate) y unos carrillos para transportar el mineral afuera del socavón. Por supuesto, según la información de Malherbe y sus testigos, todo estaba arruinado, anegado y destrozado.¹⁴

10 [Expediente seguido por José de Astuena contra Carlos Malherbe] 1763, ABNB, Minas, 71/14.

11 [Autos seguidos por Martín Navarro contra José de Astuena] 1777, ABNB, Minas, 152/5.

12 El lazo entre capital mercantil y minero suscitó mucho interés en la investigación: ver, por ejemplo, Contreras 1995; Mira Delli-Zotti, González 1992. Sobre la entrada en la minería de mercaderes arruinados, ver Buechler 1989, 340.

13 [Compañía para laboreo de minas] 1774, ABNB, Escrituras Públicas, 322, f. 399v-402v.

14 [Autos seguidos por Esteban de Amezcaray como albacea de José de Astuena contra Carlos de Malherbe] 1779, ABNB, Minas, 72/8. La propia estructura del documento hace difícil el correcto entendimiento de los aparatos descriptos. Sin embargo, su estudio detallado y la comparación con las máquinas más comunes de la época, sobre todo en Europa, nos permiten representarlas de forma bastante verosímil. El socavón de la

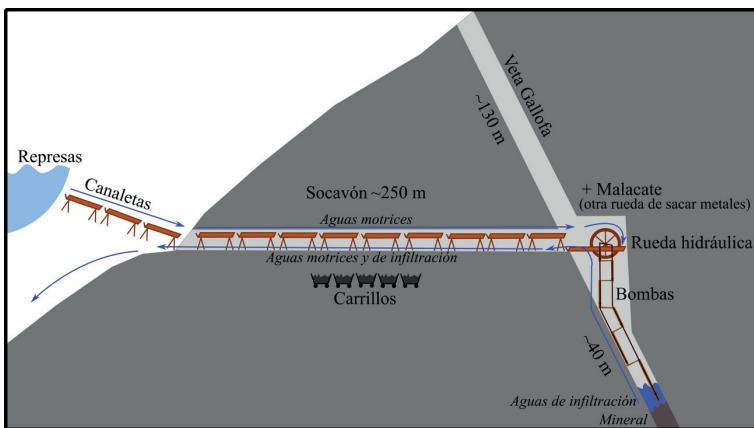


Figura 1 Las obras de Malherbe en Aullagas (proposición de representación a partir de ABNB, Minas, 72/8). Representación gráfica elaborada por el autor



Figura 2 La veta de la Gallofa en tiempos de Malherbe (proposición de representación a partir de ABNB, Minas, 72/8). Representación gráfica elaborada por el autor

Gallofa del siglo XVIII no corresponde al socavón actualmente llamado de la Gallofa, muy posterior, situado abajo en el valle, sino más bien al actual socavón de los Oquendos, así llamado en el documento y sobre planos del siglo XIX. No pude observar en el terreno ese lugar como para confirmar exactamente esta representación. Las represas todavía existen, y puede adivinarse por imágenes satelitales el tajo abierto de Gallofa. La veta de la Gallofa sigue en explotación hoy día, pero naturalmente es mucho más profunda.

15 Ver, por ejemplo, González Tascón 1992; García Tapia 1992 y sobre todo Sánchez Gómez 2005.

El tercero de estos tres expertos mineros europeos es el más conocido. El polaco Juan Daniel Weber era el número dos de la expedición Nordenflicht, y llegó a los Andes en 1790. Ya era encargado de la obra del socavón real de Potosí cuando se lo convocó para trabajar en Aullagas. Allí, el empresario Juan Antonio Amaral lo contrató para desaguar el socavón de Colquechaca, el cual permitía llegar a las minas de Anconasa, otro sitio minero de Aullagas. Con Amaral fundaron una compañía para invertir en esa empresa de desagüe con el apoyo de las autoridades y un préstamo del Real Banco de Potosí. Weber invirtió también en la operación y tenía que instalar unas bombas alemanas -no se sabe exactamente en qué consistieron, pero puede suponerse que correspondían al modelo habitual europeo, como en el caso de Malherbe-. Más tarde la compañía necesitó un nuevo aporte de capital, lo que hizo entrar a nuevos inversionistas en juego: se trataba de unos azogueros de la élite potosina que, como tales, pronto tomaron el control de la empresa. No sólo pretendieron tomar el control financiero sino también técnico de la operación, y empezaron por despedir al carpintero alemán de Weber. Poco después, en contra de su opinión, reemplazaron sus bombas por otras de tamaño mucho más amplio. Weber se burló de ellos, afirmando que tales bombas nunca podrían funcionar. Y con razón, ya que las nuevas fueron un fracaso total, provocando la quiebra de la compañía, la ruina de Weber y de Amaral, y el fin de todo el proyecto (Gavira Márquez 2015).

Estos tres casos resultan muy llamativos respecto de la relación entre las máquinas y el entorno sociocultural en el cual se introdujeron. Primero, lo más obvio: la técnica y su éxito o fracaso servían de argumento para la posesión de las minas. Esto no es tan evidente en el caso de Laduero de San Jorge, pero sí en el de Malherbe. En un primer momento, éste se opuso a Zagazeta en la explotación del antiguo socavón de los Oquendos, que daba acceso a la mina de la Gallofa. Cada uno pretendía tener una adjudicación sobre eso. Zagazeta afirmaba que Malherbe no necesitaba del socavón para sacar el agua por el tajo abierto de la Gallofa y que, si éste lo quería tanto, él podría dejarle el paso al socavón para acceder a la mina de la Gallofa. Con eso Zagazeta esperaba poder explotar la mina de San Miguel Arcángel, es decir, unos depósitos de plata que se encontraban en el propio socavón. Malherbe contestó que Zagazeta no entendía nada de su máquina y que necesitaba del socavón para sacar el agua más fácilmente de la Gallofa. Además, sostenía que la mina de San Miguel Arcángel no era de una veta virgen sino de una ramificación

de la veta de la Gallofa, lo que la incluía en la adjudicación de la veta de la Gallofa a Malherbe según las leyes mineras.¹⁶

En realidad, los aparatos técnicos de Malherbe sí necesitaban el acceso al socavón, pero hubiera podido instalarlos dejando explotar a Zagazeta los depósitos de plata. Los debates sobre la utilidad del socavón o no para las máquinas hidráulicas, así, servían de argumento para detener la mina de San Miguel. Unos años después esa misma argumentación sirvió nuevamente, aunque esta vez en contra de Malherbe: para justificar la exclusión de éste de la administración de la mina de la Gallofa, se afirmaba que su máquina no había traído ninguna utilidad. Incluso, más tarde, Malherbe fue a Oruro a trabajar a otras minas, donde intentó implantar los mismos aparatos y obtuvo los mismos resultados. Sus inversionistas afirmaban que Malherbe había entrado en su compañía para la explotación de la Gallofa con «su industria y trabajo personal y no con caudal alguno».¹⁷ Pero sabemos que Malherbe tuvo una Real Provisión para que se le adjudicasen las minas abandonadas y así obtuvo la de la Gallofa. Entonces, Malherbe aportó a la compañía sus conocimientos técnicos y la Gallofa, que era suya, pero en efecto parece poco probable que tuviera capital para empezar los trabajos, el cual fue aportado por Astuena y los demás inversionistas. En caso de desacuerdo entre los miembros de una compañía minera, los modos de resolución eran diversos, pero de cualquier modo la Gallofa seguía siendo propiedad de Malherbe: afirmar la inutilidad de sus máquinas y su mala gestión era entonces un buen argumento para excluirlo de la administración, es decir de la compañía y, al final, para despojarlo de su mina. Ésta le fue restituida en 1778 por orden del corregidor Alós: no sabemos exactamente con qué argumento lo hizo, pero sí que era albacea del viejo Malherbe. Así, poco tiempo después de la muerte del francés, el corregidor debía pasar a administrador de las ganancias de la mina.¹⁸ La complejidad de la sucesión de un extranjero y las oposiciones políticas en su contra impidieron finalmente al propio Alós de disfrutarlas (Gavira Márquez 2019). En cambio, el caso de Weber contra los azogueros potosinos resulta inverso: la toma de posesión económica de la compañía de desagüe por la inversión de los azogueros servía de argumento para que éstos impusieran su punto de vistas técnico. Era una manera de afirmar sus ideas sobre las máquinas de desagüe en un contexto de oposición cada vez más firme entre los criollos y los centroeuropeos

16 [Expediente seguido por José de Astuena contra Carlos de Malherbe] 1763, ABNB, Minas, 71/14.

17 [Autos seguidos por Esteban de Amezcaray sobre las labores el Rosario y la Gallofa] 1779, ABNB, Minas, 72/9.

18 [Autos seguidos por Esteban de Amezcaray contra Carlos de Malherbe] 1779, ABNB, Minas, 72/10 y [Declaraciones que hace Carlos de Malherbe] 1778, ABNB, Escrituras Públicas, 324, f. 333r-335v.

de la expedición de Nordenflicht. Cada uno menospreciaba cada vez más al otro y sus conocimientos. En el caso de Weber, así, la posesión de la mina era movilizada para afirmar su superioridad técnica (Gavira 2015, 110-20).

¿Cuál fue el impacto real de estas tres máquinas europeas? Resulta bastante difícil de evaluar la repercusión social sobre las prácticas o bien sobre las personas. A excepción de las tres represas creadas por Malherbe, parece muy poco probable encontrar incluso restos arqueológicos en el paisaje por la continua explotación de las minas. El único impacto de estas máquinas que se puede identificar es más bien sobre el recuerdo que la gente tenía de ellas. Ya en 1721, cuando Laduero de San Jorge hizo la presentación de su modelo frente a la comunidad minera de Potosí,

el señor visitador doctor don Pedro Morcillo [...] aseguró el efecto de sus esperanzas no dificultando nada por haber visto por sus ojos la maravillosa máquina de Marly que del Sena (que hiende por aquella gran corte de París) sube el agua por gruesos cañones más de un cuarto de legua perpendicularmente, y de allí camina más de tres leguas a los jardines reales de Versalles. (Arzáns [1676-1736] 1965, 3: 130-40)

Es verdad que durante el siglo XVII la máquina de Marly era muy famosa en Europa, una verdadera atracción turística y técnica para los visitantes de Versalles. Obviamente, la máquina de Laduero no tenía nada que ver en proporción con la de Marly, probablemente en su tiempo la máquina hidráulica más grande del mundo para subir el agua. El visitador Morcillo conocía perfectamente el potencial de un tal aparato, y por eso contribuyó a convencer a la comunidad minera de Potosí de su utilidad.

El caso de Malherbe es aún más llamativo respecto del recuerdo de las máquinas hidráulicas. En 1762, en su escrito en contra de Malherbe, Zagazeta afirmaba que «en el terminante caso del desagüe de la mina de Cotamito en el cerro de Potosí, donde los franceses lo precedieron», la instalación de la máquina no fue pretexto para despojar a los demás mineros de sus intereses. Malherbe respondió que la máquina tampoco fue pretexto para que los otros mineros robasen el trabajo de los que permitieron el desagüe -ya que así quería representar a Zagazeta-. Afirmó, también, que precisamente esa máquina hidráulica consiguió sacar el agua de la mina del Cotamito, lo cual convenció al fiscal de la Audiencia de confirmarle la posesión de la Gallofa, en contra de Zagazeta.¹⁹ Sabemos que el

¹⁹ [Expediente seguido por José de Astuena contra Carlos de Malherbe] 1763, ABNB, Minas, 71/14.

desagüe de Laduero fue un fracaso y que la mina de Cotamito se desaguó solo diez años después por medio de un socavón (Arzáns [1676-1736] 1965, 3: 331). Entonces, ¿era equivocación o mentira por parte de Malherbe cuando afirmaba que la máquina de Laduero había funcionado? Imposible confirmarlo, pero sabemos que Zagazeta conocía el caso de la máquina de Laduero, a pesar de que ésta se construyó cuarenta años antes.

Por otro lado, Weber fue contratado para instalar máquinas alemanas de desagüe en Aullagas por un tal Juan Antonio Amaral, hijo de Francisco Amaral, minero portugués que se instaló en Aullagas a inicio de los años 1750 y que tuvo diversos tratos con Malherbe.²⁰ Parece muy probable entonces que el propio Juan Antonio Amaral haya visto las máquinas de Malherbe en los años de 1760, que hubiera entendido su potencial, y que por tanto pidiera a Weber construir unas similares veinte años después.

En consecuencia, comprobamos que hubo un recuerdo perdurable de esas máquinas de desagüe durante décadas, desde la de Marly en la década de 1710 a la de Weber en la de 1790. En particular, esto puede explicarse por el fuerte y continuo interés de la comunidad minera por esos aparatos, lo que se puede apreciar en los tres casos. En el caso de Laduero, después de su experiencia pública, convenció al visitador, los mineros y mucha gente de la eficacia de su máquina; en particular, obtuvo inversiones de tres de los principales azogueros de la ciudad. Lo mismo sucedió en el caso de Malherbe, cuya presentación pública le dio el apoyo de la Real Audiencia con una Real Provisión y asimismo de diversos inversionistas que financiaron los trabajos de Aullagas. Finalmente, Weber y el resto de la expedición Nordenflicht no fueron recibidos con hostilidad a su llegada a Potosí, sino con esperanza y optimismo por parte de la comunidad minera, impaciente por aprender nuevas técnicas y ciencias. Luego, la ineficacia de los aparatos y el desprecio de los ingenieros ilustrados provocó poco a poco el rechazo de la técnica europea.²¹ A pesar de eso, Weber consiguió convencer a Amaral, subdelegado de Chayanta y gobernador de Potosí, de la relevancia de las bombas con las cuales quería desaguar el socavón de Colquechaca (Gavira 2015, 110-13).

En conclusión, lo dicho hace notar que, a pesar de la visión de las crónicas coloniales o de la historiografía tradicional, siempre hubo un conocimiento entre los expertos mineros andinos sobre la existencia y el potencial de las máquinas hidráulicas. Probablemente se conocían desde el siglo XVI, con la publicación del famoso *De*

20 Diversa documentación trata igualmente de Francisco de Amaral en el fondo de Minas del ABNB.

21 Entre otros autores sobre esa expedición, ver Buechler 1989.

re metallica de Georgius Agricola ([1556] 1950), cuyos ricos grabados -incluso de diversas máquinas de desagüe- quedaron referenciados hasta el propio siglo XIX. Asimismo, existen diversos ejemplos aislados durante el período colonial de construcción del mismo tipo de aparato.²² Por consiguiente, creo que siempre hubo conocimiento de la existencia, del potencial y de la forma general de esas maquinarias, pero lo que faltaba era una comprensión más detallada de su funcionamiento y construcción, que los expertos europeos podían aportar desde el exterior. Precisamente, puede notarse una evolución de la adaptación de esas máquinas a su entorno técnico andino, y viceversa, de los expertos locales respecto de estos aparatos. Así, la máquina de Laduero no funcionó y fue un fracaso: eso muestra su mala adaptación técnica a las condiciones locales. La máquina de Malherbe, por su parte, fue un éxito y funcionó al menos durante algunos años. El fracaso fue más bien de la aculturación técnica: Zagazeta no parecía entender cómo funcionaba (en particular la utilización del socavón para subir el agua) y Astuena probablemente no supo cómo mantenerla luego de haber recuperado la administración de la mina (de hecho, sabemos que algunos meses más tarde la mina ya estaba arruinada).²³ Finalmente, en el caso de Weber, ya había una aculturación técnica local, al menos parcial: los mineros potosinos quisieron su propio modelo de bomba, que creyeron mejor que su equivalente alemán. Este tipo de bomba fue finalmente un fracaso, pero al menos se trataba de una propuesta local. Entonces, a pesar, o mejor dicho a través, de los propios fracasos, advertimos que hubo una difusión y una mejor comprensión progresiva de los modelos técnicos exteriores. Además de demostrar la complejidad poco sospechada o conocida de los saberes técnicos mineros andinos, el ejemplo de esas tres máquinas hidráulicas nos recuerda el papel generativo del fracaso en el cuestionamiento, el desarrollo y la difusión de las técnicas.

22 Por ejemplo, Gil Montero (2012, 317). No pude establecer una lista exhaustiva de los ejemplos conocidos, pero sí logré encontrar diversos casos aislados en las fuentes.

23 [Expediente seguido por Francisco Suárez Valdés contra Carlos Malherbe] 1771, ABNB, Minas, 151/21.

Bibliografía

- Agricola, G. [1556] (1950). *De Re Metallica*. Ed. por Hoover, H.C.; Hoover, L.H. Nueva York: Dover.
- Arzáns de Orsúa y Vela, B. [1676-1736] (1965). *Historia de la Villa Imperial de Potosí*. Ed. por Hanke, L.; Mendoza, G. Tomo 3. Providence: Brown University Press.
- Born, I. von (1786). *Über das Anquicken der gold- und silberhältigen Erze*. Viena: Wappler.
- Brown, K.W.; Hernández Palomo, J. (eds) (2015). *Relación de Gobierno del Real de Minas de Huancavelica, 1758-1763*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú-Instituto de Estudios Peruanos.
- Buechler, R.M. (1989). *Gobierno, minería y sociedad. Potosí y el "renacimiento" borbónico 1776-1810*. La Paz: Biblioteca Minera Boliviana.
- Contreras, C. (1995). *Los mineros y el rey: los Andes del norte: Hualgayoc, 1770-1825*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- García Tapia, N. (1992). *Del dios del fuego a la máquina de vapor: introducción de la técnica industrial en Hispanoamérica*. Valladolid: Instituto de Ingenieros Técnicos de España.
- Gavira Marquez, M.C. (2015). «Juan Daniel Weber en Aullagas (1790): De minero de segunda en Europa a experto en Potosí». *Americanía: Revista De Estudios Latinoamericanos*, (1), 95-122.
- Gavira Márquez, M.C. (2019). «El rescate de plata en el Alto Perú: el Banco de Aullagas y el corregidor Joaquín Alos, 1777-1780». Baena, A.; Álvarez, I. (eds), *De imperio a naciones en el mundo ibérico*. Madrid: Doce Calles, 45-57.
- Gil Montero, R. (2012). «Tecnología minera en los siglos XVI-XIX: una perspectiva comparada». Bodemer, K. (ed.), *Cultura, sociedad y democracia en América Latina*. Madrid: Vervuert, 305-26.
- González Tascón, I. (1992). *Ingeniería española en el ultramar, siglos XVI-XIX*. 2 vols. Madrid: CEHOPU.
- Hausberger, B. (2009). «El universalismo científico del barón Ignaz von Born y la transferencia de tecnología minera entre Hispanoamérica y Alemania a finales del siglo XVIII». *Historia Mexicana*, 59(2), 605-68.
- Helms, A.Z. (1806). *Travels from Buenos Ayres, by Potosí to Lima. With Notes by the Translator*. Londres: Richard Phillips.
- Lang, M. (2004). «La tecnología alemana en la minería virreinal». Actas del VIII Congreso della Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas (Logroño, 16-20 de septiembre de 2002). La Rioja: Universidad Nacional de La Rioja, 55-63.
- Mira Delli-Zotti, G.; González Casanovas, I. (1992). «Reflexiones y sugerencias a propósito de la minería colonial». *Historia Mexicana*, 42(2), 309-32.
- Sánchez Gómez, J. (2005). «Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de la Ilustración: el siglo XVIII». Silva Suárez, M. (ed.), *El Siglo de las Luces: de la industria al ámbito agroforestal*. Vol. 3. Zaragoza: Prensa Universitaria de Zaragoza, 237-80.
- Ulloa, A. de [1772] (1992). *Noticias americanas. Entretenimientos físico-históricos sobre la América meridional y la septentrional oriental*. Ed. y estudio preliminar por Molina Martínez, M. Granada: Universidad de Granada.