

**Mayo 2003**

**Documento de Trabajo**

**2003/1**

**Organización del trabajo y cambio técnico  
En las Minas de Almadén, 1740-1880**

**Rafael Dobado González (\*)**

**(\*) Universidad Complutense**

**FUNDACIÓN SEPI  
Programa de Historia Económica  
C/ Quintana 2, 3ª planta, 2ª puerta – 28008 Madrid  
Tfo.: (91) 5488354; Fax: (91) 5488359  
programa.historia@funep.es**

## Índice

|  |     |
|--|-----|
| I. Introducción.....   | 3   |
| II. Una empresa y un mercado laboral poco comunes.....   | 6   |
| III. El mercurio y los ingresos del Estado.....  | 15  |
| III.1 El período colonial.....   | 15  |
| III.2 El período post-colonial.....  | 22  |
| IV. Las técnicas productivas.....  | 28  |
| IV.1 Introducción.....   | 28  |
| IV.2 Técnicas mineras.....   | 29  |
| IV.3 Técnicas metalúrgicas.....  | 62  |
| V. La organización del trabajo en las Minas de Almadén: extracción de trabajo efectivo y productividad ..... | 81  |
| VI. Conclusiones .....   | 93  |
| VII. Bibliografía citada.....  | 96  |
| VIII Apéndice gráfico.....   | 100 |
| IX Ilustraciones.....  | 104 |

## I. Introducción

Tal vez resulte difícil aceptar, en la actualidad, que las Minas de Almadén hayan sido la única empresa española –y puede que de cualquier nacionalidad- que durante varios siglos protagonizó ininterrumpidamente un episodio especialmente destacado de la historia económica internacional. Buenas razones para la incredulidad del observador contemporáneo no faltan. Almadén, situado en un confín remoto y mal comunicado –algo menos hoy día, gracias al AVE y a la mejora de la red de carreteras- de la submeseta meridional ibérica, permanece, como siempre estuvo, al margen de las principales rutas de comunicación peninsulares. El nacionalismo imperante en la educación española de la post-guerra civil no dejaba de ensalzar la españolidad y, no sin alguna exageración, la magnitud de la riqueza contenida en el subsuelo de Almadén. Este nombre puede que hoy sea totalmente desconocido para nuestros escolares.

Un asentamiento humano de tamaño medio, o pequeño, para los patrones de la España meridional, y de futuro no del todo despejado, subsiste donde antes se asentaba un emporio económico de alcance internacional.<sup>1</sup> Los campos que rodean la localidad no permiten, al igual que tampoco en el pasado, abrigar muchas esperanzas acerca del desarrollo de la agricultura. El ecosistema de la dehesa domina el paisaje. Las áreas más elevadas están cubiertas de una espesa vegetación arbustiva. Poco apta para sostener poblaciones densas, la comarca sigue teniendo muy pocos habitantes.

Nada hace recordar un tiempo en el que la salud financiera del Imperio español, convertido más tarde en simple nación de segunda fila por los avatares de la historia, dependía del puntual, y siempre complicado, envío al exterior de cuantiosas "sacas" del único metal líquido a temperatura ambiente. Asomándose al Atlántico vía Sevilla y Cádiz, el mercurio era

---

<sup>1</sup> La población actual de Almadén ronda los 7.500 habitantes, los mismos que a mediados del siglo XIX y menos que a comienzos del XX, cuando superaba los 10.000.

ansiosamente esperado, primero, en los numerosos y dispersos centros mineros de la Nueva España; más tarde también en Perú. Finalmente, ya bien entrado el siglo XIX, Londres se convertiría en el primer destino extra-peninsular de un metal cuya comercialización ya no era patrimonio exclusivo del Estado español sino del nuevo capitalismo internacional tan genuinamente encarnado en la afluente y cosmopolita familia Rothschild. Esta aparente novedad contemporánea no es tal en realidad, pues, durante varias décadas a caballo entre los siglos XVI y XVII, los Fugger, que en no menor medida encarnaron el emergente espíritu empresarial de una época, habían tenido a su cargo la producción de mercurio en Almadén como contrapartida de sus préstamos al Estado español. Probablemente, sin embargo, la suerte de los Fugger en sus tratos con la dinastía austriaca acabó al final siendo más adversa que la de los Rothschild en los suyos con los también impecunes gobiernos liberales de la postimperial España decimonónica.

Desplazado el mercurio obtenido desde antiguo en los grandes y ricos –no erraba aquí del todo el nacionalismo franquista– yacimientos locales en la mayor parte de los procesos industriales en los que hasta hace algunas décadas era insustituible, apenas tiene hoy usos productivos de alguna importancia. Sí goza, por el contrario, de una bien merecida fama como agente tóxico, lo que no ha dejado de contribuir a la progresiva limitación de su uso en las economías más desarrolladas.<sup>2</sup> No faltan reportajes televisivos que nos muestran los terribles efectos del mercurio sobre la salud humana y el ecosistema en la Amazonía brasileña, uno de los pocos lugares del planeta en el que sigue siendo usado a gran escala y sin controles efectivos. A mayor abundamiento, las minas de Almadén permanecen cerradas desde hace algunos años y nada parece indicar que su reapertura vaya a ocurrir en un horizonte temporal cercano. Lo menos improbable es que, en ausencia de cambios ahora impredecibles, sigan cerradas para siempre.

Hace mucho tiempo, pues, que dejó de oírse ya el tañido de la campana que durante el siglos, especialmente en el XVIII, la época tal vez

---

<sup>2</sup> El retroceso de la demanda, debida, entre otros factores, a la aparición de pilas sin mercurio, refleja una creciente preocupación ecológica a escala internacional. Buena parte del mercurio consumido en la actualidad procede de la recuperación y reciclaje del ya producido anteriormente y todavía contenido en bienes intermedios y productos finales.

más brillante de las Minas, marcaba la sucesión de turnos laborales que cotidianamente pautaban la vida de los numerosos trabajadores avecindados o temporeros. Una vida marcada -y no para bien, ciertamente- por el continuado contacto desde la más temprana infancia con el mercurio en minas y hornos. De ahí que, dominadas por los terribles efectos del hidrargirismo sobre la salud, sus condiciones de existencia, en particular hasta mediados del siglo XIX, fueran repetidamente descritas en términos sobrecogedores, y no solo para la sensibilidad de los tiempos presentes sino también para la de los numerosos testigos coetáneos de una epopeya humana cuya dureza, hasta donde podemos juzgar, alcanza cotas difícilmente igualables. No ha sido únicamente el terrible destino de los forzados por el sistema penal de la España moderna, que tanto y tan tempranamente escandalizaron a Mateo Alemán, el que ha quedado recogido documentalmente. Aún más abundantes son los testimonios de propios y extraños acerca del sufrimiento de nutridas generaciones de mineros y fundidores que residieron "*de continuo*" o pasaron por Almadén como "*temporeros*".

Para el visitante de comienzos del siglo XXI, la visión de unos "*cercos*" -término local que designaba las instalaciones exteriores-, casi del todo carentes de cualquier actividad y de presencia humana, impide siquiera imaginar lo que pudo ser Almadén en sus buenos tiempos.

## II. Una empresa y un mercado laboral poco comunes

Varias circunstancias, además de las mencionadas en la Introducción, hacen de las Minas de Almadén un caso ciertamente peculiar dentro de la historia empresarial española e internacional.

En primer lugar, es, muy probablemente, la empresa con una vida activa más dilatada que se conozca. El yacimiento de cinabrio existente en Almadén ha estado en explotación prácticamente ininterrumpida desde la Edad Media hasta finales del siglo XX. Una continuidad institucional estricta existe al menos desde finales del siglo XV, cuando el rey Fernando queda como administrador apostólico vitalicio de las rentas y bienes de la Mesa Maestral de Calatrava.<sup>3</sup> En la actualidad, las Minas de Almadén, MAYASA desde 1981, han dejado de producir mercurio –aunque, según parece, no de venderlo– pero continua existiendo como empresa pública con objetivos variados.<sup>4</sup> Con seguridad ninguna empresa española tiene una vida de varios siglos de duración. Es también muy poco probable que haya alguna empresa

---

<sup>3</sup> Martín, 1980, pp. 26-27.

<sup>4</sup> Minas de Almadén y Arrayanes, S. A. (MAYASA) es hoy día una empresa pública perteneciente en su totalidad al Estado español a través de la Dirección General del Patrimonio del Estado del Ministerio de Hacienda. Fue constituida como sociedad anónima en 1982 y vino a sustituir al organismo autónomo Consejo de las Minas de Almadén que tuvo a su cargo la explotación de los yacimientos de mercurio de Almadén desde su creación en 1918. Dedicada a la producción de plomo, la explotación minera Arrayanes, en Linares, Jaén, otrora importante y también de propiedad estatal pasó a depender del Consejo de las Minas de Almadén en virtud de la ley de Presupuestos de 29 de abril de 1920, dando lugar al Consejo de las Minas de Almadén y Arrayanes [Zarraluqui (1934)]. MAYASA dejó también hace largo tiempo ya de producir plomo. De acuerdo con su página web (<http://www.mayasa.es>), consultada el 15 de diciembre de este año, MAYASA contaba, en fecha no precisada, con una plantilla de unos 350 trabajadores y facturaba anualmente en torno a los 3.000 millones de pesetas (sic). Nada se dice acerca de sus resultados. MAYASA sigue a la cabeza de la producción mundial de derivados del mercurio ((óxido rojo, óxido amarillo, calomelanos, etc...)) pero ha reorientado y diversificado sus actividades hacia el campo de los servicios especializados a empresas: exploración e investigación minera, preparación y explotación de minas, geología, sondeos, medio ambiente y obra civil. Se ocupa también de la explotación agrícola-ganadera de la Dehesa de Castilseras (9.000 Has.), cedida al Establecimiento de Almadén en 1780. MAYASA participa en Química del Estroncio, S. A., que produce carbonato de estroncio y sales de alta pureza, Siemcalsa, dedicada al desarrollo minero en Castilla y León, y Domal Agroquímica, S. L.,

extranjera que pueda rivalizar en antigüedad con las Minas. En el Gráfico A.1 se muestra la producción de mercurio de las Minas entre 1646 y 1880.<sup>5</sup> Dicho gráfico, que sólo recoge parcialmente la historia del Establecimiento de minas de Almadén, da una idea adecuada de la longevidad de esta empresa.

En segundo lugar, su condición de propiedad regia desde comienzos de la Edad Moderna hasta la caída del Antiguo Régimen<sup>6</sup> y pública después convierten a las Minas en la empresa estatal más longeva del mundo hasta el momento. Desde 1645, cuando concluye el duradero acuerdo con los Fugger que los mantuvo durante décadas al frente de la explotación de las Minas, éstas fueron siempre gestionadas directamente por el Estado español.<sup>7</sup> El Consejo de Hacienda era la instancia ante la que rendía cuentas el Superintendente –máxima autoridad del Establecimiento– durante la segunda mitad del siglo XVII. No obstante, desde 1650, el Consejo de Indias estuvo tomando parte en los nombramientos de los empleados de mayor rango. Reuniones conjuntas de ambos consejos eran convocadas con periodicidad irregular a fin de buscar soluciones para los problemas más acuciantes, entre ellos, destacadamente en esos años, la insuficiencia de los fondos concedidos por Hacienda al Establecimiento para incrementar la tan ansiada "saca" anual de azogue que sería remitida a Nueva España.<sup>8</sup> En 1696, con el nombramiento de Unda y Garivay como Superintendente, cuando el resultado de la casi permanente pugna que venían manteniendo Hacienda e Indias comienza a inclinarse del lado de este último Consejo, en lo que cabe interpretar como un reconocimiento más o menos explícito del protagonismo del mercurio en la economía colonial.<sup>9</sup> En 1708, las Minas

---

<sup>5</sup> La letra A en la numeración de gráficos y cuadros estadísticos remite al apéndice Estadístico.

<sup>6</sup> En 1523, Adriano VI concedió a perpetuidad la administración de los bienes de los maestrazgos a la Corona española. Martín, 1980, p. 26-27.

<sup>7</sup> La gestión estatal directa de la producción es compatible con acuerdos de comercialización del mercurio en el mercado mundial con agentes privados, como los establecidos con los Rothschild durante el siglo XIX. Martín (1980), Nadal (1975), Otazu (1987), Zarraluqui (1934).

<sup>8</sup> Lang, 1977, pp. 66-91.

<sup>9</sup> Durante el Antiguo Régimen, el Superintendente de las Minas era no sólo la máxima autoridad dentro de la empresa sino también en Almadén, con poderes jurisdiccionales en ciertas materias (montes y orden público, por ejemplo) que desbordaban el marco local. La propia existencia de la Superintendencia, que raramente recayó en especialistas en minería exclusivamente sino en altos cargos de la administración, militares, etc., revela la importancia atribuida a las Minas por

pasaron a depender de la recién creada Junta de Azogues, cuyos miembros pertenecían al Consejo de Indias.<sup>10</sup> En 1717, fue suprimida dicha junta y se creó el Tribunal de la Superintendencia General de Azogues, del que todo parece indicar que seguía bajo la influencia de Indias, pues, en 1734 y 1743, se nombraron como Superintendente General –radicado en Madrid y, jerárquicamente, por encima del Superintendente de Almadén- a sendos miembros destacados de ese Consejo.<sup>11</sup> En 1754, la Superintendencia General de Azogues fue adscrita a la Secretaria del Despacho de Indias. Prescindiendo de eventuales cambios menores, las Minas volvieron a ser competencia de Hacienda en 1790.<sup>12</sup> En 1825, en virtud de la nueva regulación de la minería española, el Establecimiento pasó a depender de la Dirección General de Minas, que, después de ser integrada en el Ministerio de Gobernación, acabaría, en 1830, adscrita al de Fomento.<sup>13</sup> En 1847, las Minas retornaban a Hacienda, ministerio que no abandonarían ya en el siglo XIX, aunque sí cambiarían frecuentemente de ubicación en su organigrama (Junta de Ventas y Administración General de Bienes Nacionales, Fincas del Estado, Dirección General de Propiedades, etc.). Cualquier juicio acerca de la calidad de la gestión estatal de las Minas debería contar previamente con una información de la que no disponemos, incluida la de otras empresas privadas, pero lo que sí puede sostenerse es que, pese a llamativos errores y limitaciones, no cabe propiamente hablar de fallos empresariales permanentes y agudos. De hecho, muchas de las ineficiencias observadas son atribuibles principalmente al tamaño y al poder de mercado de las Minas, por lo que, presumiblemente, son independientes del tipo de gestión (estatal o privada).

En tercer lugar, además de permanecer dentro de la esfera económica estatal durante siglos, las Minas han sido, en particular durante el período estudiado en esta investigación, muy rentables. Lo que parece constituir un

---

el Estado absoluto. En abierta contradicción con los principios liberales, los poderes especiales del Superintendente desaparecieron, al igual que la propia Superintendencia, en 1841. Sin embargo, fue resucitada en 1844 y ejercida simultáneamente de nuevo con la máxima autoridad política local. Suprimida nuevamente en 1869, reaparecería en 1874 y no sería reformada hasta 1888. Zarraluqui, 1934, pp. 418-425.

<sup>10</sup> Matilla, 1955, p. 121.

<sup>11</sup> *Ibidem*, p. 126-127.

<sup>12</sup> *Ibidem*, p. 127.

<sup>13</sup> Zarraluqui, 1934, p. 398.

caso poco frecuente en la historia de las empresas estatales. Habida cuenta de la importancia que la alta rentabilidad del mercurio tiene para explicar las peculiaridades del mercado laboral en Almadén, esta cuestión se trata con algún detalle más adelante.<sup>14</sup>

En cuarto lugar, a diferencia de lo que ha sido norma habitual de la economía española históricamente, las Minas de Almadén fueron siempre una empresa que orientó sus actividades hacia el mercado exterior, el colonial, primero, y, más tarde, el internacional. La práctica totalidad de la producción del Establecimiento fue exportada.<sup>15</sup> Se trata, pues, de la empresa española que durante más tiempo y con mayor intensidad –en términos de la ratio exportaciones/producción- ha estado integrada en el mercado mundial. Es ésta una orientación productiva poco común en una economía como la española, tradicionalmente poco abierta. En algunos años, el mercurio llegó a ser uno de los mayores renglones individuales de la exportación española. Y ello tanto en la época colonial<sup>16</sup> como después<sup>17</sup>.

En quinto lugar, Almadén desempeñaba un papel protagonista en los circuitos económicos internacionales de la Edad Moderna. Gracias al mercurio de las Minas era posible la práctica a gran escala de la amalgamación en Nueva España, donde hasta mucho después de la Independencia no se encontraron y explotaron yacimientos de ese metal. La amalgamación era la técnica metalúrgica que permitía el beneficio de los metales argentíferos americanos, que, por lo general eran de baja ley, aunque muy abundantes, especialmente en Perú, primero, y, más tarde, en

---

<sup>14</sup> Véase *infra*, p. 15.

<sup>15</sup> Sirvan de ejemplo las siguientes cifras: entre 1709 y 1805, el 83,1% de la producción total acumulada de Almadén fue exportado a Nueva España, el principal mercado durante el período colonial, pero no el único. Si añadimos las exportaciones a otras colonias, especialmente importantes entre 1776 y comienzos del siglo XIX, y el stock no embarcado a causa de las hostilidades con Gran Bretaña, la ratio exportaciones/producción no quedaría muy lejos del 100% [Dobado (1997)].

<sup>16</sup> Los casi 17.500 quintales de mercurio exportados a Nueva España y Perú, valorados a su precio de venta en la primera colonia menos un 15%, lo que sesga a la baja, y no en pequeña medida, su valor real equivalieron al 6% de las exportaciones de productos españoles a las colonias en 1792 [Dobado (1989 y 1997) y Prados (1982)]. Con anterioridad a los decretos de libre comercio y al doble descenso del precio del mercurio en 1767 y 1776, esa proporción tuvo forzosamente que ser mucho más alta.

<sup>17</sup> En 1826-1827, se colocó en novena posición, representando el 4,2% del total exportado; en 1830-1831 había saltado a la quinta, con el 5,1%; en 1835, ocupó el primer puesto, con el 10,6%; en 1842-1843, se mantenía en él, con un 8,5%; en 1846-1849, descendió hasta la cuarta posición, con el 6,6%. Prados, 1982, p. 207.

Nueva España.<sup>18</sup> Esta colonia producía, hacia 1800, unos dos tercios del total mundial.<sup>19</sup> Ya fuese a través del contrabando, del comercio legal, las transferencias privadas o públicas (las "remesas de Indias" de la Hacienda colonial a la metropolitana) y los movimientos de capital, la mayor parte de la plata mexicana acababa llegando a la Europa noroccidental, vía España principalmente, pero también sin esta etapa intermedia, para circular después por todo el mundo.<sup>20</sup> Así, en particular durante el siglo XVIII, la intensificación de los circuitos comerciales y financieros intercontinentales no hubiera sido posible sin el espectacular aumento de la producción de plata en Nueva España. A este respecto, los cambios introducidos en la oferta (aumento de la cantidad y descenso del precio) de mercurio por el monopolio estatal fueron decisivos.<sup>21</sup> El sustancial aumento de la oferta de mercurio a la minería novohispana habría sido imposible si las Minas de Almadén no hubiesen logrado aumentar la producción de mercurio. Tras el período colonial y hasta comienzos del siglo XX, cuando la cianuración se convirtió en la técnica dominante en el beneficio de los minerales argentíferos, el mercurio producido por Almadén siguió conectado con la producción de los metales preciosos utilizados por el sistema monetario internacional.

No son, pues, pocas ni irrelevantes las razones que hacen de Almadén una empresa peculiar en el panorama económico español de los siglos XVIII y XIX. Ciertamente peculiar era también el mercado laboral surgido en torno a esa empresa, particularmente el que se conforma entre 1750 y 1850,

---

<sup>18</sup> El término "*patio process*" de la Encyclopaedia Britannica ofrece una buena síntesis de la "amalgamación a la mexicana" practicada por vez primera en Pachuca en 1575 y atribuida a Bartolomé de Medina: "*El mineral de plata era molido en "arrastrés" accionados por mulas sobre superficies circulares y planas pavimentadas con piedra. Grandes bloques de piedra sujetos mediante vigas a un poste rotatorio central eran arrastrados alrededor del "arrastre", reduciendo el mineral a un barro fino. Este era luego esparcido sobre un "patio", rociado con mercurio, sal común y sulfato de cobre, y repetidamente mezclado mediante el paso de mulas. Reacciones químicas liberaban la plata de los minerales que la acompañaban y la disolvían en el mercurio. Cuando la amalgamación había concluido, la mezcla era agitada en grandes cubas de agua y se dejaba correr el barro. La amalgama, que permanecía en el fondo de las cubas, era recogida y calentada para eliminar al separar al mercurio. El proceso, especialmente adecuado para los minerales de plata de las zonas áridas de México produjo una gran proporción de la producción mundial de plata durante 350 años.*" Traducción del autor.

<sup>19</sup> Humboldt (1822).

<sup>20</sup> Cipolla (1999).

<sup>21</sup> Dobado (2002)

aproximadamente. Hacia 1740, la tendencia de la producción de mercurio de las Minas supera –véase Gráfico A.2- por primera vez de forma irreversible el máximo histórico relativo alcanzado hacia mediados de la década de 1710. Poco más de un siglo después, la producción española de mercurio, que es prácticamente identificable con la de Almadén, experimentó por primera vez en su historia una aguda competencia de otro centro productor. El resultado es la contracción que refleja la tendencia de la producción representado en el Gráfico A.2. Entre el inicio de la tendencia expansiva de la segunda mitad del siglo XVIII y la crisis de mediados del XIX, las Minas dieron origen a un mercado laboral altamente específico y sobre el cual influyeron poderosamente a través de los mecanismos que ponía a su disposición el Estado.<sup>22</sup> Entre ambas coyunturas, ese mercado laboral pasó de estar caracterizado por la "*falta de gente*" a estarlo por la "*plétora de brazos*"

Ya desde mediados del siglo XVI miles de personas se congregaban permanentemente en Almadén a lo largo del año para ocuparse en las diferentes fases del proceso productivo del mercurio (extracción y fundición del mineral, conservación y ampliación de las minas, etc.) y actividades conexas (talleres, transporte del producto a Sevilla, abastecimiento de la localidad, etc.). El empleo directo e indirecto generado por las Minas convierten su caso en especial.<sup>23</sup> El mercado laboral surgido en torno a la existencia de las Minas de Almadén no sólo presentaba unas dimensiones inusuales en la España preindustrial y poco frecuentes en Europa antes de bien entrado el siglo XIX, sino que también sorprende por razones de índole

---

<sup>22</sup> Otras fases recesivas dignas de mención son: a) la de mediados de la década de 1750, debida al incendio de las minas entre 1755 y 1757; b) la de la década de 1780 causada por las dificultades para obtener toda la fuerza de trabajo necesaria para mantener el nivel de producción anterior en presencia de crecientes problemas para el desagüe de las minas y para el seguimiento ordenado de los filones de mineral en Almadén y por la escasa o nula contribución en esos años de Almadenejos, pequeña localidad cercana a Almadén, en la también se explotaron yacimientos de cinabrio entre mediados de los siglos XVIII y XIX; c) la resultante de la coincidencia entre la suspensión de la producción de mercurio de 1802, aunque no de las actividades mineras, a causa de los obstáculos interpuestos al tráfico marítimo con América por la guerra con Gran Bretaña y la paralización en 1809-1812 de casi todas las tareas interiores y exteriores, excepto las de conservación más imprescindible de las minas, con motivo de la Guerra de Independencia.

<sup>23</sup> Bernáldez y Rúa (1861) cifraban entre 4.000 y 4.500 el número total de personas ocupadas en el Establecimiento. Ese número resulta de promediar uno de los meses de mayor ocupación con otro de los de menor.

cualitativa, que aquí sólo se mencionan de pasada: complementariedad entre una actividad prácticamente ininterrumpida durante siglos y una marcada estacionalidad a lo largo del ciclo productivo anual;<sup>24</sup> combinación de empleo fijo y temporal, de "empleados" (funcionarios en terminología actual) y jornaleros, de trabajos "por Hacienda" –a cargo del personal del Establecimiento- y subcontratas un tanto *sui generis*; dualismo en forma de "puertos de entrada" y mecanismos de promoción que ofrecían la pertenencia a un "mercado interno de trabajo" con condiciones especiales para un sector minoritario de la plantilla en contraste con la mucho menos favorable situación del resto; creación de un "micro-estado del bienestar" (asistencia hospitalaria, limosnas y pensiones, exenciones fiscales y militares, concesiones de suertes de labor, abastecimiento de pan en condiciones no estrictamente mercantiles y amplia demanda de trabajo semiproductivo o improductivo<sup>25</sup>), destinado a contribuir a la reproducción de la fuerza de trabajo rápidamente deteriorada en el proceso productivo

---

<sup>24</sup> Entre mediados del siglo XVI y 1880 no se registra ninguna duradera suspensión total de la actividad en Almadén, siquiera sea en lo que a las tareas mínimas de conservación de las minas se refiere. Generalmente, la "saca de azogue" anual concluía en junio. En julio se paralizaban las fundiciones de mineral a causa de la elevada temperatura ambiental, que implicaba altas pérdidas de mercurio al pasar éste al estado gaseoso y, por la misma razón, un "daño" especialmente intenso a la salud de los trabajadores en los hornos. Con la llegada del verano, las tareas en el interior de las minas se limitaban al desagüe y a la preparación de la siguiente campaña, que se iniciaría en el otoño. De nuevo la temperatura era un factor decisivo, pues la reducción del diferencial térmico entre el exterior y el interior de las minas dificultaba la ya habitualmente escasa ventilación e incrementaba la toxicidad del trabajo minero. Adicionalmente, el verano era empleado por los trabajadores residentes en Almadén y, sobre todo, por los temporeros para ocuparse en las faenas agrícolas, obteniendo así un doble beneficio: ingresos adicionales durante el período de baja actividad en las Minas y "sanearse" al aire libre. Véanse también las dos notas siguientes.

<sup>25</sup> Por trabajo semiproductivo o improductivo debe entenderse el empleo de trabajadores "ancianos, ciegos, cojos, y de los que salen del hospital para restablecerse, que para ningún ejercicio están" (Archivo Histórico Nacional, Minas de Almadén, Legajo 655) en labores innecesarias en sentido estricto o en número mayor que el justificado por razones productivas "para proporcionar a los obreros de las minas un trabajo en la superficie, a fin de rehabilitar sus fuerzas y destruir la influencia deletérea de la atmósfera viciada de aquellos subterráneos." (Bernáldez y Rúa, 1861, p. 103). Esta peculiar modalidad de salario indirecto distaba de ser cuantitativamente irrelevante. Entre 1833 y 1852, el "peonaje", término local para designar lo que hemos denominado trabajo semiproductivo, alcanzan sus mayores dimensiones, los gastos salariales en ese concepto ascendieron a una media anual de 670.256 reales de vellón, esto es, el 14,2 del total. Sólo las excavaciones de mineral implicaban un gasto salarial mayor. Bernáldez y Rúa, 1861, Apéndice Estadístico.

por la alta siniestralidad y morbilidad de origen profesional<sup>26</sup> y a superar las limitaciones del sector agrícola local (producción insuficiente, distancia a mercados relevantes y carestía).<sup>27</sup> Esta última característica –que puede designarse como “intervención en la reproducción de la fuerza de trabajo”– se desarrolló en respuesta a la agudización de la tradicional “*falta de gente*” ante los planes expansivos de la producción de mercurio impulsados decididamente por Madrid desde mediados de la década de 1760. Los variados mecanismos de la “intervención en la reproducción de la fuerza de trabajo” conformaron un modelo laboral ciertamente específico y su éxito contribuye sustancialmente a explicar tanto los logros productivos de las Minas hasta el inicio de la guerra de Independencia como la transición desde la “*falta de gente*” a la “*plétora de brazos*” de mediados del siglo XIX.<sup>28</sup> Así, los 2.777 habitantes con que contaba Almadén en 1752 se habían convertido en 4.664 en 1787 y en más de 7.000 en 1857.<sup>29</sup> Especialmente durante el siglo XVIII, la condición de vecino se identificaba con la de trabajador de las Minas, creando una estructura productiva hiperespecializada que era, probablemente, casi única en la España de la

---

<sup>26</sup> “Los pobres mineros se ven diariamente atacados en gran número de dolencias que ocasiona el trabajo en las minas de azogue, cuales son el ptialismo, producido por respirar gases mercuriales, y el temblor metálico que padecen casi todos los que entran en la mina; ambas enfermedades ocasionan terribles estragos;...bien puede decirse que las personas que se dedican a este ejercicio tienen la seguridad de acortar sus vidas lo menos una cuarta parte,..., ocurren desgracias y muertes repetidas,..., sacándose de ellas cadáveres tan horrorosamente destrozados, que acaso no se presentaron en la batalla más sangrienta; viéndose en la población jóvenes que poco adelantados en edad están ciegos, cojos, o mancos por efecto de algún desgraciado acontecimiento. Otros suelen quedarse paralíticos, y otros padecen en su parte intelectual,...Por último, los mineros de Almadén, en lo general demacrados y descoloridos, ya sea por efecto de los trabajos de las minas, ya por los de fundición, ya por ambos a la vez, ofrecen el espectáculo más lastimoso y causan impresión a cuantos los ven.” Madoz, 1845, pp. 44 y 45.

<sup>27</sup> “La agricultura y la ganadería industrias de las más esenciales para el sostenimiento de la Sociedad son en esta villa casi nulas por la carencia de tierras, pues aun cuando son muchos los que se dedican a la primera lo son en tan corto número de fanegas que apenas se contará una cuarta parte que con su propia cosecha de trigo y cebada únicos artículos que constituyen la agricultura puedan abastecer sus familias: de aquí es que aun de los dos artículos u especies a que está reducida la industria agrícola tiene que surtirse esta Villa de las demás provincias, así como de los demás artículos de primera necesidad de los que enteramente carece.” Archivo Municipal de Almadén, legajo sin clasificar.

<sup>28</sup> Estas cuestiones se examinan detenidamente en Dobado (1989 y 1994).

<sup>29</sup> El crecimiento de la población de Almadén fue siempre sustancialmente mayor que el de la española [Dobado (1989)].

época.<sup>30</sup> Adicionalmente, el flujo de trabajadores temporales también se incrementó sustancialmente. La "intervención" del Estado en el mercado laboral de Almadén para facilitar la "conservación" (reproducción simple de la fuerza de trabajo) y la captación (reproducción ampliada) de trabajadores obtuvo resultados indiscutibles.

Pero las actuaciones por el lado de la oferta no hubieran probablemente bastado para lograr el aumento de la producción durante la segunda mitad del siglo XVIII<sup>31</sup> y su mantenimiento a alto nivel entre mediados de la década de 1820 y finales de la de 1840 sin actuaciones complementarias por el lado de la demanda. Estas afectaron a las técnicas productivas y a la organización del trabajo y se tratan detenidamente en las secciones IV y V. Con ellas se logró un aumento de la productividad del trabajo que permitió contrarrestar sobradamente los rendimientos decrecientes intrínsecos a la minería subterránea. Si bien a medida que se profundizaban las minas en búsqueda de mineral la relación trabajo/producto aumentaba más que proporcionalmente, las sucesivas innovaciones técnicas y organizativas, junto a algunas economías de escala, lograron mantener el coste del mercurio en los valores que se observan en el Gráfico A.3.<sup>32</sup> Aunque las innovaciones no lograron una reducción sustancial del coste de producción del mercurio sí permitieron que la explotación de los yacimientos no se interrumpiese ante los obstáculos representados por la continua profundización de las minas y que la venta del mercurio nunca dejase de ser un buen negocio para el Estado español.

---

<sup>30</sup> La distribución sectorial de la población activa, según el censo de Floridablanca, es la siguiente: sector primario, 1,8%; artesanos, 7,7%; jornaleros y "empleados" de las Minas, 87,9%; sector terciario, 2,6%. En 1863, los sectores terciario y, en particular, primario habían crecido, representando ya un 3,9 y 20,1%, respectivamente, de la población activa, mientras que las Minas ocupaban al 68% [Dobado (1989)].

<sup>31</sup> Entre 1741 y 1808, la producción de mercurio creció a una tasa media (diferencias logarítmicas) del 1,9% anual.

<sup>32</sup> Para evitar las fuertes fluctuaciones interanuales, se calcula dividiendo la media móvil de siete años de los gastos de las Minas por la de la producción [Dobado (1989)].

### **III. El mercurio y los ingresos del Estado**

Además del ya comentado extraordinario efecto tóxico del mercurio sobre la salud de los trabajadores, al que se unían los frecuentes accidentes laborales, el otro factor que confería una notable excepcionalidad al mercado laboral surgido, aunque con algún antecedente previo, en torno a la expansión de la producción de mercurio en Almadén a mediados del siglo XVIII reside en la gran rentabilidad directa e indirecta de la venta del mercurio por el Estado español. A este respecto, resulta oportuno distinguir entre los períodos colonial y postcolonial. Este último también debe dividirse en dos subperíodos: el anterior a la intensificación de la competencia en el mercado internacional de mercurio, que ocurre a finales de la década de 1840, y el posterior.

#### **III.1. El período colonial**

Hasta independencia de las colonias productoras de plata, la Corona española producía en Almadén y vendía a través de un monopolio *ad hoc* el mercurio que los productores de plata –especialmente los novohispanos, pero, desde mediados de la década de 1770, también los andinos– empleaban para obtener la plata mediante amalgamación. Este metal precioso estaba sujeto a imposición tanto al ser producido como al ser amonedado y representó la principal partida individual de ingresos fiscales de la Corona en Nueva España hasta finales del siglo XVIII.<sup>33</sup> Esta colonia sustituyó a finales del siglo XVII a Perú como primer productor mundial de plata.<sup>34</sup> Por otra parte, además de los cuantiosos ingresos obtenidos mediante la venta del mercurio y la imposición sobre la plata, la Corona recaudaba importantes cantidades adicionales sobre los bienes y servicios demandados por el sector minero (alcabalas, monopolios diversos, etc.) y

---

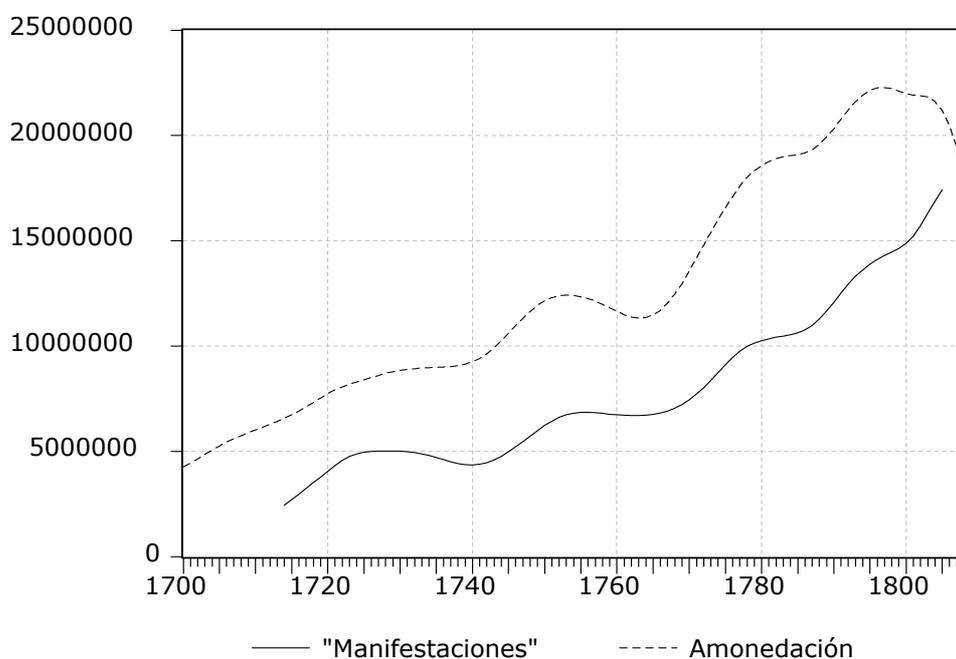
<sup>33</sup> Klein (1994).

<sup>34</sup> Klein (1995).

otras figuras fiscales a él conectadas (comercio exterior, por ejemplo). El prolongado crecimiento de la producción de plata en Nueva España desde finales del siglo XVII hasta la década de 1810, cuando la Insurgencia puso fin a una expansión secular sólo conoció dos interrupciones de alguna duración (1731-1742 y 1753-1767, aproximadamente) –véase Gráfico III.1– y resultó, a título comparativo, más intenso que el del sector industrial británico durante el mismo período.<sup>35</sup>

Gráfico III.1

Indicadores de la producción de plata en Nueva España, 1700-1808.  
(Pesos corrientes)



Fuente: Dobado (1989 y 1997)

Al menos desde comienzos de la década de 1720, la política económica borbónica contribuyó activamente a esa expansión en un intento de aproximar la producción efectiva de plata a la que potencialmente permitía la excepcional dotación de recursos mineros novohispanos. Así, en 1723, el *quinto* sobre la plata en Nueva España fue reducido al *diezmo* con la intención de estimular la expansión del sector minero. No fueron, sin

<sup>35</sup> Véase Dobado y Marrero (2001). El Gráfico III.1 representa las tendencias obtenidas mediante el filtro Hodrick-Prescott. Hacia el final del período refleja la enorme caída de la producción de plata causada por la Insurgencia.

embargo, muy positivos los resultados, a juzgar por el comportamiento posterior de las *proxies* representadas por la amonedación de plata en la Casa de la Moneda de México y por las "*manifestaciones*" de plata de amalgamación en las Cajas Reales de Nueva España.<sup>36</sup> Una explicación posible al escaso dinamismo de la producción de plata novohispana durante las décadas de 1720 y 1730 se encuentra en la adversa evolución de la oferta de mercurio. En 1724, las existencias de mercurio en Nueva España se elevaban a 20.000 quintales castellanos (equivalentes a unos cuatro años del consumo normal por entonces), mientras que apenas superaban las necesidades de un año medio a comienzos de la década de 1740. El estancamiento del consumo de mercurio –y de la producción de plata, en especial la de "*azogue*"– parecen responder, pues, a problemas de oferta del input imprescindible de la amalgamación. La producción de Almadén en esos años no sólo no muestra ninguna tendencia creciente sino que presenta notables fluctuaciones, no siempre debidas a factores de índole exógena, como podría ser considerada la guerra de la "Oreja de Jenkins", con su influencia negativa sobre las comunicaciones atlánticas. Al menos esa interpretación es la que podría tener un apoyo en la nueva respuesta gubernamental al escaso dinamismo del sector minero novohispano: incrementar la producción de Almadén mediante el crecimiento de las "*consignaciones*" asignadas a las Minas –véase Gráfico A.3. Éstas fueron repetidamente aumentadas entre las décadas de 1740 y 1770, al tiempo que las transformaciones introducidas en la fase minera del proceso productivo del mercurio –véase Sección IV– permitieron un incremento sustancial de la oferta del input insustituible de la amalgamación a la minería novohispana. A comienzos del siglo XIX, las Minas de Almadén producían anualmente casi 20.000 quintales de mercurio, mientras que en Nueva España se consumían algo más de 16.000: la producción de Almadén y el consumo de mercurio en Nueva España se habían, pues, cuadruplicado y triplicado, respectivamente, en relación a los valores de 1740.

La finalidad última de dicha la temprana política económica "protoreformista" hacia el mercurio y la plata adoptada durante la primera

---

<sup>36</sup> No toda, aunque sí la mayoría, de la plata obtenida en Nueva España se obtenía por amalgamación. Los minerales argentíferos novohispanos de tenor metálico más elevado se beneficiaban por fundición.

mitad del siglo XVIII anticipaba la que se conoce generalmente como reformismo borbónico asociado a Gálvez: fomentar el crecimiento del sector minero novohispano a fin de aumentar la recaudación fiscal directa e indirectamente relacionada con la plata. En el Gráfico III.1 puede apreciarse que, por lo que al primer componente del programa económico mencionado se refiere, los resultados fueron positivos.

Tanto por la "filosofía" implícita como por los resultados, uno de los aspectos de esa política económica que más nos interesa aquí es la transformación experimentada por el monopolio del mercurio. Iniciada con un aumento sustancial de la oferta en la primera mitad del siglo XVIII y continuada con otros también significativos y un par de importantes descensos del precio en la segunda mitad, el estanco del mercurio pasó de ser una fuente directa de pingues ingresos en virtud del monopolio productivo y comercial de la Corona a convertirse en un instrumento al servicio de lo que podemos denominar como "*mining-led growth*" en la Nueva España borbónica. Esto es, el sector minero como impulsor de un modelo de crecimiento económico apoyado por el Estado a causa de sus efectos sobre la recaudación fiscal y, en consecuencia, sobre la extracción de recursos financieros que ayudaran a sostener la política imperial. Lógicamente, en esta política, a las Minas de Almadén les correspondió un papel de primer orden como suministrador del *input* decisivo en la producción de plata. Las transformaciones de toda índole (administrativa, laboral, técnica, etc.) experimentada por las Minas durante el siglo XVIII fueron ciertamente espectaculares. Si bien las limitaciones del reformismo ilustrado como agente impulsor de una mayor eficiencia económica acabarían aflorando, no por ello deben minusvalorarse unas realizaciones que pronto –antes, en este caso, de la datación convencional- arrojaron resultados indiscutibles. Gracias al *mining-led growth* y a una elevada y creciente presión fiscal *per capita*, Nueva España generó voluminosas sumas de "*situados*" y "*remesas*" a España. Los primeros no sólo crecieron rápidamente en el transcurso del siglo XVIII hasta alcanzar una magnitud sustancial desde cualquier punto de vista sino que acabarían constituyendo la principal fuente de financiación del Imperio español en el Caribe.<sup>37</sup> Las

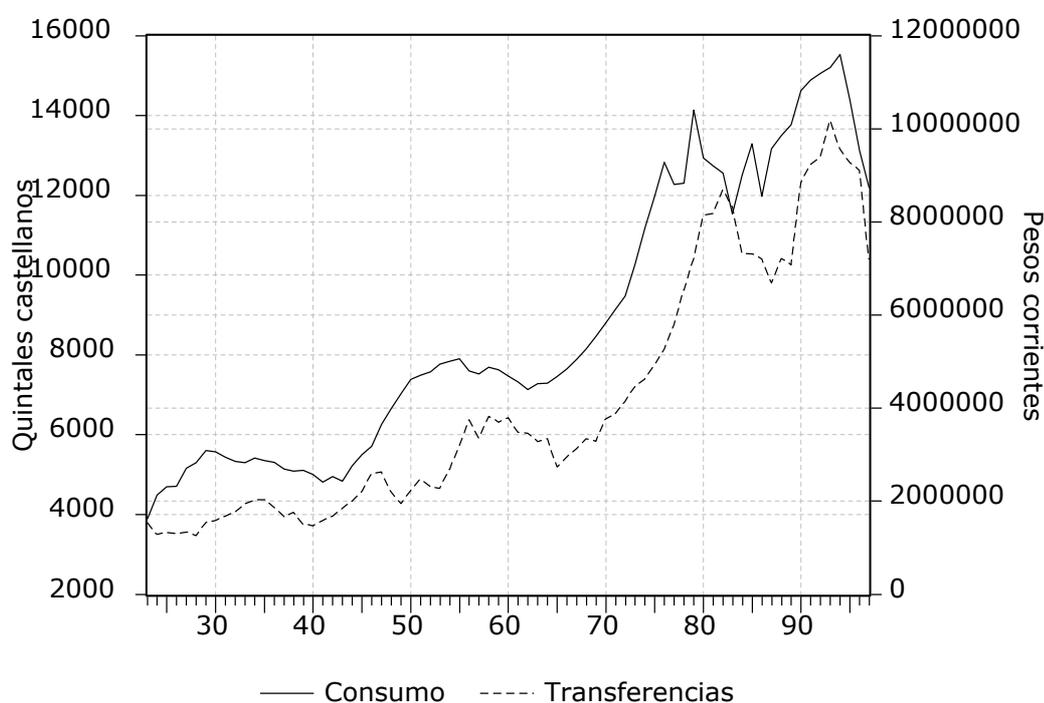
---

<sup>37</sup> Los "*situados*" para financiar la presencia española en el Gran Caribe se incrementaron especialmente a partir de la década de 1740 y superaron

*remesas* novohispanas a la metrópoli adquirieron también, en especial a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, un peso decisivo en la Hacienda peninsular, pues representarían, entre 1780 y 1810, unas dos terceras partes del total remitido por las tesorerías americanas a España.<sup>38</sup> Todo este entramado financiero de importancia difícil de exagerar distaba de ser independiente del mercurio véase Gráfico III.2.

Gráfico III.2

Consumo de mercurio y transferencias fiscales en Nueva España, 1723-1797.  
(Medias móviles de siete años)



Fuente: Marichal y Souto (1994) y Dobado (1997)

ampliamente a las *"remesas"* a España. La suma de unos y otras pasaron de algo menos de 1,4 millones de pesos anuales en la década de 1720 a poco más de 9 millones en la de 1790; esto es un crecimiento anual acumulativo del 2,7% [Marichal y Souto (1994)]. Esta tasa resulta ciertamente alta para una economía preindustrial y pudo implicar que –según cálculos propios– las transferencias totales de excedente fiscal ascendieran al 1,7-2% del PIB novohispano a fines de la primera mitad del siglo XVIII, mientras que, cincuenta años más tarde, se elevarían al 4-4,1%.

<sup>38</sup> Dado que *"las remesas americanas demuestran ser probablemente la categoría individual más importante dentro de los ingresos ordinarios de la tesorería metropolitana a lo largo de casi medio siglo y, desde 1784, tendieron a ser determinantes en las principales fluctuaciones de la hacienda española"*, está plenamente justificada la asignación a Nueva España de *"un papel crucial para el sostenimiento del viejo pero todavía robusto "Estado imperial" español."* Marichal, 1999, p. 55.

La coevolución entre las transferencias de excedente fiscal desde Nueva España y el consumo de mercurio en la colonia es evidente. En Dobado (2002), las relaciones entre ambas variables se formalizan mediante la identificación y estimación del correspondiente modelo econométrico.<sup>39</sup> Por razones técnicas y económicas, el mercurio era un input difícilmente sustituible de la producción de plata. Por su parte, en Dobado y Marrero (2001), se demuestra que los ingresos ordinarios de la Hacienda en Nueva España y la *proxy* de la producción de plata representada por la amonedación de plata en la Casa de la Moneda de México están cointegradas –con la consiguiente relación estable de largo plazo– y que puede estimarse un modelo de mecanismo de corrección de error (MCE) –lo que podría interpretarse como una interrelación de corto plazo adicional– y se propone que el “*mining-led growth*” es la menos improbable de las explicaciones para los comportamientos observados en las variables. Por tanto, mercurio y transferencias fiscales quedaban, respectivamente al extremo inicial y final de la siguiente relación económica:

$$\Delta\text{Consumo de mercurio} \Rightarrow \Delta\text{Producción de plata} \Rightarrow \Delta\text{Ingresos ordinarios de la Hacienda} \Rightarrow \Delta\text{Transferencias de excedente fiscal}$$

Gráficamente esta relación se aprecia en el Gráfico III.3, en el que, para facilitar la visualización de las variables, se representan las tendencias obtenidas mediante el filtro Hodrick-Prescott normalizadas.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> La relación de largo plazo entre transferencias (*TRANSFERTS*) y consumo de mercurio (*CONSUMOHG*) es captada por la ecuación:

$$\text{LOG}(\text{TRANSFERTS}) = 4,066 + 1,216 * \text{LOG}(\text{CONSUMOHG})$$

(3,924)    (10,542)

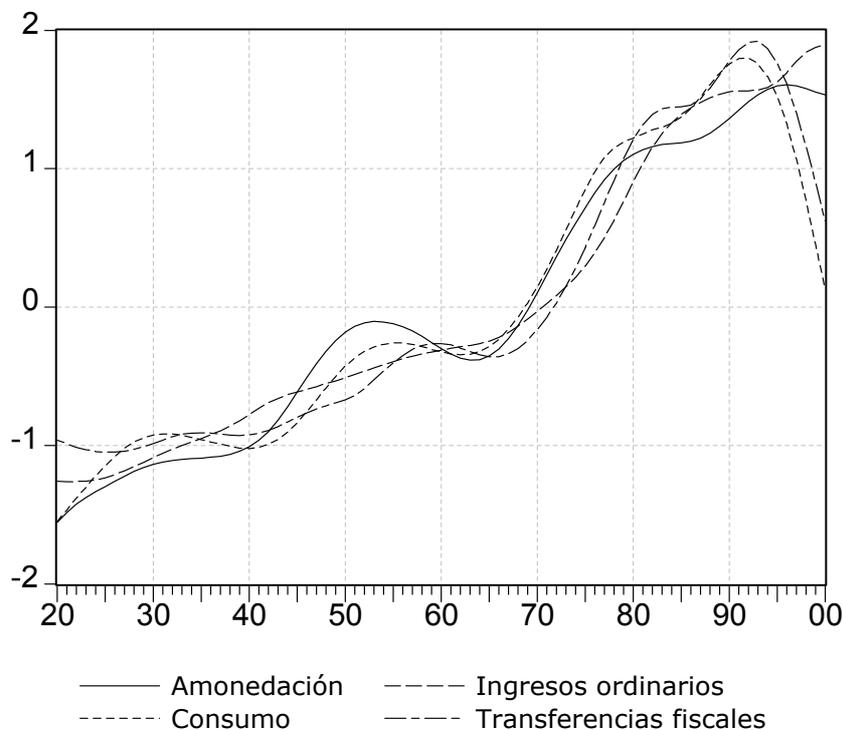
$$R^2 = 0,58$$
$$DW = 2,25$$

Al estar *TRANSFERTS* y *CONSUMOHG* cointegradas, es posible estimar un modelo MCE que capte las relaciones de corto plazo entre ambas variables.

<sup>40</sup> A finales del siglo XVIII, las variables consumo de mercurio, amonedación y transferencias fiscales reflejan los efectos depresivos causados por los conflictos con Gran Bretaña y las consiguientes alteraciones del tráfico marítimo entre España y las colonias americanas.

Gráfico III.3

Amonedación, consumo de mercurio, ingresos ordinarios de la Hacienda y transferencias fiscales en Nueva España, 1720-1800.



Fuente: Dobado (1997) y Dobado y Marrero (2001)

La rentabilización indirecta del monopolio del mercurio a través del "*mining-led growth*" y sus implicaciones fiscales para la Corona se apoyan no sólo en el aumento de la oferta de mercurio sino también en el doble descenso del precio en 1767 y 1776, que lo redujo a la mitad del fijado hasta el primero de dichos años. Durante las últimas décadas del período colonial el mercurio se comercializaba en Nueva España a precios políticos, esto es, a precio menor que el peninsular o el internacional, siguiendo el razonamiento que expresaría más tarde Elhuyar.<sup>41</sup> Lógicamente la rentabilidad directa del monopolio se redujo, pero a cambio aumentó, y sustancialmente, como se ha visto, la indirecta. No es extraño, por tanto, que Morete se expresase en los siguientes -sin duda exagerados- términos:

<sup>41</sup> "El empeño del gobierno no debe pues dirigirse tanto a buscar la mayor ganancia inmediata posible en el precio del azogue, cuanto a fomentar por su medio el laboreo de las minas de plata y oro de estos dominios, y bajo este aspecto puede asegurarse, que aun dándole de balde a los mineros nada se perdería." Elhuyar, 1825, p. 151.

*"Si los azogues transportados a las Américas septentrionales y meridionales no fueran de tan trascendental importancia y sólo produjeran a la nación el producto de su primera venta, nunca podría ser objeto de tanta entidad:...verá que los azogues conducidos a las Américas no solamente ligan y encadenan aquellos moradores con la península, sino que la producen anualmente un tesoro tan enorme, que si no pasa de 800 millones de reales, se le acercará, y que vienen a componer la mitad de la entrada o la riqueza de la nación al mismo tiempo que anima y promueve el comercio interior y exterior, por lo que deben ocupar los azogues todo el cuidado y celo de un sabio gobierno mirando estas minas de Almadén como la alhaja más integrante y la verdadera base, móvil y sostén de la corona."<sup>42</sup>*

### **III.2 El período postcolonial**

Tras la Independencia de las colonias americanas -en particular de Nueva España-, el mercurio dejó de ser vendido a precios políticos. Perdida la capacidad de recaudar impuestos en Nueva España o los Andes, la Corona española pasó a vender el mercurio al máximo precio posible en el mercado internacional a fin de maximizar los ingresos directos obtenidos por su venta. Este cambio explica tanto la evolución al alza de los precios del mercurio -hacia finales de la primera mitad del siglo XIX, el mercurio costaba en México casi cuatro veces lo que finales del período colonial<sup>43</sup>- como que las Minas siguieran siendo muy rentables. A este respecto, los ingresos brutos derivados de la venta de mercurio, que llegaron, como consecuencia de la fijación de precios políticos, a ser negativos en algunos años de fines del siglo XVIII<sup>44</sup>, ascendieron, como consecuencia de los acuerdos con los Rothschild de unos 8 millones de reales en 1830-31 a más de 30 hacia 1850. La participación de los beneficios por la venta de mercurio en los ingresos corrientes del Estado llegaría a ser del 3% en 1846 -véase Cuadro III.1.<sup>45</sup>

---

<sup>42</sup> Morete, 1857, pp. 379-380. La memoria fue redactada en 1804.

<sup>43</sup> Randall (1977).

<sup>44</sup> Dobado (2002).

<sup>45</sup> Véase Dobado (1989)

Cuadro III.1: Estimación de los ingresos netos generados por las Minas, 1831-1855. (Cifras en millones de reales de vellón).

|           | I             | II                    | III = I - II | IV = III/II | V                                    | VI = III/V |
|-----------|---------------|-----------------------|--------------|-------------|--------------------------------------|------------|
|           | Ventas<br>(1) | Gasto de<br>las Minas |              | (%)         | Ingresos<br>corrientes<br>del Estado | (%)        |
| 1831      | 15,0          | 6,6                   | 8,4          | 127         | 704                                  | 1,2        |
| 1832      | 15,0          | 6,7                   | 8,3          | 124         | 711                                  | 1,2        |
| 1833      | 16,4          | 7,0                   | 9,4          | 134         | 706                                  | 1,3        |
| 1834      | 16,4          | 7,1                   | 9,3          | 131         | 617                                  | 1,5        |
| 1835      | 16,4          | 4,9                   | 11,5         | 235         | 616                                  | 1,9        |
| 1836      | 23,5          | 4,6                   | 18,9         | 411         | 629                                  | 3,0        |
| 1837      | 22,7          | 5,0                   | 17,7         | 354         | 581                                  | 3,0        |
| 1838      | 19,1          | 6,5                   | 12,6         | 194         | 642                                  | 2,0        |
| 1839      | 29,8          | 5,7                   | 24,1         | 423         | 1.246                                | 1,9        |
| 1840      | 27,7          | 5,5                   | 22,2         | 404         | n. d.                                | -          |
| 1841      | 22,5          | 5,7                   | 16,8         | 295         | 825                                  | 2,0        |
| 1842      | 24,6          | 5,9                   | 18,7         | 317         | 878                                  | 2,1        |
| 1843      | 24,9          | 5,3                   | 19,6         | 370         | 865                                  | 2,3        |
| 1844      | 33,9          | 5,5                   | 28,4         | 516         | n. d.                                | -          |
| 1845      | 35,1          | 6,1                   | 29,0         | 475         | 1.052                                | 2,8        |
| 1846      | 36,9          | 6,0                   | 30,9         | 515         | 1.047                                | 3,0        |
| 1847      | 36,7          | 6,2                   | 30,5         | 492         | 1.074                                | 2,8        |
| 1847-1855 | 79,7          | 44,6                  | 35,1         | 79          | 10.059                               | 0,3        |

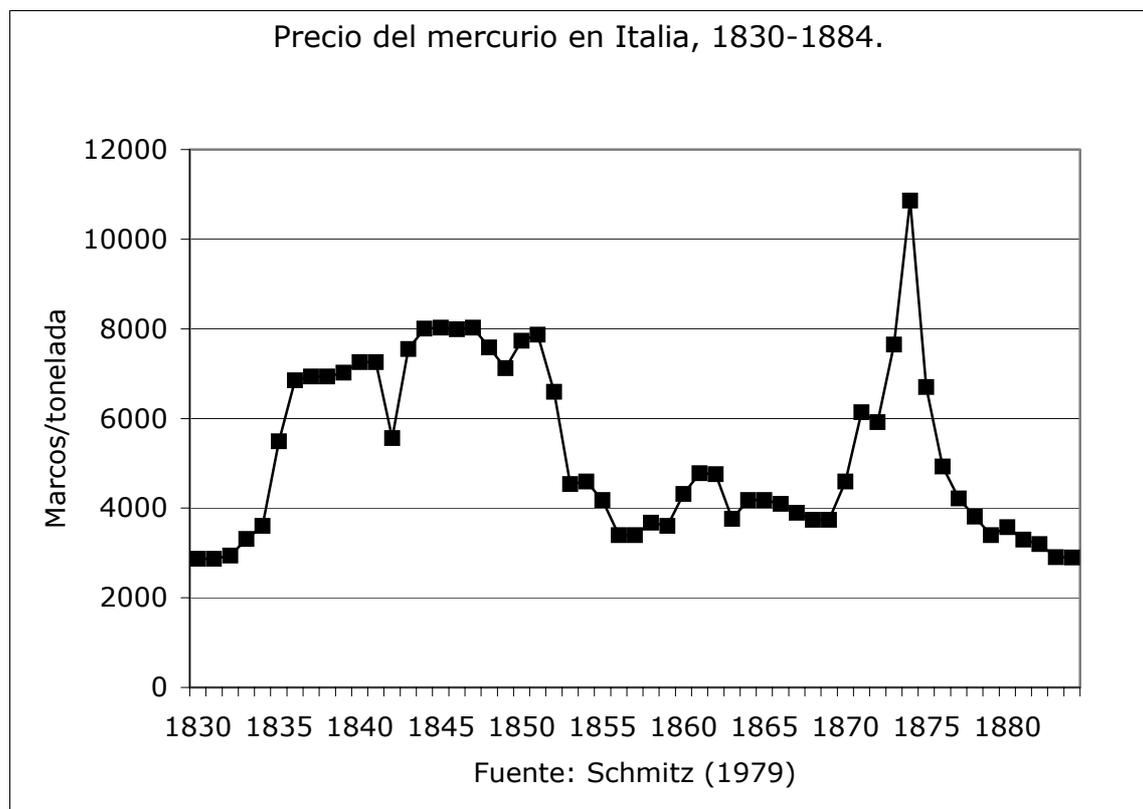
(1) Producción de las Minas multiplicada por el precio del mercurio en fijado en el convenio.

Fuente: Bernáldez y Rúa (1862), Comín (1985 y 1987) y Martín (1980)

A mediados del siglo XIX, el éxito del monopolio internacional creado por los Rothschild –comercializaban también la producción de Idria, el otro centro productor europeo– había sostenido el precio del mercurio a niveles desconocidos hasta entonces durante más de una década –véase Gráfico III.4.<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Los precios en Gran Bretaña, México y Estados Unidos reflejan un comportamiento muy similar [Schmitz (1979) y Randall (1977)].

Gráfico III.4

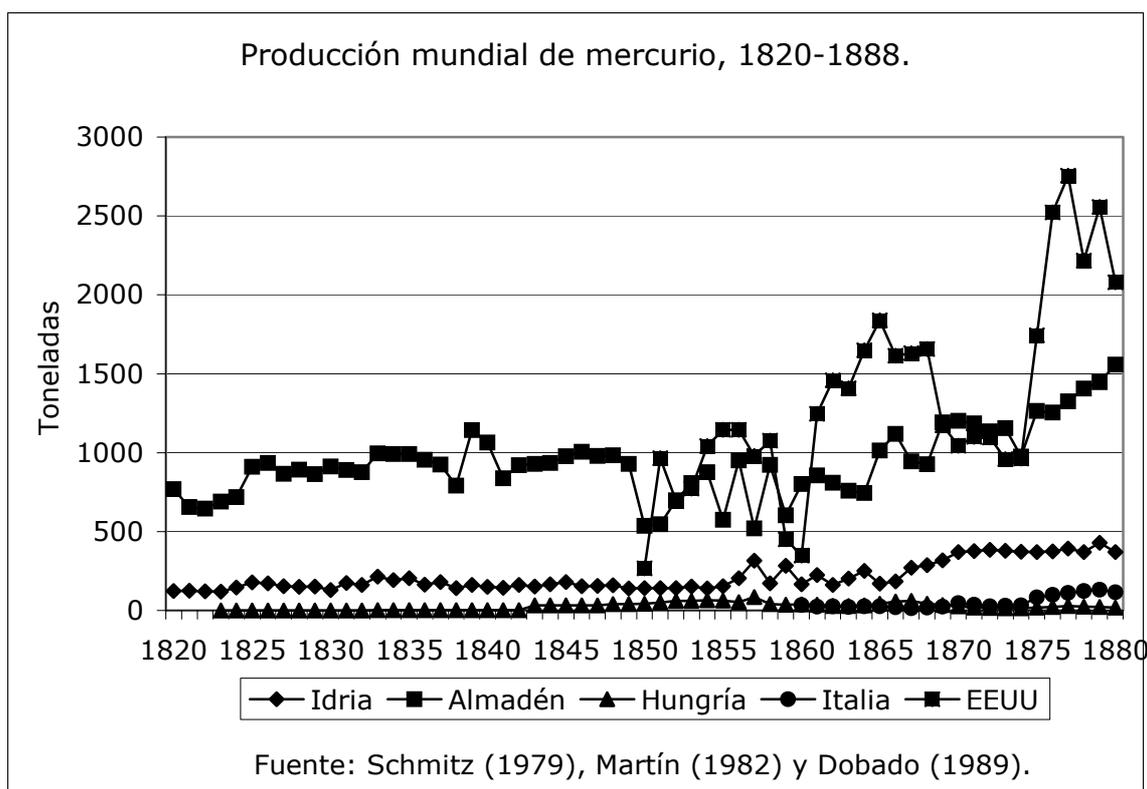


La firma, el 21 de febrero de 1835, por el gobierno español con los Rothschild de un contrato para la comercialización del mercurio de Almadén vino acompañada de un aumento espectacular del precio (52,4%). Hasta 1852, el precio del mercurio se situaría siempre por encima del correspondiente al primer acuerdo con los Rothschild, que incorporaban más o menos explícitamente que la producción se mantendría en el entorno de los 20.000 quintales anuales. En 1854, el precio del mercurio volvería a situarse por debajo del nivel de 1835 y no volvería a superarlo, excepto en los años 1871-1875, nunca más.

Tras repetidos acuerdos financiero-comerciales entre las dos partes antes mencionadas, éstos concluyeron en 1850, con otro en el que los Rothchild, pagando a un precio relativamente elevado (1.4000 reales de vellón por quintal castellano) se adjudicaron los 33.585 quintales existentes en Londres. Y es que los tiempos del cuasimonopolio español en el mercado mundial del mercurio habían pasado a la historia.

Ya sea fruto del azar o del estímulo representado por los altos precios, un nuevo productor importante irrumpió en el panorama. La California norteamericana comenzó producir grandes cantidades de mercurio en la década de 1850, con el consiguiente efecto depresivo sobre los precios y la expulsión de España de la privilegiada posición mantenida hasta entonces – véase Gráfico III.5.

Gráfico III.5



Entre 1850 y 1880, Estados Unidos produjo un 38,2% más de mercurio que España. Adicionalmente, Italia comenzó a producir –y exportar- cantidades significativas de mercurio. Durante los años 1850-1864, la producción media española fue de casi 16.000 quintales anuales, esto es, poco más de tres cuartos de la de la década de 1840. Pero las exportaciones se mantuvieron por debajo de los 11.000 quintales. Un hecho semejante carecía de antecedentes en la historia de las Minas.

Así, mientras que, en la década de 1840, la producción española de mercurio representaba el 81% de la mundial, dicho porcentaje se había reducido al 47,5 y al 31,4% en 1850 y 1855, respectivamente. El repunte

coyuntural de los precios en torno a comienzos de la década de 1870 no significó el retorno a la excepcional situación disfrutada antes de 1850. A mediados de los años ochenta, los precios se situaban al bajo nivel propio de medio siglo atrás y la producción española no llegaba al 50% de la mundial.

Si la gran rentabilidad directa de las Minas durante los años de los acuerdos con los Rothschild, permitían posponer la necesaria reforma técnica y organizativa del Establecimiento, las nuevas circunstancias la hicieron impostergable. A mediados del siglo XIX, la antigua "*falta de gente*" se había transformado en "*plétora de brazos*". La competencia creciente en el mercado mundial se unía al aumento de la oferta de fuerza de trabajo, a que tanto había contribuido el propio Establecimiento con su política laboral, y el aumento de la productividad, lograda mediante el cambio técnico y organizativo, para forzar una inaplazable reconversión industrial (reducción de plantilla y renovación técnica y organizativa) en Almadén.

Es en este contexto en el que se insertan los proyectos de reforma del Establecimiento de Sánchez Molero (1856-1859)<sup>47</sup> y Bernáldez y Rúa (1861)<sup>48</sup> así como las novedades ("*reparto de jornales*" a favor de los trabajadores locales, rechazo de los temporeros, reducción del "*peonaje*", etc.) de variada índole introducidas con posterioridad. Entre ellas, cabe destacar la opción por el maquinismo masivo de mediados de la década de 1870.

Así, durante el período colonial, los esfuerzos de los responsables de las Minas se orientaban a maximizar la producción de mercurio para lograr la más alta recaudación fiscal posible en, principalmente, Nueva España.

---

<sup>47</sup> "El estado en que hoy se encuentra el comercio de los azogues de Almadén, cuyos precios y rentas van disminuyendo más y más cada día; los temores fundados que se abrigan para el porvenir respecto a la salida que podrán tener en los mercados y el lamentable atraso de aquellas minas en la mayor parte de los servicios que forman los ramos de laboreo y destilación de sus minerales, tan influyentes en el coste de fabricación del género,..., son cuestiones que reclaman con la mayor urgencia un detenido estudio y un eficaz remedio por los grandes intereses que el Gobierno tiene cifrados en esas grandes fincas, y si ha de elevar su renta a la altura de que la hemos visto venir descendiendo en estos últimos tiempos." Sánchez Molero, 1856, p. 40.

<sup>48</sup> "Hoy que, con el Nuevo Almadén [en la California americana], se alza en los mercados del azogue un rival formidable, con buenas condiciones de localidad, situado cerca de los puntos de consumo, conducido por el estímulo del interés particular, presentando desde sus orígenes cuantiosos frutos, el antiguo Almadén se halla amenazado de una ruina inminente si no se adopta una resolución enérgica y decisiva, un cambio decisivo en el terreno de la administración y la ciencia." Bernáldez y Rúa, 1861, p. 200.

Más tarde, cuando el beneficio dependía de la diferencia entre ingresos por venta y coste, y, especialmente, tras el descenso de la cotización internacional del mercurio como consecuencia de la aparición de competidores, se dirigieron a minimizar el coste de producción. El cambio de estrategia, aunque tardaría algún tiempo en ser adoptado, no dejó de tener profundas repercusiones en la gestión de los aspectos técnicos y laborales de Almadén.

## **IV. Las técnicas productivas**

### **IV.1 Introducción**

En este capítulo se ofrece una descripción de las técnicas específicas empleadas en la producción de mercurio en Almadén. Por tanto, no nos ocuparemos de las técnicas utilizadas en las numerosas oficinas en las que se llevaban a cabo las tareas contables y administrativas. Tampoco de las que empleaban los carpinteros, herreros, albañiles y miembros de otros oficios que trabajan en los diversos talleres especializados en la producción o reparación de inputs (carruajes, herramientas, etc.) para las Minas o en otras actividades exteriores habituales o esporádicas (obras, canteras, etc.). Ni unas ni otras diferían demasiado de las que se usaban en cualquier otra actividad productiva de la España de la época.

Por el contrario, sí trataremos con cierto detenimiento todas aquellas técnicas productivas correspondientes a las dos fases principales en que, con criterios funcionales y espaciales, puede dividirse el proceso productivo del mercurio practicado en Almadén durante el período considerado: la minera y la metalúrgica. Inevitablemente, la primera de ellas compartía algunos rasgos importantes con cualquier otra actividad minera, pero también presentaba un alto grado de especificidad en respuesta a las especiales condiciones del criadero explotado, a la escala comparativamente grande de la empresa, a su secular existencia ininterrumpida y a otras circunstancias presentes en el caso que nos ocupa. La fase metalúrgica, aunque no radicalmente distinta de la que permitía la obtención de otros metales, presentaba notables peculiaridades. Si bien lejos de ser impenetrables a la influencia de la tecnología generada en contextos técnico-económicos nacionales y extranjeros bien distintos, las actividades mineras y metalúrgicas en Almadén no dejan de conformar por sí mismas un peculiar objeto de estudio.

El mercurio puede considerarse como el resultado de un proceso largo y complejo que incluía desde la excavación del mineral dentro de las minas hasta su calcinación en los hornos instalados en el "*Cerco de Fundición*". La fase minera precedía a la metalúrgica. La primera se llevaba a cabo en las minas –véase Ilustración 1- y tenía por finalidad la obtención del mineral y el establecimiento de las condiciones que permitiesen la prosecución del laboreo de los yacimientos en campañas sucesivas.<sup>49</sup> Puede subdividirse en cinco componentes (excavación, fortificación, desagüe, extracción y ventilación) cuya interacción concreta daba lugar a un determinado sistema de laboreo. La fase metalúrgica consistía en el conjunto de operaciones que permitían la transformación del mineral en mercurio mediante la aplicación de calor y la recogida y almacenamiento del metal –véase Ilustración 2, que muestra una vista del "*Cerco de Fundición*" en 1783. Así, la fase minera era más heterogénea que la metalúrgica y perseguía simultáneamente objetivos de corto y largo plazo.

Además de describir, este capítulo, en su apartado final, pretende también analizar la lógica del cambio técnico y, en particular, sus efectos sobre la demanda de inputs laborales y la productividad y la organización del trabajo.

## **IV.2. Técnicas mineras**

A continuación se hará un breve repaso de las técnicas empleadas en cada uno de los cinco componentes que conforman los sistemas de laboreo que sucesivamente regularon la explotación de los criaderos de cinabrio de Almadén entre finales de la primera mitad del siglo XVIII y mediados de la segunda del XIX.

Todo parece indicar que, a comienzos del período aquí considerado, las Minas de Almadén distaban de ser una explotación modélica. El sistema de laboreo estaba plagado de defectos: irregular seguimiento de los filones, multiplicación de pozos y galerías, desperdicio de madera en la fortificación, difícil extracción del mineral, desagüe costoso e insuficiente y escasa ventilación. Y ello en una época en que las técnicas mineras estaban

---

<sup>49</sup> La Ilustración reproduce un mapa de las minas de 1796.

mejorando sustancialmente en Europa occidental. Los principales resultados negativos del atraso técnico eran dos: a) una elevada relación trabajo/producto; b) un intenso deterioro de la salud de los trabajadores que reducía la disponibilidad efectiva del tan necesario factor trabajo. Dado que ni las *consignaciones* asignadas por el gobierno para financiar las actividades de las Minas ni la oferta de fuerza de trabajo eran ilimitadas, los problemas técnicos, incluso en ausencia de sus nada infrecuentes manifestaciones más llamativas (hundimientos, inundaciones, etc.), constituían un serio obstáculo al crecimiento a largo plazo de la producción, cuando no a la simple consecución de *sacas* de azogue semejantes a las logradas en años precedentes.<sup>50</sup>

Las repetidas visitas de técnicos, nacionales y extranjeros, más o menos dignos de ese título (Bowles, Jorge Juan, Inglés, Salvador de Medina y otros) y la contratación de especialistas alemanes a través de la Embajada en París atestiguan la insatisfacción de las autoridades españolas ante el estado de cosas imperante. En 1757, extinguido finalmente un incendio en el interior de las minas de más de dos años de duración, se inaugura una nueva etapa en la historia técnica de las minas. Durante casi cuatro décadas especialistas procedentes en su mayoría de Sajonia, una de las zonas mineras técnicamente más adelantadas de la Europa de la época, estuvieron al frente de la fase minera del proceso productivo del mercurio en Almadén.<sup>51</sup> Su labor no estuvo exenta de dificultades, como reflejan los enfrentamientos con los técnicos y directivos nacionales. Sus resultados no dejan de presentar algunas insuficiencias sobre las que se volverá en breve.<sup>52</sup> Sin embargo, su contribución al necesario cambio técnico en la fase

---

<sup>50</sup> Muy llamativa, aunque tal algo exagerada es la descripción efectuada por el ingeniero de minas Casiano de Prado: "*Allí no había nadie que conociese el arte, ni facultativa ni prácticamente. Los charlatanes que acudían, y que no siempre eran desoídos, aumentaban si cabe el desconcierto. Durante algún tiempo se vio a un fraile tomando una parte muy activa en la dirección de las labores. En otra ocasión salió de Madrid por orden del Gobierno a visitar un Consejero de Hacienda, y en clase de ingenieros le acompañaban dos jesuitas.*" (Prado, 1846, p. 44). Prado estuvo al frente de la Dirección de las Minas entre 1841 y 1844, excepto durante un breve período, en el que fue depuesto por la Junta de Gobierno que se constituye en Almadén con motivo del pronunciamiento contra Espartero. Zarraluqui, 1934, p. 457.

<sup>51</sup> Algunos de ellos se trasladarían en 1778 a Nueva España en un infructuosa exploración de yacimientos de mercurio en la colonia.

<sup>52</sup> Véase el balance crítico de Betancourt (1783) o del propio Hoppensack (1793), director de las Minas entre 1783 y 1792.

minera del proceso productivo del mercurio y al consiguiente aumento de las "sacas" es innegable.<sup>53</sup> Entre sus aportaciones cabe destacar: el arranque mediante bancos y testers de macizos de mineral mediante el uso exclusivo de barrenos de pólvora; la utilización de un pozo maestro (denominado Pozo de San Teodoro), que ganaba en profundidad a la par que las excavaciones y en cuyo brocal contaba con un malacate accionado por fuerza animal, con fines de ventilación y extracción del mineral; fortificación más segura y menos intensiva en madera; adopción de bombas manuales en el desagüe; nuevo diseño de la red de pozos y galería a fin de facilitar la comunicación, el transporte y la ventilación.

Las innovaciones en el sistema de laboreo contrastan con la práctica inmutabilidad de la fase metalúrgica, que permaneció siempre a cargo de técnicos locales, probablemente porque poco tendrían los foráneos que aportar en este campo, tan dado a las cualificaciones idiosincráticas y a la hegemonía del "saber obrero" en el proceso productivo.<sup>54</sup>

Los logros de la "época alemana" no deben hacer olvidar sus limitaciones. Las memorias redactadas por Betancourt tras su visita a Almadén en 1783 nos permiten apreciarlas. Tal vez la más importante afectaba al desagüe de las minas. Este componente del sistema de laboreo consistía en la circulación controlada del agua que brotaba naturalmente en las minas hasta su salida al exterior. Los desplazamientos horizontales del agua se realizaban casi sin necesidad del concurso de trabajo humano, gracias al simple expediente de construir canalejas de madera y regueras, dotadas de una cierta inclinación, a lo largo de algunas galerías. Por el contrario, en los desplazamientos verticales, que se alargaban a medida que las minas ganaban en profundidad, era preciso recurrir al trabajo humano o a su sustitución total o parcial por medios técnicos. Puede aceptarse que, al

---

<sup>53</sup> *"Inaugurose entonces una nueva época para Almadén; la brújula penetró, acaso por primera vez, en aquellos subterráneos; marcharon las labores bajo un plan ordenado y científico, revelándose en todas las faenas del Establecimiento el genio metódico y escrupuloso de los hijos de Alemania."* Bernáldez y Rúa, 1862, p. 20.

<sup>54</sup> Particularmente ilustrativo resulta el comentario que efectuaba el Superintendente Villegas a este respecto: *"...están los naturales tan invenciblemente persuadidos a que persona alguna puede adelantarles en sus maniobras, y tiene tantos inconvenientes el violentarlos para reducirlos a nuevo método, que es necesario no abandonar su dictamen, e inclinarlos a que insensiblemente reconozcan su error por medio de las demostraciones para que le detesten y se sujeten sin reparo alguno a lo que se les ordena."* Archivo Histórico Nacional, Minas de Almadén, Leg. 722.

margen de circunstancias excepcionales (alumbramiento de manantiales subterráneos, filtraciones, precipitaciones anormalmente elevadas, etc.), el volumen de agua que producían las minas en Almadén no era muy grande. Sin embargo, hasta comienzos del siglo XIX, el desagüe fue siempre un problema muy mal resuelto, particularmente durante la década de 1780.

La aportación fundamental de los técnicos alemanes al desagüe consistió en la introducción, en 1757, de las bombas de mano aspirantes, emplazadas sucesivamente a lo largo de los pozos, en sustitución de los ineficientes tornos de zacas utilizados comúnmente hasta entonces -véase Ilustración 3-.<sup>55</sup> Lo curioso del asunto es que Matilla (1958) informa de la aplicación, ya a comienzos del siglo XVI, de bombas de mano, que suponemos semejantes a las descritas en el célebre tratado de Agrícola de 1556,<sup>56</sup> al desagüe en Almadén. Una relación de 1565 o 1566 también cita las bombas.<sup>57</sup> Ya no es éste el caso en 1621, cuando una descripción sólo hace mención de los tornos de zacas.<sup>58</sup> Además de ilustrativo de la ausencia de linealidad en el proceso del cambio técnico, la reintroducción de las bombas de mano pone de manifiesto el grado de atraso de las Minas respecto a las técnicas de punta a mediados del siglo XVIII. Por entonces se cumplían más de cincuenta años desde los primeros trabajos de Savery sobre la elevación de agua mediante la acción del vapor.<sup>59</sup> La máquina de Newcomen había sido aplicada con éxito al desagüe de minas en 1712 y, hacia 1729, estaba en uso en varios países europeos.<sup>60</sup> Pero también podría haber una especie de peculiar "*reswitching*" sraffiano debido a cambios, no sólo en las tasas de retorno asociadas a cada técnica, sino también en las relaciones sociales. Tras el incendio de las minas, los forzados, a quienes se consideró responsables del mismo<sup>61</sup>, serían progresivamente apartados de los trabajos interiores, entre ellos del desagüe con zacas que, por ser considerado especialmente penoso, les estaba reservado. Storr, el Director,

---

<sup>55</sup> De los seis trabajadores destinados habitualmente al manejo de cada torno, dos no se empleaban en elevar agua, sino en llenar y vaciar las zacas, mientras que buena parte del esfuerzo de los cuatro restantes se aplicaba inútilmente al cintero, que pesaba unas cien libras por cada veinte varas de longitud. El peso del agua contenido en la zaca era de una diez a doce arrobas.

<sup>56</sup> Derry y Williams, 1980, vol 1, pp. 188-192.

<sup>57</sup> Matilla, 1958, p. 73.

<sup>58</sup> *Ibidem*, pp. 148-150.

<sup>59</sup> Derry y Williams, 1980, vol 2, pp. 456-459.

<sup>60</sup> *Ibidem*, pp. 462.

<sup>61</sup> Matilla, 1958, p. 298.

de nacionalidad alemana, tenía buenas para defender que el desagüe con bombas corriese exclusivamente a cargo de trabajadores libres.<sup>62</sup> Estos probablemente fueron renuentes en un principio a ocuparse el desagüe con bombas. Este trabajo no sólo era también bastante duro físicamente sino que había estado hasta entonces asociado -en su variante técnica de los tornos de zacas- a la infamante condición de forzado. Por otra parte, los técnicos españoles no parecían ver con buenos ojos una innovación frente a la que reconocían la *"falta de conocimiento que tenemos de la operación"* y que fracasó estrepitosamente en su primera prueba, lo que les permitió proponer el mantenimiento del desagüe con tornos de zacas en el *"Torno [pozo] de los Alemanes"*. En el tránsito del siglo XVI al XVII una combinación diferente de factores sociales potencialmente influyentes, tales como el reparto del poder y el enfrentamiento entre técnicos y directivos españoles y alemanes y la disponibilidad de trabajadores libres y de forzados para un trabajo muy duro y presumiblemente mal visto, bien pudo tener como resultado el abandono de la técnica más eficiente.

No faltan pruebas, desde inundaciones más o menos extensas de las minas en 1759, 1760 y 1766 a los fallidos intentos de instalar diferentes modelos de máquinas en años posteriores, de que el problema de un desagüe deficiente no fue nunca del todo bien resuelto. El juicio de Betancourt (1783a) sobre el sistema de desagüe de las minas fue muy crítico. En sus propias palabras: *"quizá no hay ramo que se ignore más enteramente que el de las bombas, siendo así que de ellas depende en gran parte el adelantamiento de los trabajos, y el ahorro de gran número de jornales"*.<sup>63</sup>

Por un lado, el propósito inicial de construir las bombas de cobre tuvo que ser abandonado, *"porque en España el cobre está muy caro"*<sup>64</sup>, lo que redundó en una menor capacidad extractiva y un aumento de los desperfectos y reparaciones. Los constructores españoles de bombas de

---

<sup>62</sup> *"no conviene que los forzados trabajen en ellas [las bombas], tanto porque éstos las destruirán, como porque haciendo este trabajo los libres aprenderán a repararlas, y con el tiempo a construirlas y habilitarlas"*. A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 850.

<sup>63</sup> Betancourt, 1783a, s. p.

<sup>64</sup> *Ibidem*.

mano parecen haber sido incapaces de llegar a dominar las reglas del arte.<sup>65</sup> Tras criticar su falta de formación en aspectos teóricos y prácticos relacionados con las bombas, Betancourt (1783a) refiere una anécdota bastante chusca: *"no me causó novedad lo que me respondió un Maestro de Bombas, y fue que las Bombas eran unos duendes que sacaban agua cuando querían, y cuando no, no había diablos que las hiciesen ir adelante"*.<sup>66</sup>

Por otro lado, el diseño del sistema general de desagüe presentaba numerosas deficiencias, que en algún caso llegaban a ser tan graves como para implicar la necesidad de recurrir, aunque sólo ocasionalmente, a un torno de zacas que superaba un desnivel de 74 varas castellanas, la filtración del agua de unas subdivisiones de las minas a otras, el deterioro de la fortificación de algunos pozos y galerías o la imposibilidad de explotar el mineral de zonas inundadas permanentemente, entre otros ejemplos posibles –véase Ilustración 4. Además de los efectos negativos sobre la marcha general de los trabajos, el elevado coste del desagüe (más 400.000 reales de vellón anuales) y la movilización de grandes contingentes de fuerza de trabajo (80.000 jornadas de trabajo de seis horas de duración o unos 450-500 trabajadores), en una época en la que no se había superado todavía la *"falta de brazos"* y en la que desde Madrid se exigían *"sacas"* más cuantiosas, eran las principales consecuencias adversas.

Y ello pese a que hacía ya unas tres décadas que la máquina de Watt llevaba funcionando con éxito tras su debut en Tipton, Staffordshire. Sólo la aplicación del vapor al desagüe en Almadén permitiría regularizar la marcha de las actividades interiores, el ahorro de costes salariales y el desplazamiento masivo de trabajadores a tareas, como las excavaciones de mineral, en las que eran insustituibles y que influían muy directamente sobre el nivel de producción de mercurio. La instalación de la máquina<sup>67</sup>,

---

<sup>65</sup> *"por falta de estos conocimientos, o salen malas las bombas, o no se saben remediar los defectos, se causan gastos excusados, y hay en los trabajos [subterráneos] pausas perjudiciales, y costosas, todo en daño del Real Erario, sin contar lo que padecen y se maltratan los bomberos". Ibidem.*

<sup>66</sup> *Ibidem*, subrayado en el texto original.

<sup>67</sup> Todavía en funcionamiento a mediados del siglo XIX, era del tipo Watt, de efecto simple y condensación, y rendía una potencia máxima de 59 caballos (*Apuntes*, p. 495). Hasta comienzos de 1800, el combustible empleado consistió en carbón mineral de Bélmez y Espiel. Desde entonces, se recurrió al abundante monte bajo de los alrededores de Almadén. *Papeles privados*.

traída directamente de Gran Bretaña por el "*mecánico*" Pérez Estala, se inició el 4 de junio de 1787 y no concluyó hasta el 31 de julio de 1799 o algo antes,<sup>68</sup> retrasándose su entrada en funcionamiento, según lo que podría deducirse de algunas opiniones y documentos hasta el verano de 1805.<sup>69</sup> A nuestro, sin embargo, la máquina comenzó a operar en 1799 en sustitución de las bombas de mano accionadas manualmente en tres de los pozos pertenecientes a otros tantos de los principales subsistemas de desagüe.<sup>70</sup> Esta idea se ve reforzada por la constatación de que el ahorro anual calculado, 111.000 reales de vellón, es difícilmente compatible con la desaparición total del trabajo humano en el desagüe. Éste debió seguir siendo aplicado sobre bombas de mano y, excepcionalmente, tornos de zacas en alguno de los subsistemas que pudieron permanecer desconectados de la máquina de vapor y en las zonas en explotación por debajo del cuarto piso.<sup>71</sup> Así, lo que ocurrió en 1805 fue que el desagüe entre los pisos cuarto y quinto (28,4 metros de distancia) dejó de efectuarse manualmente, pues la máquina comenzó a extraer directamente el agua del depósito (914 metros cúbicos excavados) construido en el último de dichos pisos.

El comentario de los directivos ante la profundización del desagüe mecánico hasta el, por entonces, último piso de las minas es unánimemente encomiástico. Expresados en forma bastante enfática, tres de los principales motivos de satisfacción ya nos son conocidos: regularización y aceleración de las labores<sup>72</sup>, ahorro de costes laborales<sup>73</sup> y mayor disponibilidad de trabajo para otras tareas en las que el trabajo era insustituible y que influían

---

<sup>68</sup> A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 1275.

<sup>69</sup> Por ejemplo, *ibidem*, Leg. 363 y Bernádez y Rúa, 1862, p. 63, y Zarraluqui, 1934, p. 191.

<sup>70</sup> Véase una argumentación más detenida en Dobado (1989).

<sup>71</sup> Hasta el cuarto piso de las minas el agua llegaba por gravedad desde los niveles superiores y corría hasta un gran depósito, situado en las inmediaciones del pozo principal de *San Teodoro*, sobre el que actuaba la máquina de vapor.

<sup>72</sup> Uno de los filones secundarios del yacimiento, el de San Francisco, estaba inundado a causa de una "*aguada*" (inundación) desde tiempo atrás, siendo ahora posible su desagüe y puesta en explotación. En la documentación consultada no vuelven a encontrarse referencias a inundaciones de cierta magnitud.

<sup>73</sup> "*cesando el gasto de las veintitrés bombas de mano que desde el cuarto [piso] se tenían corrientes*". A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 1275. Larrañaga cifró en 347.000 reales de vellón el gasto corriente anual causado por el desagüe con bombas manuales del quinto piso, mientras que el coste adicional de hacerlo con la máquina de vapor era de sólo 22.000. *Ibidem*.

directamente sobre el nivel de producción<sup>74</sup>. Un nuevo argumento que resulta revelador de las especialmente adversas circunstancias que presidían la prestación cotidiana de trabajo en las minas. Se trata del beneficio para "la humanidad" y "la Administración" que se obtendría al suprimir unos puestos de trabajo, los de los "bomberos" antes asignados al desagüe manual del quinto piso, en lo que a la "conservación" y la captación de trabajadores se refiere. En efecto, a lo que parece, el trabajo en las bombas a esa profundidad era tan duro y perjudicial para la salud<sup>75</sup> que no sólo se reflejaría en los datos del Hospital de Mineros<sup>76</sup> sino que también tendría un efecto disuasorio sobre potenciales trabajadores de las zonas circunvecinas.<sup>77</sup>

Las grandes ventajas económicas de variada índole derivadas del cambio técnico representado por la bomba de vapor no deben hacer olvidar que su instalación resultó lenta y costosa (1.908.000 reales de vellón). La profundización del "tiro" de la máquina en 1805 es inseparable de la profunda modificación del sistema de laboreo iniciada poco antes por Larrañaga. Sin esta otra modalidad de cambio técnico hubiera, probablemente, sido imposible sacar todo el partido de la máquina de vapor al desagüe de las minas en Almadén.

Sin embargo, el imparable alejamiento de la superficie de las labores subterráneas explica que, en 1828, haya constancia del retorno al desagüe "mixto" desaparecido en 1805. En efecto, ahora el agua que manaba por debajo del quinto piso se acumulaba cerca de los pozos de "San Teodoro" y de "San Francisco a Levante" . Desde allí era elevada, mediante sendas

---

<sup>74</sup> *"debe resultar de la suspensión de ellas [las bombas de mano]... un ahorro de brazos para aplicarlos a otros trabajos con ventaja de la Real Hacienda". Ibidem.*

<sup>75</sup> Realizar un trabajo físico muy intenso, como era el de mover el balancín de las bombas durante una jornada laboral de seis horas al menos, en los particularmente mal ventilados confines más profundos de las minas era garantía de contraer hidrargirismo en breve plazo.

<sup>76</sup> *"según los informes pedidos por esta contaduría a los facultativos del Real Hospital sobre las enfermedades de los que fallecían en él, resulta, que la mayor parte procedían del duro y dañosísimo trabajo que sufrían los que se ocupaban en las bombas de mano, ... con la suspensión de las citadas [bombas]..., serán menos los enfermos,... y habrá suficientes trabajadores más sanos". A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 1275.*

<sup>77</sup> *"no existiendo una clase de trabajo de bombas de tanto esfuerzo, tan temible, sin duda se disipará el terror que había llegado a infundir tanto a los trabajadores que existen en este Pueblo, como a los que vienen de otras Provincias; y por consiguiente concurrirán en mayor número." Ibidem.*

series de bombas de mano, en las que el bronce había sustituido parcialmente a la madera, hasta el depósito del quinto piso donde la máquina de vapor hacía su entrada en escena. La construcción en algún momento posterior de un nuevo depósito en el séptimo piso (1.789 metros cúbicos) debió permitir por algún tiempo el retorno al desagüe "mecánico" de las minas, al menos hasta ese nivel.

En cualquier caso, a comienzos de la segunda mitad del siglo XIX, de acuerdo con Bernáldez y Rúa (1861) el sistema de desagüe presentaba notables deficiencias. La excavación de otro depósito en el noveno piso (382 metros cúbicos) no había servido para restaurar el desagüe "mecánico", como se esperaba de la secuencia observada desde 1805. Por el contrario, la permanencia del desagüe "mixto" se hace evidente al comprobar que el agua era elevada entre los depósitos de los pisos noveno y séptimo -49 metros mediaban entre ambos- mediante series de bombas de mano. Y ello porque la máquina de vapor, *"notable sólo por su antigüedad"* era incapaz de *"tirar"* del agua desde el noveno piso. Así, la media anual de gastos (salarios, 48,7%, combustible, 40,9%, y reparaciones, 10,4%) imputables a la máquina de vapor en el quinquenio 1851-1855 ascendió a 73.000 reales de vellón mientras que la correspondiente al desagüe manual (salarios en su práctica totalidad) fue de 350.000.<sup>78</sup>

Descartada por razones topográficas la excavación de un socavón de desagüe, se imponía la adquisición e instalación de una nueva máquina que pudiera efectuar directamente el desagüe desde el noveno piso de las minas.<sup>79</sup> Por tanto, no sólo habría que desechar la máquina antigua todavía en uso sino también otra comprada en Londres y transportada a Almadén poco antes de 1854, que, tras causar unos gastos estimados, en 1858, en 800.000 reales de vellón, se reveló finalmente inservible, pues la cantidad de agua que necesitaba para la condensación del vapor superaba a la que estaba disponible en el *"Cerco de San Teodoro"*.<sup>80</sup> Se pondría fin con ello a un trabajo de los *"bomberos"* respecto al que señalaban: *"cuán urgente e indispensable es la abolición de esta penosa y costosísima faena."*<sup>81</sup>

---

<sup>78</sup> Bernáldez y Rúa, 1861, Apéndice Estadístico.

<sup>79</sup> En coincidencia con Sánchez Molero (1857), *Mejoras* (1848) y *Apuntes* (1854).

<sup>80</sup> *Papeles privados*.

<sup>81</sup> Bernáldez y Rúa, 1861, p. 192.

Inevitablemente, las limitaciones técnicas -escaso efecto útil de las bombas de mano, principalmente- inherentes al desagüe "mixto" tuvieron repercusiones económicas negativas. Entre 1833 y 1852, las Minas destinaron una media anual de 423.444 reales de vellón a gastos salariales en el desagüe, esto es, el 9% del total. Dicha cifra es casi idéntica a la que calculó Betancourt (1783a). Ciertamente, las minas eran mucho más profundas, pero no deja de ser sorprendente que la aplicación del vapor no hubiese permitido una reducción importante del gasto salarial en una tarea en la que el trabajo humano era muy poco eficiente y fácilmente sustituible.

Por consiguiente, y dejando para más adelante consideraciones adicionales al respecto, parecería que el cambio técnico en el desagüe arroja un balance ambivalente: por un lado, permitió continuar la explotación de los criaderos más allá del punto en que los rendimientos decrecientes de la minería subterránea podían haber constituido un obstáculo difícilmente insalvable: por otro, no logró, como se esperaría, una reducción significativa del coste de "producción" específico de esta actividad (15,4 reales de vellón por metro cúbico de agua extraída a la superficie en 1851-1855 frente a 12,3 en 1783).<sup>82</sup> Una solución duradera y eficaz al desagüe de las minas no llegaría hasta dos décadas más tarde.

La memoria de Betancourt (1783b) nos sirve también para describir las técnicas empleadas en la extracción del mineral hacia finales del "período alemán".<sup>83</sup> El mineral salía al exterior por dos vías: el brocal del Pozo de San Teodoro (gghh en Ilustración 2) y el socavón de la Mina del Castillo (dddd, *ibidem*). Los desplazamientos horizontales del mineral se efectuaban a mano, en espuestas o en carretones, con un uso intensivo de mano de obra en todos los casos. En los desplazamientos verticales intervenían el malacate de mulas instalado en 1769 en el brocal del Pozo de San Teodoro,

---

<sup>82</sup> Ambas cifras no son totalmente homogéneas, pues en el cálculo de la última se ha excluido algunas pequeñas partidas de gasto, pero sí permiten comprobar el limitado aprovechamiento en Almadén de una innovación técnica espectacular como fue la aplicación del vapor al desagüe de las minas.

<sup>83</sup> La extracción de mineral estaba funcionalmente asociada a la de la ganga, aunque ésta se extraía en cantidades relativamente pequeñas, pues la excavación se efectuaba casi exclusivamente en los criaderos de cinabrio. También a la introducción en las minas de materiales, herramientas, útiles, madera, etc. La razón es bien simple. Todas ellas compartían la utilización del mismo sistema de transporte interior (medios técnicos y vías de tránsito). Por razones de significación cuantitativa y cualitativa, nuestra atención se centrará en la extracción del mineral.

uno de los hitos técnicos del "período alemán", y tornos del tipo de los utilizados en el desagüe con zacas –véase Ilustración 5- emplazados en otros pozos.

Desde los sitios de excavación donde se obtenía el mineral hasta el pie del primer pozo desde el que iniciaba su camino ascendente, el método de transporte empleado era el *"trecheo"*, consistente en situar *"trecheadores"*, separados por lo general unos 15 o 20 pasos entre sí, hasta cubrir la distancia a superar. Un *"henchidor"* llenaba la espuerta de mineral y se la pasaba al primer *"trecheador"*, que la entregaba al siguiente y retornaba al punto de partida a la espera de la espuerta venidera, y así sucesivamente hasta que las espuestas llegaban al pie del pozo. *"Arrimado"* el mineral a los pozos, se procedía a su elevación mediante los tornos accionados por *"tiradores"*, comúnmente cuatro. Las espuestas transportadas por los *"henchidores"* eran introducidas en otras de mayores dimensiones hasta formar un *"tiro"* de cuatro o cinco arrobas. Tras llegar al brocal del primer pozo, el mineral volvía a ser *"trecheado"* hasta el pie del siguiente empleado en la extracción, con la consiguiente repetición de las operaciones descritas. Después de sucesivos desplazamientos verticales y horizontales por el interior de las minas, cuyo número y duración dependían de la configuración de pozos y galerías y de la ubicación del sitio de excavación de procedencia, el mineral acababa llegando a los puntos desde los que se iniciaba el último tramo de su recorrido al exterior. En las Minas del Pozo ese punto era alguna de las cortaduras del Pozo de San Teodoro con las galerías principales.<sup>84</sup> La acción del malacate de mulas instalado en su brocal permitía un notable ahorro de trabajo humano, que fue posible gracias a la insistencia de los directivos y técnicos alemanes en la continua profundización de un pozo maestro, el de San Teodoro, a fin de facilitar la extracción de mineral y la ventilación. Dos mulas lograban elevar 35 arrobas de mineral desde una profundidad de casi 70 metros en tres minutos. Así, la configuración general de las minas resultante del sistema de laboreo distaba de ser independiente de los medios técnicos utilizables. En la Mina del Castillo, la inexistencia de algo semejante al Pozo de San Teodoro explica que el último trayecto vertical a lo largo del Torno [pozo] Grande corriese a

---

<sup>84</sup> *"Ensanche en el encuentro de las galerías con el pozo principal."* Diccionario de la lengua española, RAE, 1970.

cargo de un torno que, accionado por cuatro *"tiradores"* necesitaba de una hora para elevar 240 arrobas a algo menos de 32 metros. Además, desde el brocal del Torno Grande, el mineral tenía todavía que ser transportado al exterior mediante unos carretones de unas 16 arrobas de peso y de una carga útil semejante –véase Ilustración 5- que, empujados por forzados, circulaban con notables dificultades por una canaleja en la que se introducía un guión para orientar correctamente su marcha.

La crítica de Betancourt (1783b) alcanzará a casi todos los aspectos de la extracción de mineral. Su objetivo consistía en desplazar trabajo humano, pues *"se ahorraría mucho dinero al cabo del año, y habría más gente que ocupar en otros trabajos de la mina"*. Sus propuestas incluían la sustitución del *"trecheo"* a mano por carretillas –véase Ilustración 5-, la profundización del Pozo de San Teodoro para extender el campo de acción del malacate de mulas a las labores situadas por debajo –en algún caso a unos 150 metros de la superficie- de la última cortadura y en la instalación de otra de estas máquinas en el Pozo de San Miguel de la Mina del Castillo. La aceptación de estas sugerencias sólo hubiera exigido algunas alteraciones de no gran entidad en los criterios que gobernaban el avance en profundidad de los pozos superficiales –los que conectaban con el exterior- y la construcción de las galerías generales. En cuanto al primero, se trataba de imprimir a los pozos superficiales un avance en profundidad paralelo al de los sitios de excavación, lo que permitiría la extracción del mineral por medio de malacates de mulas sin apenas recurso a los tornos. Por lo que refiere a la segunda, bastaría con dotar a las galerías generales de un piso regular que permitiese la circulación fluida de carretillas.

A título comparativo, conviene tener presente que las propuestas de Betancourt (1783b) casi coinciden temporalmente con la primera aplicación del vapor a la extracción de mineral en una mina de Newcastle en 1784<sup>85</sup> y que los carriles de hierro para vagonetas se venían empleando desde la primera mitad del siglo XVIII<sup>86</sup>.

Pocos años después de la visita de Betancourt, algunas cosas habían cambiado gracias a innovaciones sencillas pero eficaces a la hora de reducir los requerimientos de trabajo y el coste de la extracción de mineral. Por un

---

<sup>85</sup> Lilley, 1973, p. 100.

<sup>86</sup> Derry y Williams, 1980, vol. 2, p. 550.

lado, ambas minas fueron puestas en comunicación a gran profundidad, lo que permitió que todo el mineral saliese a la superficie a través del Pozo de San Teodoro, que, a su vez, había ganado en profundidad relativa y absoluta. Por otro lado, en algún momento anterior a 1792, año de cese de Hoppensack, último director alemán de las Minas, se introdujeron las carretillas de mano, si bien no desplazaron totalmente al *"trecheo"* en los desplazamientos horizontales del mineral. Bernáldez y Rúa (1861) atribuyen también a este Director la construcción de coladeros entre la obras de fortificación de los entresijos por los que se dejaba caer el mineral a las galerías de transporte que corrían por debajo de algunos sitios de excavación.<sup>87</sup> En 1791, entró en funcionamiento en las inmediaciones del brocal del Pozo de San Teodoro un "maquinillo" o grúa para cargar las carretas que transportaban el mineral desde la bocamina al "Cerco de fundición"<sup>88</sup>.

Hacia 1828, la extracción de mineral parecía haber ganado en eficiencia técnica y económica gracias a las ventajas que se derivaban de la plena aplicación ya de los principios del sistema de laboreo de Larrañaga.<sup>89</sup> El Pozo de San Teodoro se comunicaba ya con todos los pisos en explotación. Desde los sitios de excavación, el mineral realizaba un primer desplazamiento horizontal mediante *"trecheo"*. Dependiendo de la ubicación de los sitios de excavación respecto a las galerías generales de transporte de cada piso, el mineral era elevado al piso superior mediante tornos o echado por los coladeros al piso inferior. Una vez en la galería general de transporte, el mineral era transportado en carretillas hasta la cortadura del Pozo de San Teodoro y se cargaba en grandes espuestas de 50 arrobas de peso. Estas eran elevadas a la superficie por el malacate, del que ahora tiraban ya ocho mulas. Para aliviar el esfuerzo -las minas contaban ya con ocho pisos, el último de los cuales distaba casi 225 metros de la superficie- que realizaban estos animales, al igual que en el pasado, mientras ascendía una espuesta, otra, cargada con herramientas y materiales hacía el trayecto en sentido inverso.

---

<sup>87</sup> Bernáldez y Rúa, 1861, p. 61.

<sup>88</sup> En 1799, se evaluó en 50.000 reales de vellón anuales el ahorro debido a la grúa, cuya construcción fue muy positivamente enjuiciada (A. H. N., Minas de Almadén, Leg 1275). Su instalación corrió a cargo también de Pérez Estala.

<sup>89</sup> Caravantes, 1828, s. p.

Ahora bien, la memoria del ingeniero Lucas de Aldana, citada en Madoz (1849), incluye no pocas críticas a la forma en que se realizaban la extracción por entonces. En primer lugar, el "*trecheo*" podía ser más común de los que Caravantes (1828) dejaría traslucir<sup>90</sup>. En segundo lugar, la productividad de los "carreros" (carretilleros) de Almadén era menor que la de los de otras minas europeas: poco más de una cuarta parte y de un tercio de la calculada para los de Hungría y Sajonia, respectivamente.<sup>91</sup> Parcialmente, la diferencia podía atribuirse a la superioridad de las carretillas sajonas, que habían empezado ya ser imitadas en Almadén.<sup>92</sup> En tercer lugar, la eficacia del malacate se veía afectada también por los rendimientos decrecientes característicos de la minería subterránea: la continua profundización de las labores implicaba una progresiva reducción de la cantidad de mineral extraída, al tiempo que aumentaba el coste de compra, mantenimiento, etc., del creciente número de mulas necesario para accionarlo.<sup>93</sup> A la vista de la previsiblemente imparable profundización de las minas, el coste y la lentitud del servicio prestado por el malacate aconsejaban su inmediata sustitución por una máquina de vapor. En el exterior, el transporte en carretas de bueyes del mineral desde la bocamina a los hornos de fundición podía suplirse con éxito un plano inclinado por el que circularan, aprovechando el desnivel existente entre el "Cerco de San Teodoro" y el "Cerco de Fundición", vagonetas sobre carriles de hierro a

---

<sup>90</sup> El uso de carretillas (tres arrobas de peso y ocho de carga útil) exigía que las galerías de transporte estuviesen acondicionadas a tal efecto. Pero transcurría un tiempo entre los inicios de los trabajos tendentes a la formación de un piso y la habilitación de la galería de transporte para la circulación de carretillas. Mientras tanto, como ocurría a mediados de la década de 1840, se imponía el recurso al "*trecheo*", a veces a larga distancia.

<sup>91</sup> Madoz, 1849, p. 28.

<sup>92</sup> A nuestro juicio, es muy probable que el estado físico de los "*carreros*" de Almadén, resultante de una alimentación seguramente más pobre y de una generalizada morbilidad profesional incapacitante en mayor o menor medida, no sea independiente de la diferencia de productividad observada.

<sup>93</sup> Desde el noveno piso, a poco más de 250 metros de profundidad, el malacate, cuyas ocho mulas se sustituían cada tres horas, efectuaba habitualmente cuatro "*tiradas*" diarias, que totalizaban 800 arrobas de mineral. Las "*tiradas*" desde el sexto piso, unos 70 metros más cercano a la superficie que el noveno, elevaban 1.250 arrobas diarias. Cuarenta mulas, con una corta vida útil, eran necesarias, junto a los "*mozos*" (muleros) que las atendían, para asegurar el funcionamiento del malacate. Otros coste imputables al malacate encarecían adicionalmente la extracción del mineral. Madoz, 1849, p. 31.

imitación de los que se habían adoptado, en algún caso, como es sabido, largo tiempo atrás, en algunas explotaciones mineras del extranjero.<sup>94</sup>

En esencia, el modelo propuesto por Aldana es el que defenderán también todos los textos de mediados del siglo XIX [Mejoras (1848), Sánchez Molero (1857) y Bernáldez y Rúa (1861)]: hierro y vapor en sustitución de "*fuera de sangre*". Los costes de las diversas reformas propuestas resultan tan pequeños en relación a las reducciones de costes prometidas que surgen dudas acerca de la auténtica motivación del comportamiento de los directivos del Establecimiento en Almadén y/o de sus responsables máximos en Madrid. Sorprendentemente, la irrupción del maquinismo a gran escala aun se haría esperar hasta comienzos de la década de 1870.

Tanto Sánchez Molero (1857) como Bernáldez y Rúa (1861) mostraron su preocupación por mecanizar una actividad que hasta ahora se ha pasado por alto y que el primero de los autores citados asociaba funcionalmente a la extracción de mineral en su proyecto de reforma del Establecimiento. Se trata de los desplazamientos de los trabajadores por pozos y galerías a la entrada y salida de su jornada laboral. Desde largo tiempo atrás, los trabajadores venían entrando por el pozo superficial de San Aquilino, que llegaba hasta el quinto piso, y continuaban su descenso a través de otros pozos. Resulta obvio que el doble desplazamiento cotidiano de los trabajadores entre la superficie y los puestos de trabajo exigía esfuerzos considerables y que éstos tendían a aumentar a medida que las minas ganaban en profundidad.<sup>95</sup> A comienzos de la segunda mitad del siglo XIX, se calculaba que entre un cuarto y un sexto de las seis horas de trabajo establecidas se empleaba en la bajada y la subida. Varias eran las consecuencias de esta alta exigencia en tiempo y esfuerzo: reducción de la productividad del trabajo a consecuencia de la progresiva disminución del

---

<sup>94</sup> *Ibidem*, pp. 30 y 31.

<sup>95</sup> Algunos de los trabajadores de interior necesitaban herramientas, lo que hacía aun más fatigoso el desplazamiento de los trabajadores por pozos y galerías. Los barrenos, por ejemplo, además de otras herramientas, necesitaban de 20 a 25 barrenas de más de tres libras de peso unitario en cada entrada. Una solución parcial adoptada en 1802 fue la construcción en los pisos sexto y octavo de sendos depósitos de herramientas para reducir el peso de la carga transportada hasta entonces por los trabajadores desde la superficie. Más tarde, cada piso en explotación contaba con un "*cuarto de herramientas*", lo que no estaba exento de costes (transporte, vigilancia, contabilización, etc.)

tiempo de trabajo útil de cada jornada laboral y de la energía disponible por el trabajador.<sup>96</sup> Además, por lo que se refiere a la conservación de la fuerza de trabajo, el prolongado y fatigoso trayecto por vías de comunicación interiores mal ventiladas o recorridas por fuertes corrientes de aire era considerado una de las causas principales de la generalizada morbilidad de origen profesional entre los mineros. Y ello tanto a finales de la década de 1770<sup>97</sup> como a mediados del siglo XIX<sup>98</sup>. Especialmente antes de la sustitución del descenso o ascenso mediante tornos a cuyo cintero se ataba el trabajador por escaleras adosadas a las paredes de los pozos con descansillos en forma de entablado cada ocho o diez varas, los desplazamientos entre la superficie y los puestos de trabajo eran causa habitual de accidentes.<sup>99</sup> Finalmente, la construcción, reparación y renovación de las escaleras suponía gastos cuantiosos.

Bernáldez y Rúa (1861) calcularon que sólo la pérdida de tiempo de trabajo atribuible a la bajada y subida de los trabajadores destinados al interior de las minas equivalía a unos 280.000 reales de vellón al año, esto es, algo más del 5% del gasto salarial de las Minas entre 1833 y 1852.<sup>100</sup> El cálculo de Sánchez Molero (1857) arroja resultados muy parecidos: 250.000 reales.<sup>101</sup> La mecanización de los desplazamientos verticales de los trabajadores, gracias a algunos de los medios técnicos ya disponibles por entonces, permitiría la desaparición de unos costes que tal vez se han

---

<sup>96</sup> *"La cantidad de trabajo que puede desplegar un trabajador en una entrada de mina es evidentemente limitada; así, cuando una parte de aquella es absorbida en el ascenso a la superficie y descenso a las labores, debe naturalmente disminuir la aplicada a las faenas en que se invierta, traduciéndose esta pérdida en un costo mayor para la mano de obra."* Bernáldez y Rúa, 1861, p. 221.

<sup>97</sup> Así lo describía el médico Parés: *"Pasan cada instante de un sitio cálido, en que se abren los poros, a otro frío, en que se obturan y constipan los mismo. suben con violencia muchas cuestras, o cañas agrias [galerías con cierta inclinación más tarde desaparecidas], y muy pendientes, con cuya sola agitación y forzada dirección con que reciban el ambiente se fatiga y lastima el pulmón."* Parés, 1778, fol 15.

<sup>98</sup> *"Esta fatiga que en todos casos es muy perniciosa a la salud, tiene en Almadén peores consecuencias, porque aun antes de emprender los hombres su trabajo se encuentran ya predispuestos a percibir las emociones o vapores mercuriales."* Sánchez Molero, 1857, p. 667.

<sup>99</sup> *"¡Cuántas desdichas padecen estos operarios en este primer paso de entrada a nuestras minas! Unas veces se rompe la maroma, otras se dispara el huso y otras la misma escalera se desclavó; y se ven los que andan tan peligroso camino llegar rodando a lo más profundo con heridas de mucha gravedad y contusiones mortales, si no llegan muertos ya, hechos pedazos sus cuerpos infelices, sin tiempo para recibir el sacramento de extremaunción."* Parés, 1778, fol. 12 v.

<sup>100</sup> Bernáldez y Rúa, 1861, p. 221.

<sup>101</sup> Sánchez Molero, 1857, p. 667.

infravaluado. La estimación de Bernáldez y Rúa (1861) no incluye la presión al alza sobre los salarios de los barreneros, que se incrementaban en función de la profundidad del sitio de excavación en repuesta parcial -la peor ventilación a mayor profundidad también se reflejaba en la retribución- al mayor esfuerzo requerido para llegar hasta ellos o para retornar a la superficie. Ninguna de las dos estimaciones contempla la repercusión de la morbilidad y la siniestralidad imputable a la bajada y subida de los trabajadores sobre los costes de reproducción de la fuerza de trabajo asumidos por el Establecimiento (Hospital, "peonaje", pensiones y limosnas, etc.). También en este caso, la mecanización se haría esperar por algún tiempo todavía.

Tras este repaso a las técnicas empleadas en alguna de las principales actividades desarrolladas en las minas, nos ocuparemos brevemente de otras tres (la excavación, la fortificación y la ventilación) así como del sistema global de laboreo del yacimiento en que se integraban todas ellas.

Siguiendo a Combes, Bernáldez y Rúa (1861) establecían siete condiciones que debería reunir un sistema de laboreo satisfactorio. Una de ellas era la de *"procurar una ventilación activa de todos los puntos donde hayan de permanecer o por donde tengan que transitar los trabajadores"*.<sup>102</sup> Más enfático era Ezquerro (1839), para quien *"hacer habitables las excavaciones es la parte más interesante del laboreo de minas, y la que más debe fijar la atención y la filantropía de los ingenieros"*.<sup>103</sup> Una ventilación adecuada resultaba, pues, necesaria en toda explotación minera. Pero, en Almadén, esa condición que todo sistema de laboreo debería cumplir adoptaba la forma de exigencia imperiosa. Y, como podremos comprobar, no sólo por razones humanitarias.

La razón, o, más bien, la combinación de razones, para ello siempre fue bien conocida, como prueba el siguiente texto, redactado en 1778 por el Director de las Minas:

*"...; y siendo estas [minas] más [perniciosas] que ningunas: lo uno por su naturaleza, pues el Mercurio es como un veneno para el hombre, enemigo de los Nervios, Tendones y Huesos; lo segundo por*

---

<sup>102</sup> Bernáldez y Rúa, 1861, p. 160.

<sup>103</sup> Ezquerro, 1839, p. 303.

*la aceleración de los trabajos para hacer las continuas sacas que manda S. M. no teniendo al presente más minas que nos puedan ayuda, y los sitios de disfrute [excavación de mineral] de ellas de mucha variedad, y corta longitud, los cuales tendrán que andar todos a un tiempo,..., y de tanta multitud de gente que se tiene que emplear en un mismo sitio,...; se presenta los sitios, o Destajos de Metal como un hormiguero, de lo que resulta,..., el mayor daño del Mineraje, lo primero por el calor del mismo sitio, porque le falta la suficiente ventilación, y lo segundo por la fermentación de las respiraciones de ellos, el humo del Aceite de los candiles, y los polvos que se levantan con tantas operaciones, llenos de todas las materias Minerálicas, mezclados con las partículas más imperceptibles de Azogue, los que tiene que tragar el Minero, aunque no quiera, por la respiración natural de la boca, y nariz, de lo que, y no de otra causa, proceden los efectos paráliticos, que impiden el habla, la modorrera, el temblor, cámaras frecuentes, caer los dientes, las sequedades y encogimientos de Nervios, y Tendones, dolores de huesos, etc. como se experimenta continuamente en estas Minas."<sup>104</sup>*

La desafortunada combinación entre la especial toxicidad del mercurio y sus propiedades físicas (facilidad de paso al estado gaseoso y elevado peso específico), la riqueza del yacimiento y sus reducidas dimensiones, el más bien cálido clima local y un elevado nivel de actividad hacía que, muchas décadas más tarde, se siguiese afirmando que, en Almadén, "los malos efectos sobre la salud de los operarios son mayores que en ninguna otra mina del mundo".<sup>105</sup>

Pero junto a razones poderosas razones de índole natural, hay que señalar otra en nada atribuible a factores ajenos a la esfera de influencia de los directivos de las Minas. Esta no es otra que la escasa atención y los limitados recursos con que se abordó la solución a un problema estructural de las Minas cuyas consecuencias negativas desde muy diversos puntos de vista resulta difícil exagerar. La insuficiencia de la ventilación era reconocida

---

<sup>104</sup> A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 48.

<sup>105</sup> Ezquerro, 1839, p. 316.

ya tanto por el Superintendente Soler en 1774<sup>106</sup> como por el Director Hoppensack algunos años más tarde<sup>107</sup>. Siguió siéndolo por todos los autores de mediados del siglo XIX. El anónimo autor de Mejoras (1848)<sup>108</sup>, al igual que Sánchez Molero (1858)<sup>109</sup> o Bernáldez y Rúa (1861)<sup>110</sup>, insistieron en que, al margen de consideraciones filantrópicas, la deficiente ventilación de las minas tenía consecuencias económicas muy negativas que debían, y podían, ser aminoradas: internalización de una parte significativa de los gastos de reproducción de la fuerza de trabajo (Hospital, "peonaje", pensiones y limosnas, etc.), limitación del número y de la duración de las jornadas de trabajo, alta remuneración por día de trabajo, baja productividad por trabajador, altos costes laborales por unidad de producto y plantilla comparativamente abultada.<sup>111</sup>

Pese a sus graves consecuencias, en Almadén, algunos defectos estructurales del sistema de ventilación nunca encontraron una solución satisfactoria. Uno de ellos era el escaso desnivel existente entre los brocales de los pozos por los que circulaba la corriente de aire que ventilaba las minas. Otro, bastante llamativo se diría, consistía en que el pozo maestro de San Teodoro, en torno al cual y en cuyo brocal se ocupaban hombres y mulas, constituía la salida natural al exterior del aire durante el verano. Para evitar los efectos perniciosos de esa corriente, cargada, entre otras cosas,

---

<sup>106</sup> *"desde la venida de los Alemanes con el aumento de tornos [pozos] y respiraderos se ha procurado más comodidad para trabajar en las labores...; pero lo cierto es que estos auxilios no alcanzan a evitar enteramente el daño, porque hay muchos sitios...donde es muy corta la ventilación,"* A. H. N., Minas de Almadén, Leg 762.

<sup>107</sup> *"La ventilación de estas minas es sumamente escasa, y se ha tenido poco cuidado en conseguir este beneficio; y de ahí procede ser en su interior el aire tan pesado y nocivo, que matan al hombre más robusto;"* Hoppensack, citado en Larruga, 1792, p. 221.

<sup>108</sup> *"Los perniciosos y gravísimos efectos que sobre la salud de los trabajadores ejercen los vapores mercuriales, encarecen notablemente los diferentes trabajos de estas minas,"* Mejoras, 1848, p. 73.

<sup>109</sup> *"la ventilación en el día está muy lejos de ser lo perfecta que debiera para disminuir todo lo posible los perniciosos efectos de las emanaciones mercuriales sobre la economía animal, y que por lo tanto conviene mejorarla hasta el grado de mayor perfección, no sólo por lo que la humanidad exige, sino también para castigar los gastos que se originan a consecuencia de lo que padece la salud de los obreros en el trabajo de este tipo de minas."* Sánchez Molero, 1858, p. 19.

<sup>110</sup> *"cualquier medida que tienda a mejorarla será altamente beneficiosa bajo el punto de vista humanitario y bajo el de la economía que reportará a la Hacienda."* Bernáldez y Rúa, 1861, p. 185.

<sup>111</sup> Ezquerro (1839), Estadística Minera (1840), Prado (1846), Madoz (1849), Bernáldez y Rúa (1861) y Papeles privados.

de mercurio en estado gaseoso, sobre seres vivos y objetos inanimados (cintero del malacate, componentes de madera de la máquina de vapor y de la fortificación del pozo, etc.) era necesario invertirla tapando los restantes pozos superficiales, excepto uno, a cuyo pie se encendía un fuego que la activaba. La corriente así lograda difícilmente bastaba a las necesidades de ventilación de un rico yacimiento de mercurio en una zona cálida.

Las mejoras estructurales de amplio alcance (reordenación de pozos superficiales o traslado del pozo maestro a otro de ellos, por ejemplo) necesarias para activar la ventilación de las minas, costosas y de larga duración, nunca fueron prioritarias sino que se subordinaban a otros objetivos. Más sorprendente resulta que medios más sencillos y de menor coste (construcción de chimeneas sobre el brocal de los pozos superficiales o separación en dos secciones de las galerías con salida al exterior mediante un muro) tampoco fueran puestos en práctica. Gracias a Ezquerro (1839), sabemos que existían también otros ingenios (ventiladores de Hartz o de tambor, trompas hidráulicas, etc.) de bajo precio y utilización flexible que nunca fueron empleados. De nuevo a efectos comparativos, el vapor había sido aplicado a la ventilación de minas por primera vez alrededor de 1830.<sup>112</sup>

Incluso si prescindimos de cualquier consideración acerca del sufrimiento humano evitable, la abultada factura que la mala ventilación pasaba al Establecimiento hace dudar de la racionalidad estrictamente económica, incluso en sentido lato, de sus directivos. Dejando para más adelante algún comentario adicional y un intento de explicación integrada del retraso con que algunas de las tecnologías más avanzadas disponibles eran adoptadas en Almadén, concluiremos este repaso a los aspectos más destacados de la ventilación señalando que todavía a comienzos de la década de 1920 la ventilación seguía siendo deficiente, si bien el hidrargirismo estaba mucho menos extendido y presentaba una menor gravedad que tiempo atrás.<sup>113</sup>

Así, a la conclusión del período aquí estudiado, el perfil temporal de la producción de mineral seguía –véase Gráfico IV.1– presentando una marcada estacional. Esta estaba, a su vez, relacionada con el extraordinario

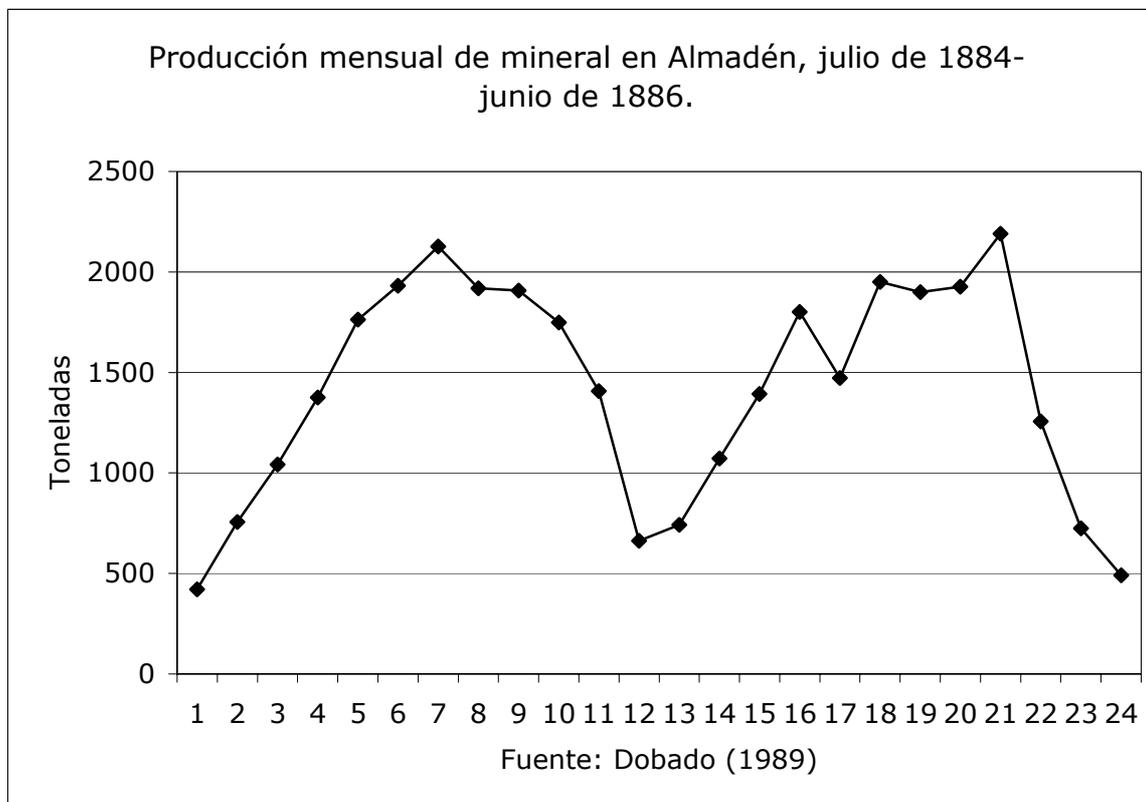
---

<sup>112</sup> Derry y Williams, 1980, vol. 2, p. 689.

<sup>113</sup> Sánchez Martín, 1924.

empeoramiento de las condiciones de salubridad de las minas durante el verano a causa de la mala ventilación.

Gráfico IV.1



Al igual que en el desagüe, la extracción de mineral o la ventilación, el "período alemán" vino acompañado de cambios en la fortificación de las minas. Ésta perseguía el objetivo de *"asegurar las labores y la vida de los que la obran"*.<sup>114</sup> Las novedades introducidas en la entibación tras el incendio se tradujeron principalmente en un aumento de la seguridad interior y en una mayor garantía de viabilidad de la explotación a largo plazo –véanse las ilustraciones 6 y 7. Si bien el Director Hoppensack fue crítico con la cualificación profesional de los entibadores españoles<sup>115</sup>, no parece que la posible carencia por parte de éstos de conocimientos técnicos suficientes crease problemas insuperables en la realización de las obras de

<sup>114</sup> Hoppensack, 1793, s. p.

<sup>115</sup> "En estas minas, no se ven usar la sierra de mano, serrucho, ni cuchillo haciendo con el hacha todas las labores desperdiciando no sólo madera mas tiempo inútilmente." *Ibidem*.

entibación.<sup>116</sup> Aunque seguramente sí pudo encarecer los costes de la fortificación con madera y contribuir a la escasez del recurso natural empleado en la enmaderación de las minas.

Desperdiciada o no por los trabajadores de las cuadrillas de entibación (un entibador, un ayudante y un "operario"), las Minas consumían madera en grande cantidades. Hacia finales del siglo XVIII, existían problemas de abastecimiento. En 1795, el Superintendente del Establecimiento informaba a Madrid del "*estado deplorable*" en que se encontraban los montes y dehesas consignados al servicio de las minas<sup>117</sup> y de la "*escasez de maderas*"<sup>118</sup>. Las referencias al "*desorden*" se repiten en 1799.<sup>119</sup> Todo parece indicar que los habitantes de las 201 villas y aldeas comprendidas en la demarcación sobre la que el Superintendente de Almadén ejercía la jurisdicción privativa en materia forestal incumplían la normativa dictada a fin de garantizar el abastecimiento de madera a las Minas. Y es que, por entonces, el sistema de laboreo mostraba una creciente inadecuación a los criaderos y a los recursos forestales disponibles en el entorno próximo. Entre 1791 y 1800 se llevaron a cabo talas de un volumen probablemente nunca antes igualado.<sup>120</sup> Durante ese decenio, se cortaron 56.000 "*pies de árboles mayores*" , de los que se obtuvo madera de roble y encina por un peso de casi 900.000 arrobas, y unos 132.000 "*pies menores*", de los que se obtuvieron otras 440.000 arrobas de materia prima para las obras de entibación provisionales y definitivas de las minas.<sup>121</sup>

Así, consumo creciente de madera que parece coincidir con una contestación a la normativa reguladora de la zona consignada a las Minas. Por otra parte, ante la creciente anchura de los criaderos a niveles cada vez más profundos, la fortificación definitiva de las minas tropezaba con el grave problema representado por encontrar la madera de dimensiones y

---

<sup>116</sup> En una época posterior, mientras que Ezquerro (1839) alabó la cualificación de los entibadores de Almadén, Bernáldez y Rúa (1861) se mostraron muy críticos.

<sup>117</sup> Entre las atribuciones del Superintendente de las Minas durante el Antiguo Régimen figuraba la de Juez Conservador y Privativo de los montes y dehesas comprendidos, a finales del siglo XVIII, en un radio de 14 leguas en torno a Almadén. Figuraban entre sus funciones la vigilancia y conservación del arbolado y la concesión de licencias de corta, roza, etc.

<sup>118</sup> A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 1567.

<sup>119</sup> *Ibidem*.

<sup>120</sup> La tala efectuada en 1799 fue calificada de "*la más crecida que se haya conocido*". *Ibidem*.

<sup>121</sup> *Ibidem*.

resistencia necesarias para soportar las presiones laterales.<sup>122</sup> La poco satisfactoria solución adoptada consistió en ir dejando grandes "llaves" de mineral, que nunca sería explotado, a fin de garantizar unos mínimos imprescindibles de seguridad interior. Es en este contexto en el que tiene lugar la innovación representada por la sustitución de madera por mampostería en la fortificación definitiva de las minas. Un cambio que obedece antes a la imposibilidad física de continuar con la técnica anteriormente usada que a su diferencial de precios respecto a una alternativa viable.<sup>123</sup> La fortificación con mampostería, aunque no originaria ni exclusiva de Almadén, sí alcanzó aquí un desarrollo desconocido en otras minas europeas, por lo que cabe considerarla una innovación técnica que debe mucho a la capacidad tecnológica autóctona. Hay que señalar también que la fortificación con mampostería se adaptaba mejor a la dotación local de recursos naturales que la entibación.

Según Bernáldez y Rúa (1861), el uso de arcos de mampostería había comenzado hacia 1790. Los primeros resultados fueron preocupantes.<sup>124</sup> La solución definitiva no tardaría en llegar. Y lo haría de la mano del sistema de laboreo Larrañaga, implantado en 1802-1804 y sobre el que en breve volveremos, que hacía un uso intensivo de arcos y muros de mampostería como elementos básicos de la fortificación definitiva –véanse ilustraciones 7 y 8.

A partir de entonces, la entibación dejó de desempeñar el decisivo papel que hasta entonces le había correspondido en la seguridad de las

---

<sup>122</sup> "...; y la experiencia debió manifestar bien pronto cuán insuficiente era para defender por largo tiempo de ruina aquellas grandes anchuras, el método de fortificación con maderas que generalmente se usa en las minas: cuán difícil encontrar palos de la longitud y diámetro necesarios en suficiente cantidad, y cuán trabajoso en fin, por no decir imposible el renovarlos a medida que se fuesen deteriorando." Informe, fechado el 22 de octubre de 1794, de Tomás de Angulo, Director de las Minas entre 1795 y 1799, citado en Bernáldez y Rúa, 1861, p. 65.

<sup>123</sup> La gran tala de 1799 comportó unos desembolsos exiguos (27.000 reales de vellón) comparados con el gasto total de las Minas de 1798-1799 (5,5 millones). Casi con toda seguridad no se han computado todos los gastos en concepto de corta y transporte, por haberse usados medios materiales y humanos adscritos habitualmente a otras tareas, o de vigilancia, etc. Pero incluso así no parece que la obtención de madera supusiese un gran esfuerzo económico para las Minas.

<sup>124</sup> "Mas, bien fuese por la mala construcción de las obras,..., bien que para su establecimiento se despreciasen sus relaciones de posición en el intrincado laberinto de aquellos trabajos, lo cierto es que muchos de estos arcos hicieron gran sentimiento, otros se abrieron considerablemente y algunos llegaron a hundirse ocasionando lamentables desgracias y dando origen al rumor, intencional o fundado, de la inmediata ruina de aquellas explotaciones." Bernáldez y Rúa, 1861, p. 64.

minas, quedando limitada a la fortificación provisional de los sitios de excavación y de las "reservas de mineral" –véase figura 121 de la Ilustración 8-, a ciertas vías de tránsito y a los pozos. El consumo de madera no permaneció insensible a los cambios operados en la fortificación de las minas: a finales de la década de 1820 se cifraban las necesidades anuales en 550 piezas de encina y 2.250 de roble<sup>125</sup>; 4.400 y 2.700 son, respectivamente, el número de piezas obtenido en promedio en las talas del quinquenio 1796-1800.<sup>126</sup>

Paralelamente al ascenso del ladrillo, la piedra arenisca de cantera y el mortero como materias primas de la fortificación en detrimento de la madera, tuvo lugar la de una categoría laboral que hasta entonces apenas había tenido papel alguno en las minas. Se trata de los alarifes, o albañiles ocupados en la construcción de los arcos y los macizos que conformaban la obras de fortificación definitiva con mampostería, a los que se exigía no sólo la cualificación profesional ordinaria sino también aritmética y geometría. Su labor fue encomiada en *Apuntes* (1854) y por Bernáldez y Rúa (1861).

En abierto contraste con el papel relativamente secundario, en lo que a la seguridad de las minas se refiere, de la entibación respecto a la fortificación con mampostería, el coste salarial de la primera de ellas se mantuvo muy por encima del de la segunda entre 1833 y 1852: 431.301 reales de vellón anuales frente a 221.853, respectivamente.<sup>127</sup> A ello contribuía en no poca medida que los entibadores y sus ayudantes mantuvieron la posición relativamente favorable como "empleados" que habían logrado ya en la segunda mitad del siglo XVIII, en plena "falta de gente", mientras que el estatus laboral de los alarifes, que surge *ex novo* en la fase de transición hacia la "plétora de brazos", permaneció siempre dentro de la condición de "jornalero". De hecho, a mediados del siglo XIX, eran pagados a destajo y no ocupaban una posición semejante a la de los entibadores y sus ayudantes en la carrera profesional que conducía hasta la entrada en el "ramo práctico". No es extraño, pues, que Bernáldez y Rúa (1861) propugnasen la extensión de la fortificación con mampostería

---

<sup>125</sup> Caravantes, 1828, s. p.

<sup>126</sup> A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 1567. Se comprende así que la drástica reducción experimentada por la superficie forestal al servicio de las Minas tras la abolición definitiva del Antiguo Régimen no diese lugar a problemas de abastecimiento de madera.

<sup>127</sup> Bernáldez y Rúa, 1861, Apéndice Estadístico.

siempre que fuese materialmente posible, como lo era, por ejemplo, en el caso de las "reservas" de mineral.

Esta "reservas" eran una consecuencia de la aplicación del sistema de laboreo formulado y puesto, a partir de 1802, en práctica por el Director Larrañaga y que seguía regulando globalmente la explotación de los criaderos de Almadén hasta el siglo XX. Este sistema de laboreo, algunas de cuyos principios fundamentales habían esbozados previamente por su predecesor Angulo en 1794, es ilustrativo de la compleja historia técnica de las Minas, pues, junto a claros ejemplos de atraso técnico difícilmente explicables, como el desagüe durante algunos subperíodos y la ventilación siempre, encontramos una capacidad de innovación indiscutible. El sistema de Larrañaga incorporaba conocimientos de laboreo de minas de muy variada procedencia: los heredados de los directivos y técnicos alemanes establecidos en Almadén durante décadas -el standard técnico centroeuropeo de mediados del siglo XVIII-, los adquiridos durante su estancia en el extranjero antes de ser nombrado Director en 1802 -los saberes punta en la Europa Central del momento- y los transmitidos a través de la experiencia autóctona. Esta última influencia no debe minimizarse, ya que el sistema de laboreo de Larrañaga parece haber estado especialmente bien adaptado a las características peculiares del yacimiento de Almadén<sup>128</sup> y apartarse en no poca medida de la tradición minera europea<sup>129</sup>. Gracias al sistema de laboreo de Larrañaga pudieron superarse los serios obstáculos a la viabilidad a largo plazo de la explotación representados por la creciente anchura de los criaderos y por la falta de madera apropiada para su fortificación definitiva en el entorno próximo de Almadén. Las consecuencias de una prolongada interrupción de las labores subterráneas sobre el futuro de la explotación (inundaciones, hundimientos, etc.) habrían sido muy graves. No menos serias lo habrían sido sobre las maltrechas finanzas de la Corona.

---

<sup>128</sup> *"Es una labor muy bien entendida y adecuada a las circunstancias particulares de aquel criadero; los extranjeros no la tienen, y en España tampoco hay muchos que la conozcan;"* Ezquerria del Bayo, 1839, p. 222.

<sup>129</sup> *"...; inconvenientes [del sistema de laboreo propuesto por Bielfeld] que no debieron ocultarse al claro entendimiento de nuestro tan malogrado como distinguido Ingeniero D. Diego de Larrañaga, a cuyo celo, a cuya inteligencia se debe el sistema actual de laboreo, notable por la época en que fue establecido, y en pugna abierta con los hijos clásicos de la minería europea."* Bernáldez y Rúa, 1861, p. 30.

Sin embargo, la sustancial aportación de Larrañaga al Establecimiento y a la Hacienda Real, así como haberse distinguido también especialmente más tarde *"prestando señalados servicios durante la invasión francesa, en 1810, durante la cual supo defender la mina, sin graves interrupciones"* no le evitaron la acusación de afrancesado y su destitución en 1813.<sup>130</sup>

Siguiendo a Bernáldez y Rúa (1861), los aspectos fundamentales del sistema de Larrañaga pueden describirse a partir de la distinción entre labores preparatorias y etapas, tres, posteriores. Las primeras consistían en la excavación de: a) uno o varios pozos (*"profundidades"*) desde un determinado piso hasta, unos 22-25 metros más abajo, el nivel del piso todavía no formado; y b) una galería que, iniciada en la cortadura del Pozo de San Teodoro al nivel del futuro piso inferior, llegaba a conectar con los criaderos y a cruzarlos y que se comunicaba con los pozos antes citados. Más tarde, otras galerías podían extender la red de comunicaciones horizontales.

La primera de las tres etapas sucesivas del sistema de Larrañaga consistía en el arranque de la faja central -unos dos metros de anchura- de los criaderos en el sentido de su dirección. Para ello se partía de los pozos excavados como labor preparatoria, ya fuese desde el piso superior -labor en bancos hacia abajo- o ya también desde la galería -labor en testeros hacia arriba- que, proveniente del Pozo de San Teodoro, formaría el piso inferior -véanse las figuras 110-113 de la Ilustración 9-, y se avanzaba a izquierda y derecha de los mismos. Mientras tanto se iban fortificando provisionalmente las excavaciones mediante la colocación de líneas horizontales de maderos, que, ocasionalmente, a fin de permitir el tránsito a lo largo de ellas, formaban encamaciones<sup>131</sup> -véase la Figura 101 de la Ilustración 9- o, más raramente, mediante arcos de mampostería que, cargados con un muro de uno o dos metros de altura, se empotraban más tarde en los arcos definitivos o fundamentales. Esta etapa concluía cuando se había extraído todo el mineral contenido en cada faja central, cuya longitud equivalía a la de los respectivos criaderos.

---

<sup>130</sup> Zarraluqui, 1934, p. 457.

<sup>131</sup> *"Entibación hecha con ademes [maderos de entibación] delgados, unos junto a otros, dispuestos a lo largo de las excavaciones."* Diccionario de la lengua española, RAE, 1970.

A fin de acelerar la producción de mineral y evitar los inconvenientes técnicos y económicos de la multiplicación de obras de fortificación provisionales, el inicio de la segunda etapa precedía a la conclusión de la primera. A tres o cuatro metros por encima o por debajo del nivel de la galería preparatoria se comenzaban unas excavaciones transversales de tres y medio metros de ancho (traviesas) que finalizaban en los respaldos de los criaderos -veáanse las figuras 117 y 118 de la Ilustración 8. Entre cada dos traviesas se dejaba una columna de mineral de otros tres metros y medio de anchura. Además de para la obtención de mineral, las traviesas servían para la construcción de los arcos de fortificación definitivos que, dependiendo de su posición respecto a la galería preparatoria, constituirían el cielo o el piso de las galerías principales. Sobre esos arcos se levantaban macizos de mampostería que acabarían recibiendo los arcos del piso superior y entre los que se dejaban, a diferentes alturas, "*boquetes de paso*" -véase Figura 120 de la Ilustración 8- para circular a través de los cuales se construían encamaciones de macizo en macizo. Al tiempo que éstos iban ganando en altura y se excavaba el mineral de las traviesas, se iban desmontando las obras de entibación provisional de la faja central de los tres criaderos. Por tanto, en esta segunda etapa progresaban simultáneamente la excavación parcial del mineral que formaba los lienzos laterales dejados temporalmente a ambos lados de la faja central y la construcción de algunos elementos fundamentales de la fortificación definitiva con mampostería de las minas.

La tercera etapa tenía como objeto la explotación de las ya mencionadas "*reservas*" -véase Figura 121 de la Ilustración 8. A mediados del siglo XIX, esta etapa no se había iniciado todavía<sup>132</sup> o sólo de manera esporádica<sup>133</sup>, con lo que se estimaba que las "*reservas*" se elevaban ya a una tercera parte del volumen total de mineral de los criaderos. Sea cual fuese la razón<sup>134</sup>, lo cierto es que el mantenimiento de las "*reservas*" fue juzgado innecesario por Bernáldez y Rúa y por Sánchez Molero. A juicio de unos y otro, la explotación de las "*reservas*" permitiría abaratar el coste de

---

<sup>132</sup> Bernáldez y Rúa (1861).

<sup>133</sup> Prado (1846).

<sup>134</sup> "...; pero a consecuencia del silencio que el autor del sistema ha guardado sobre el arranque de estas "*reservas*" [se refieren aquí a la temprana muerte de Larrañaga]; de la dificultad de su explotación comparada con las demás labores; del abandono en que se dejaron bajo el pretexto de una previsión exagerada, se han llegado a mirar con un respeto religioso". Bernáldez y Rúa, 1861, p. 34.

producción, pues la parte superior de ellas estaba casi más cerca de la superficie y se evitaba la necesidad de las labores más profundas y complejas para obtener mineral, con el consiguiente abaratamiento de todas las actividades interiores, y, además, se excusarían los gastos en entibación provisional que periódicamente tenían que efectuarse.<sup>135</sup> Por otra parte, al reducir el ritmo de profundización de las minas, se aliviaban las consecuencias negativas sobre los costes salariales directos e indirectos y la productividad derivadas de la mala ventilación y del alargamiento del recorrido de los trabajadores por las minas.<sup>136</sup> Estas fundadas críticas no impidieron que, a comienzos del siglo XX, siguieran intactas las "reservas" existentes entre los pisos octavo y duodécimo, éste último el más profundo por entonces.

Así, todo parece indicar que el seguimiento incompleto del sistema de laboreo de Larrañaga entrañó un derroche innecesario de recursos naturales (madera y cinabrio) y de fuerza de trabajo que no viene explicado por el abaratamiento del producto final y que traía consigo un resultado opuesto. Y ello en momentos de aguda competencia en el mercado mundial del mercurio.

El sistema de laboreo de Larrañaga, si bien permitió un más rápido y ordenado avance de las excavaciones de mineral, dejó intacto la esencia del trabajo en esa actividad interior con la que concluimos el repaso de las técnicas aplicadas en la fase minera del proceso productivo del mercurio. La excavación de mineral, a cargo de los barrenos<sup>137</sup>, era la tarea más directamente relacionada con el nivel de producción de mercurio, la que ocupaba a un mayor número de trabajadores y, por consiguiente, la que tenía una mayor repercusión sobre los costes salariales totales (31,1% de

---

<sup>135</sup> *"conviene para hacer en parte la saca recurrir a las reservas que nos suministrarán los minerales a la boca de la mina a más bajo precio, no tan sólo por su mayor facilidad para el arranque y la proximidad a la superficie, sino también porque desaparecerá la fortificación provisional o entibación de estos sitios, que de continuo es preciso estar renovando;"* Sánchez Molero, 1857, p. 336.

<sup>136</sup> *"A medida que se deja, bajo el supuesto concepto de reservas, esta gran cantidad de minerales, las labores se extienden en profundidad con una rapidez irracional y fabulosa; los precios de los jornales crecen, las aguas aumentan, el efecto útil de los trabajadores disminuye y los gastos se desarrollan en una progresión incalculable."* Bernáldez y Rúa, 1861, p. 165.

<sup>137</sup> Más comúnmente denominados, en abierta referencia a su modalidad retributiva específica durante largo tiempo, "destajeros" en la jerga local.

media anual entre 1833 y 1852, seguida de la fortificación con el 13,2%)<sup>138</sup>. Después de 1802-1804, al igual que durante el "período alemán" precedente, se basó en la perforación de barrenos en bancos y testers excavados en los "macizos" de mineral que quedaban galerías y pozos definitivos o provisionales -véanse las figuras 110-113 de la Ilustración 6.<sup>139</sup>

Las Ordenanzas de 1735 ya detallaban la forma de ejecución del trabajo de los "destajeros": "abrir" (perforar), "cargar" (llenar con pólvora y poner una mecha), "atacar" (hacer presión al cartucho con la herramienta conocida como "atacadera") y "pegar" (encender la mecha).<sup>140</sup> Las descripciones posteriores de Parés (1785) y Ezquerro (1839) permiten constatar que ni los medios de trabajo (barrenas, agujas, "atacaderas", cartuchos, mechas, etc.) ni la labor en sí misma experimentaron modificaciones perceptibles antes de mediados de la década de 1840. En 1845 y 1846 se introdujeron dos innovaciones que redujeron la incidencia de una causa frecuente de siniestralidad grave entre los barreneros, como era la explosión incontrolada de los barrenos, con su trágica secuela en forma de ceguera, amputación de miembros o muerte. En el primero de esos años, se adoptó la sustitución del hierro por el cobre en el extremo inferior -el que tenía contacto con el cartucho de pólvora- de las "atacaderas" a fin de evitar que las chispas ocasionalmente producidas por el roce de esa herramienta con la piedra encendiese involuntariamente la pólvora.<sup>141</sup> Al año siguiente se ensayaron con éxito las mechas de seguridad Pickford, que, además de otras ventajas, hacían innecesario el uso de las

---

<sup>138</sup> *Ibidem*, Apéndice Estadístico.

<sup>139</sup> Si nuestra interpretación es correcta, la excavación mediante bancos resultaría preferible en los criaderos que contenían poca ganga, como era el caso en Almadén, pero era más exigente en términos de obras de fortificación provisional con madera. Por el contrario, la labor en testers apenas requería de encamaciones, si bien era más peligrosa a causa de los desprendimientos y, especialmente en el caso de Almadén, del aumento del mercurio y el cinabrio en suspensión.

<sup>140</sup> Durante algunos períodos se detecta la presencia, no sólo de barreneros, sino también de "ponedores" y "pegadores". Los primeros se encargaban de señalar el punto en el que debía ser perforado el barreno a fin de maximizar su efecto, mientras que los segundos sustituían al barrenero en la "pega" de los barrenos.

<sup>141</sup> Una disposición de 1796 instaba a prescindir de las agujas que no "tengan los dos tercios de cobre" (A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 1480). Caben dudas razonables de que dicha medida se pusiese en práctica.

aguas, cuya extracción de barrenos había sido, y, probablemente, continuaba siendo en mayor o menor medida causa de serios accidentes.<sup>142</sup>

La principal influencia del sistema de laboreo de Larrañaga sobre la productividad del trabajo de los barreneros parece haber consistido en una reducción de las excavaciones de pozos y galerías -de avance más lento que el de bancos y testers- en los propios criaderos o en mineral estéril frente a las de bancos y testers.<sup>143</sup> Como tendremos ocasión de comprobar, pese a la permanencia sin apenas cambios de los medios de trabajo empleados y del contenido esencial de su tarea, la simple alteración de las proporciones entre unos y otros tipos de labores de excavación podría explicar parte pero no la totalidad del aumento de la productividad de los barreneros que se registra entre mediados de la segunda mitad del siglo XVIII y del XIX. Probablemente, si la tercera etapa del sistema de Larrañaga hubiese sido puesta en práctica, el crecimiento de la productividad en las excavaciones de mineral hubiera sido aun mayor.<sup>144</sup>

Será, finalmente, a comienzos de la década de 1870 cuando el maquinismo a gran escala haga su entrada en Almadén gracias a los esfuerzos desplegados por el Director Monasterio y por su colega Oyarzabal, que le sucedería en el cargo a su muerte por asesinato. Tras dos viajes exploratorios por el extranjero, Monasterio se inclinó por la adquisición de maquinaria moderna en Bélgica<sup>145</sup>, un país con un importante sector minero por entonces. Ahora tres pozos superficiales ejercían de vías de comunicación con el interior de las minas. En cada uno de ellos se instalaron sendas máquinas de vapor. La que se emplazó en el Pozo de San Teodoro tenía a su cargo la extracción del mineral en vagonetas y la introducción de materiales y herramientas para las labores subterráneas. A

---

<sup>142</sup> *"harto conocido es ya el decrecimiento...que se ha notado [de los accidentes en los barrenos] desde la adopción de las mechas de seguridad [modelo Pickford], cuyos beneficios nunca serán debidamente ponderados."* Sánchez Aparicio, 1858, p. 767.

<sup>143</sup> En el año minero 1876-1877, la productividad física (metros cúbicos de excavación por jornada) del trabajo de los barreneros fue como sigue: testers, 0,118; bancos, 0,110; galerías, 0,062; "profundidades", 0,053 (Zuaznávar, 1880, pp. 14-15). Los costes, mayoritariamente laborales, de las excavaciones (reales de vellón/vara cúbica) en 1851-1855 fueron: testers, 101; bancos, 153; galerías, 201; "profundidades", 211 (Bernáldez y Rúa, 1861, Apéndice Estadístico).

<sup>144</sup> La Ilustración 10 muestra un corte horizontal del octavo piso explotado según el sistema de laboreo de Larrañaga.

<sup>145</sup> Zuaznávar, 1880, pp. 5-6.

esta maquina le correspondía también el desagüe de los depósitos de los pisos séptimo y noveno. El agua almacenada en esos depósitos era trasvasada mediante mangueras a unas cajas de palastro que, dentro de jaulas, eran elevadas a posteriormente a la superficie. A través del Pozo de San Miguel se procedía a la extracción de mineral estéril, a la introducción de materiales y herramientas y al desagüe del décimo piso de las minas. Para concluir con la nueva distribución de funciones entre los pozos superficiales, por el Pozo de San Andrés se efectuaba mecánicamente el transporte del personal y, ocasionalmente, extracciones e introducciones diversas. Para facilitar las operaciones interiores, se mejoró la estructura interior de pozos y galerías. Una gran galería general (200 metros de longitud, 2,4 de anchura y 2,5 de altura), a la que se asignaron funciones variadas –transporte, desagüe y ventilación–, se excavó al nivel del décimo piso. Cada cuarenta metros, una galería transversal conectaba los criaderos con la galería general, que quedaba también comunicada con los tres pozos superficiales. El transporte interior del mineral, materiales, etc, hasta, o desde, los pozos se efectuaba principalmente ahora mediante vagonetas que circulaban a lo largo de carriles de hierro de doble vía instalados en la galería general. Ya en la superficie, las vagonetas extraídas de las minas corrían por un plano inclinado hasta el nuevo taller donde el mineral era preparado mecánicamente antes de su fundición. Este taller se construyó en el "Cerco de San Teodoro" . Esta somera descripción de las novedades más llamativas permite apreciar el gran alcance del cambio técnico introducido en buena parte de las actividades, especialmente de las mineras, que conformaban el proceso productivo del mercurio en Almadén. Por primera vez en su historia, las Minas estuvieron *de facto* en la frontera tecnológica, o más cerca que nunca de ella, de la minería subterránea europea. Aunque, una vez más, con la sola excepción de la ventilación, que no fue activada mediante los medios mecánicos disponibles ya por entonces.

A la vista de los niveles de producción en el entorno temporal de la introducción del maquinismo, no resulta difícil imaginar su efecto sobre el empleo, que no pudo ser sino contractivo tanto en términos relativos (relación trabajo/producto) como absolutos y que vino a reforzar medidas tendentes a reducir sustancialmente la oferta de *jornales de saneamiento*

que habían sido adoptadas con anterioridad. Ya Sánchez Molero (1859)<sup>146</sup> y Bernáldez y Rúa (1861)<sup>147</sup> fueron conscientes de los efectos sobre el empleo en las Minas que tendrían sus proyectos modernizadores. Lo que, probablemente, nunca fueron capaces de imaginar fue la reacción de algunos trabajadores de Almadén frente a las "reformas" de Zuaznávar. Aunque hay que señalar que incidentes como el ocurrido con motivo del inicio de las obras previas a la construcción de un horno tipo Pellet en 1868 dejaban traslucir el enrarecimiento en esos años de la atmósfera apacible que históricamente había envuelto las relaciones entre trabajadores y directivos en Almadén. Una larga tradición de consenso y tácitas o expresas concesiones mutuas primaba sobre el enfrentamiento abierto, del que apenas hay ejemplos que desborden el estricto marco de la violencia individual esporádica. Es por eso que el asesinato, en julio de 1874, de los ingenieros Monasterio -Director, recordemos, de las Minas- y Buceta a manos de algunos trabajadores de las Minas constituya una dramática excepción, que puede interpretarse como un genuino ejemplo de ludismo en versión extrema. Tanto en Zuaznávar (1880)<sup>148</sup> como en la Revista Minera<sup>149</sup> se sostiene la vinculación entre los asesinatos y las "reformas" y el "derecho al trabajo". Las penas establecidas en primera instancia por el juez fueron anuladas por la jurisdicción militar, que amplió las penas de muerte de una

---

<sup>146</sup> *"Las poblaciones de Almadén y Almadenejos, dependientes hoy por completo del trabajo de las minas de azogue, reclaman medios de existencia más varios y más independientes, y tan sólo poniéndolos en relaciones con la Mancha, Extremadura y Andalucía es como podrán adquirirlos...y tan urgente es el emprender las referidas obras públicas [carreteras y ferrocarril]..."* Sánchez Molero, 1859, p.459.

<sup>147</sup> Su propuesta tiene puntos de contacto con la Sánchez Molero (1859): mejorar la red de carreteras de la comarca y desarrollar la agricultura y la silvicultura a fin de ofrecer empleo a los *"obreros que las reformas del Establecimiento dejarían en la inacción y la miseria"* Bernáldez y Rúa, 1861, pp. 264-266.

<sup>148</sup> *"...; y aquella horda de salvajes que se condujo de un modo tal, que la imaginación no acierta a comprender los detalles de tan terribles sucesos, creería sin duda, que el Cuerpo de Ingenieros de Minas, herido en dos de sus más dignísimos individuos, iba a cejar en el pensamiento de las mejoras que imperiosamente demandaban no tan solo los modernos adelantamientos de la industria y la competencia, que se veía dibujar con las minas de azogue del nuevo mundo, sí que también la dignidad del Estado, dueño del poderoso centro minero que nos ocupa,..."* Zuaznávar, 1880, p. 3.

<sup>149</sup> *"Mártires inocentes, sacrificados en aras de su deber a impulsos del desenfreno de masas de obreros, guiados por no sabemos que falsas ideas acerca del derecho al trabajo,...; pero también al exhalar el último suspiro pudieron llevar el convencimiento de haber echado los cimientos más sólidos, para la regeneración industrial del establecimiento minero de Almadén."* Revista Minera, 1875, p. 129.

a tres.<sup>150</sup> Además, la desaparecida figura del Superintendente de las Minas fue restablecida temporalmente y a cargo de la misma se nombró a un brigadier, Manuel Ruiz Moreno.

Nuestro relato finaliza, pues, con un luctuoso suceso, en el trasfondo del cual se encuentra la oposición al maquinismo de unos trabajadores que lo percibían como la amenaza de un futuro incierto ante las falta de alternativas laborales de una población acostumbrada por generaciones a las enfermedades y los accidentes laborales y a unos magros ingresos pero también a la seguridad en el empleo de los miembros varones de las unidades familiares locales. El maquinismo a gran escala dio al traste con esa especie de acuerdo implícito sobre el que se habían basado desde tiempo inmemorial las relaciones laborales en Almadén y al que se había supeditado hasta entonces el cambio técnico en las Minas.

Sin embargo, el aumento de la productividad logrado tras las "reformas" se tradujo, por un lado, en la emigración de algunos habitantes a otras zonas mineras y en la paulatina reducción del ya comparativamente pequeño número de días trabajados, pero también, por otro lado, en una más breve la jornada de trabajo -defraudando así las esperanzas de los ingenieros de mediados del siglo XIX en una ampliación efectiva de la misma gracias al maquinismo- y en el retraso hasta bien entrado el siglo XX de la utilización de la dinamita en lugar de la pólvora y de los martillos neumáticos. Los trabajadores de Almadén parecen haber sido capaces de imponer sus opiniones adversas acerca del deterioro ambiental causado en el interior de las minas por la dinamita y los martillos neumáticos.<sup>151</sup>

---

<sup>150</sup> Pontes, 1900, pp. 148-149.

<sup>151</sup> La Comisión de 1906 atribuía la baja productividad de los barreneros al *"empeño en no emplear la dinamita y los barrenos de longitud ordinaria; con pólvora negra y no pasando los barrenos de 25 a 30 centímetros de profundidad, ..., no hay posibilidad de obtener efecto útil admisible"* (Comisión de visita al Establecimiento de Almadén, 1906, p. 30). De ahí la sugerencia de adoptar con carácter de urgencia la dinamita y los martillos neumáticos. La Comisión no dejó de reconocer que la objeción de índole sanitaria debía ser tenida en cuenta. Por ello propusieron emplear agua en la perforación *"a fin de evitar que el polvo produzca efectos nocivos en la salud de los obreros"* (*Ibidem*, p. 76). Las prevenciones frente a la dinamita podrían superarse reduciendo la cantidad de explosivo en los barrenos, utilizando cápsulas fuertes y activando una ventilación que seguía siendo calificada de insatisfactoria. No será hasta 1924, después de lograr una mejora importante de las condiciones ambientales interiores, gracias a la mecanización de la ventilación -cincuenta años después de las "reformas" de Zuaznávar-, y de los salarios, cuando se restablezca la jornada laboral de seis horas y se introduzcan los martillos neumáticos (Zarraluqui, 1934, pp. 535-544).

### IV. 3. Técnicas metalúrgicas

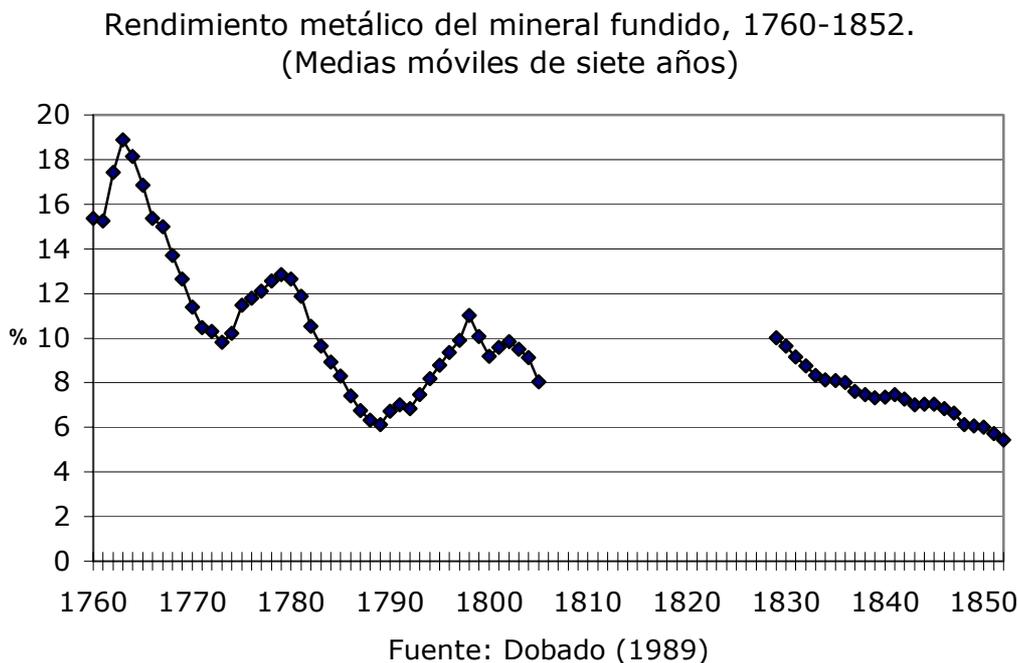
Antes de iniciar la exposición de los aspectos técnicos de la segunda de las dos principales fases en que puede dividirse el proceso productivo del mercurio, conviene señalar que algunas de las propiedades físicas de este metal -entre ellas sus bajas temperaturas de fusión (38,87º C) y ebullición (356,9º C)- hacen que su metalurgia sea comparativamente fácil. La gran riqueza del mineral extraído en Almadén es otro factor que debe ser tenido en cuenta a la hora de hacer cualquier consideración acerca de la eficiencia técnica o económica de la metalurgia del mercurio en las Minas.<sup>152</sup> Ello no obsta para que el indicador del contenido metálico de los minerales de que disponemos (mercurio obtenido/mineral extraído de las minas) muestre una tendencia descendente, como la que se refleja en el Gráfico IV.2.<sup>153</sup>

---

<sup>152</sup> Dadas ciertas limitaciones conceptuales de la Economía como ciencia y de información respecto al caso que nos ocupa (por ejemplo, el contenido en mercurio del mineral fundido), resulta imposible contabilizar un hecho que estuvo siempre presente durante el período aquí considerado: la metalurgia del mercurio en Almadén estuvo asociada a un cambiante, pero nunca despreciable, derroche de recursos naturales -mercurio en estado gaseoso emitido a la atmósfera y escorias resultantes de la calcinación de cinabrio "ricas" en mercurio- y a una elevadísima morbilidad profesional entre los trabajadores. Ambas externalidades negativas deberían figurar en cualquier contabilidad rigurosa de la actividad de las Minas.

<sup>153</sup> Nuestro indicador *ex-post* del tenor metálico del mineral extraído en Almadén - Almadenejos también se considera durante sus períodos de actividad- no es independiente de la eficiencia de las fundiciones. Esta difícilmente pudo disminuir, por lo que resulta verosímil que la caída mostrada en el Gráfico se corresponda con un retroceso efectivo de la riqueza del mineral sometido a fundición. Los ciclos que se superponen a la tendencia antes de 1808 están relacionados principalmente, aunque no sólo, con la entrada en explotación sucesiva de nuevos yacimientos en Almadenejos. A comienzos de siglo XX, la Comisión de visita (1906) señalaba que *"en los pisos inferiores la ley media no es tan elevada como en las reservas subsistentes a más altos niveles"*.

Gráfico IV.2



El protagonismo indiscutible de la fase metalúrgica del proceso productivo en Almadén corrió a cargo del horno de aludeles o Bustamante, que fue utilizado ininterrumpidamente entre mediados del siglo XVII y comienzos del XX.<sup>154</sup> El horno de aludeles constituye un conspicuo ejemplo de transferencia tecnológica entre América y Europa, pues su diseño constituye una versión mejorada del que fuera inventado, en 1633, por Saavedra Barba en Huancavelica, inspirándose en los que tradicionalmente se habían empleado en la alfarería española—véase Ilustración 11.<sup>155</sup> Fue Bustamante quien, en 1646, lo introdujo en Almadén. Tras años de experiencia en Huancavelica, Bustamante, en asociado a Sotomayor, pretendía tomar en arriendo la explotación de las minas que acababan de abandonar los Fugger.<sup>156</sup>

<sup>154</sup> "Cada uno de los caños de barro cocido, semejantes a una olla sin fondo, que enchufados con otros en fila se emplean en los hornos de Almadén para condensar los vapores mercuriales producidos por la calcinación del mineral de azogue". *Diccionario de la lengua española*, RAE, 1970.

<sup>155</sup> Sánchez Gómez, 1997.

<sup>156</sup> Los acontecimientos que rodearon la labor de Bustamante en Almadén no dejan de ser ilustrativos de los avatares de la innovación tecnológica y de la promoción social dentro del imperio español en el siglo XVII. Bien merecen un brevísimo

Pese a las similitudes originarias, el modelo utilizado en Almadén entre 1740 y 1880 difiere del que todavía seguía en uso en Huancavelica a mediados del siglo XVIII. Las diferencias –véanse ilustraciones 12 y 13- son ya perceptibles a comienzos del período que estudiamos y lo serían aun algo más a finales del mismo. Las principales modificaciones realizadas en Almadén fueron el resultado de un proceso gradual de transformación del horno introducido por Bustamante que mejoró sustancialmente su eficiencia técnico-económica y que debió concluir hacia finales del siglo XVII y comienzos del XVIII.<sup>157</sup> Más tarde, el horno de aludeles de Almadén sólo experimentaría cambios menores.

Con mayor claridad aun que en el caso de las actividades subterráneas, las fundiciones de mineral presentaban una marcada estacionalidad. De acuerdo con la información suministrada por Bernáldez y Rúa (1862), entre los años mineros de 1760-1761 y 1854-1855, casi los dos tercios (64,%) de las campañas de fundición (89) se iniciaron en noviembre o diciembre, mientras que algo menos de los tres cuartos (70,7%) concluyeron en mayo o junio. Junto a una de las razones -el trasvase de fuerza de trabajo al sector agrario local- señaladas al tratar la estacionalidad de fase minera del proceso productivo, otras dos deben ser apuntadas. La primera es específica de las fundiciones; la segunda no. Con el aumento de

---

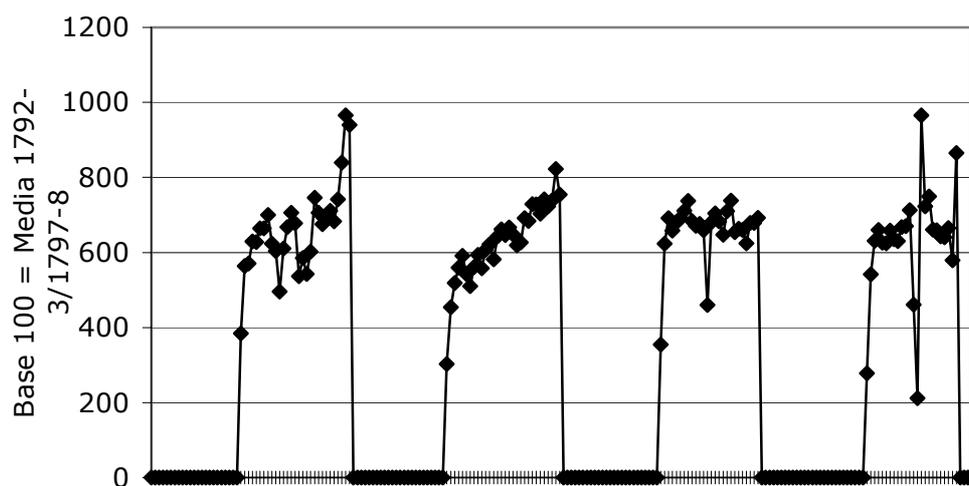
resumen: los buenos resultados obtenidos por Bustamante al sustituir los hornos de reverbero anteriormente usados por los de aludeles tuvieron como recompensa nada menos que la obtención del corregimiento de Cuzco; esta medida no dejó de encontrar la oposición de los consejos de Castilla e Indias, ya que no se trababa en rigor de una invención de Bustamante -al que llegó a acusarse de falsedad, engaño, malicia, etc.- y que, por tanto, el "*premio*" debería ser "*moderado y no tan grande como el corregimiento del Cuzco, donde siempre habían ido personas de calidad y muchas parte; y no siendo Juan de Bustamante sujeto de iguales partes, se debía reparar mucho en darle oficio de tanta consideración*". El Consejo de Hacienda contraatacó argumentando que Bustamante nunca se había atribuido la invención del horno, que el beneficio para la Corona de su introducción en Almadén fue "*mucho más de lo que se imaginó*" y que "*otros muchos habían ocupado, con menos calidad, puestos mayores en las Indias*". Finalmente, Bustamante acabaría tomando posesión del corregimiento de Cuzco. Por su parte, Saavedra Barba tampoco careció de recompensa: el "*gremio de azogueros*" de Huancavelica le concedió el 2% del azogue obtenido en los hornos de su invención durante tres generaciones. Al fallecer, junto con su hijo, en 1689, en el trayecto que le conducía a España a fin de reclamar un mayor reconocimiento por la adopción de su horno en Almadén, el Virrey del Perú convirtió ese porcentaje en tributo a perpetuidad en beneficio del Hospital de Huancavelica. Zarraluqui, 1934, pp. 249-254.

<sup>157</sup> Entre sus ventajas cabe destacar: la disminución de los requerimientos de mano de obra, el ahorro energético, la simplificación de las operaciones, el mejor aprovechamiento del mineral y el aumento de los volúmenes de producción. Escosura, 1878, p. 46.

la temperatura durante la temporada estival se elevaban las pérdidas de mercurio en forma de gas no recuperable y, consiguientemente, aumentaba el deterioro de la "economía orgánica" de los trabajadores al facilitarse la absorción de mercurio por el organismo.<sup>158</sup> Así, sólo raramente, las fundiciones se prolongaban más allá de los comienzos de julio.<sup>159</sup> El retorno masivo a las minas de los trabajadores locales y forasteros después de las faenas agrícolas estivales permitía establecer las condiciones necesarias para el posterior inicio de las fundiciones a finales de octubre o, mucho más comúnmente, comienzos de noviembre. El Gráfico IV.3 permite percibir claramente el marcado perfil estacional característico de la actividad productiva en el "Cerco de Fundición".

Gráfico IV.3

Producción semanal de mercurio,  
junio de 1792-junio de 1796.



Fuente: Dobado (1989)

<sup>158</sup> Numerosas descripciones de los siglos XVIII y XIX subrayan la insalubridad del trabajo en todas las tareas llevadas a cabo en el "Cerco de Buitrones". Sirva el siguiente ejemplo: "...; cargar y descargar los hornos de fundición donde el calor es excesivo, el polvo es insufrible, y las exhalaciones [de mercurio] son muy penetrantes; atizar la lumbre a la caldera de los hornos, donde casi arde el Minero, como la leña; fregar las cañerías, donde por lo menos contraen temblor grande, y salivación; encerrar el azogue, pesarle y empacarle en baldreses, donde hallan temblores, convulsiones y perlesías." Parés, 1778, pp. 564-565.

<sup>159</sup> Estas son la razones dadas por el Superintendente de las Minas para suspender la "saca" en 1779: "Como en este País es el calor excesivo, perjudicial el humo de los hornos, y precisa la asistencia de los Maestros y Directores de Cochuras, que cada día enferman, y se aventuran faltando ellos las fundiciones: Me parecía conveniente suspender por ahora esta operación hasta que la tierra se refrescase." A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 722.

Poco después de finalizado el período que aquí se considera, las fundiciones de mercurio seguían presentando un agudo contraste entre el verano y el resto del año, de donde debe inferirse que al menos uno de los factores explicativos de la estacionalidad permanecían vigente por entonces.<sup>160</sup>

Debemos también a Betancourt una excelente descripción de las actividades desarrolladas en el "*Cerco de Buitrones*" a comienzos de la década de 1780. Todo parece indicar que, en esencia, éstas debieron cambiar muy poco durante el siglo XVIII.

El proceso metalúrgico se iniciaba en las inmediaciones de los hornos, donde el mineral era pesado y fragmentado manualmente con mazas de hierro. Se trataba con ello de lograr que la "*carga*" de los hornos estuviese formada por una proporción previamente conocida y constante de minerales de distintas riquezas y dimensiones. Mediante la combinación de ambos criterios se procedía a una separación del mineral en cinco categorías ("*metal*", "*solera*", "*chinateado*", "*china*" y "*bacisco*". Sin embargo, la preparación y la clasificación del mineral antes de la fundición probablemente nunca recibieron la atención que merecían. Eso explicaría que permaneciesen básicamente inmutables hasta mediados del siglo XIX y que la forma descuidada en que seguían llevándose a cabo fuese abiertamente criticada por Bernáldez y Rúa (1861), entre otras razones porque conllevaba la pérdida del mercurio nativo contenido en el mineral.

En tiempos de Betancourt, la "*carga*" del horno consistía ascendía a unas 950 arrobas de mineral de las diferentes categorías, que eran colocados en capas superpuestas de cada una de ellas. Cuatro trabajadores se ocupaban de ella en alrededor de una hora y media. Su labor incluía introducir el mineral en el "*cargadero*" o "*vaso*" del horno (F en Ilustración 13), sellar la boca y la puerta del mismo (H y S, *ibidem*) con ladrillos, barro y cenizas, formar las filas de aludeles, encajando uno tras otro y "*retapando*" las juntas con ceniza, que conectaban las "*ventanillas*" de la

---

<sup>160</sup> Véase Dobado, 1989, p. 358.

"*arqueta de delante*" (K, *ibidem*) con la "*arqueta de atrás*" (M, *ibidem*) siguiendo los dos planos inclinados.<sup>161</sup>

Se iniciaba entonces el más tarde denominado "*período de fuego*", de unas doce a catorce horas de duración.<sup>162</sup> Un "*cochurero*" se encargaba de la incineración del combustible introducido en el "*cocedero*" (E en Ilustración 13). No precisa Betancourt el consumo de combustible, pero, a fines de la década de 1820, se estimaban en 34 "*cargas*" de monte bajo y arbustos procedentes del entorno próximo de Almadén, que tan abundante era en ellos.<sup>163</sup> Posteriormente, el consumo de combustible se habría estabilizado en torno a los cuatro kilos por cada uno de azogue.<sup>164</sup> Por razones desconocidas, el coste del combustible se redujo a la mitad entre finales del siglo XVIII y mediados del XIX.<sup>165</sup>

Finalizado el "*período de fuego*" comenzaba el de "*brasa*", que duraba unas cuarenta horas. Un par de "*desbrasadores*" agitaban cada hora las brasas a fin de mantener el calor necesario para calcinar el mineral. Al final del "*período de brasa*", los "*desbrasadores*" retiraban brasas y cenizas y, unas horas más tarde, destapaban la boca del "*cargadero*". Mientras, el "*cochurero*" se ocupaba en derribar el muro de ladrillos provisional construido previamente por los "*cargadores*" para sellar la puerta del "*cargadero*" durante la "*cochura*". Se pretendía así reducir la temperatura del horno durante las veinticuatro horas que duraba el "*período de enfrió*" que sucedía al de "*brasa*". En resumen, cada "*cochura*" venía a durar tres días.<sup>166</sup>

Posteriormente, los "*cargadores*" que volverían a "*cargar*" el horno retiraban las escorias. Otros trabajadores, cuatro muchachos por lo general, recogían el azogue. Para ello, rompían el aludel más próximo a la caneleja

---

<sup>161</sup> Comúnmente, los "*cargadores*" trabajaban sin que el calor producido por la "*cochura*" precedente se hubiese disipado. De ahí la incomodidad y la insalubridad.

<sup>162</sup> El "*período de fuego*" parece haberse reducido a unas ocho o nueve horas hacia mediados del siglo XIX, pero, de acuerdo con Escosura (1878), existiría también en este punto cierta discrecionalidad.

<sup>163</sup> Caravantes, 1828, s. p.

<sup>164</sup> Bernáldez y Rúa, 1861, p. 72; Escosura, 1878, p. 88.

<sup>165</sup> Esta evolución no resulta fácil de explicar a la vista de la extensión de los cultivos registrada por distintas fuentes.

<sup>166</sup> Casi un siglo más tarde, la más precisa descripción de Escosura (1878) permite apreciar que nada muy sustancial había cambiado a este respecto: doce horas de "*cochura*" en sentido estricto, dieciocho de "*brasa*", veintiséis de enfriamiento y dieciséis con el horno "*destapado*". Tal vez, la única diferencia estribe en una prolongación del "*período de enfrió*".

central (N en Ilustración 13). Desencajando sucesivamente todos los que formaban cada fila de ellos, volcaban su contenido de mercurio en un cubo y frotaban su interior con estropajo para aprovechar el que hubiese quedado adherido a las paredes internas del aludel. Durante la manipulación de los aludeles, algo de mercurio, que caía fuera del cubo, corría por gravedad hacia la canaleja central, por donde discurría hasta unas tinajas (O y P, *ibidem*) situadas en uno de sus extremos. Las cenizas que habían sellado las juntas entre los aludeles, que también contenían mercurio, eran barridas y acumuladas al lado de la canaleja. A ella, tras ser rociadas con agua y revueltas las cenizas, acababa cayendo el mercurio que todavía retenían. Con mucha menor periodicidad se desmontaban y limpiaban las filas de aludeles situadas en el plano inclinado contiguo a las "camaretas de atrás".

Desde las tinajas de los hornos, el mercurio era transportado al "lavadero", donde, manualmente, se extraían las impurezas (cenizas, etc.) que le acompañaban. Más tarde, era empacado provisionalmente en baldes de piel de vacuno, pesado, intervenido y almacenado en unas piletas a la espera de su empaque definitivo previo al transporte a Sevilla. Tampoco parecen importantes los cambios que estas operaciones pudieron experimentar en épocas posteriores.

La fase metalúrgica del proceso productivo del mercurio era, pues, menos intensiva en trabajo que la minera, pero no dejaba de implicar costes salariales elevados por unidad de producto y grandes externalidades negativas en términos de "economía orgánica" de los trabajadores.

Un hito importante en el terreno de las técnicas metalúrgicas ocurrió a comienzos del siglo XIX. A resultas de la iniciativa de Larrañaga, tuvo lugar, en 1806, la instalación de un par de hornos de cámaras -la voluminosa construcción localizada en la parte superior izquierda de la Ilustración 14- como los que venían siendo empleados en Idria desde hacía algún tiempo.<sup>167</sup> De ahí que habitualmente fuesen denominados hornos de Idria. Cuatro eran las principales novedades de este tipo de horno respecto al de aludeles. En

---

<sup>167</sup> Prado (1846, p. 63) relata con algún detalle las peripecias de Larrañaga en su labor de "espía industrial": "...se trasladó a Idria, y desde luego se convenció de las ventajas de aquel sistema sobre el de Almadén. No permitiéndole los encargados de aquel establecimiento formar plano alguno, tuvo que salvar como pudo esta dificultad, valiéndose de la medida de sus pasos o tomando a ojo las distancias. Y volviendo Almadén con sus datos, no sin ver puestas a prueba su constancia y su celo, pudo hacer marchar un par de estos hornos,..."

primer lugar, su capacidad de carga de mineral era 2,5 veces mayor. En segundo lugar, el aparato de condensación del azogue consistía en dos filas de seis cámaras sucesivas e intercomunicadas. En tercer lugar, su construcción exigía mayores desembolsos, 800.000 reales frente a 67.000 hacia mediados del siglo XIX.<sup>168</sup> En cuarto lugar, la duración de las "cochuras" era de seis días.

Los hornos de cámaras -también llamados de Idria- no llegarían a tener un papel comparable con el de los Bustamante. Su número no aumentó y su participación en la fase metalúrgica del proceso productivo del mercurio en Almadén nunca fue decisiva.<sup>169</sup>

En abril de 1867, la Junta Superior Facultativa de Minas aceptó que se ensayase en Almadén, con cargo al erario público, el modelo de horno ideado por el ingeniero francés Pelleta. Éste prometía una reducción de las pérdidas de mercurio y de la insalubridad, así como economías de tiempo, en el proceso de fundición del cinabrio. Se trataba de un horno de cuba de corriente natural en el que el mineral se alternaba en capas superpuestas con carbón de coque. Ni los ensayos realizados en marzo de 1869, ni los de mayo de ese mismo año, lograron demostrar su superioridad técnica o económica respecto a los de Idria.<sup>170</sup>

Al poco de concluirse nuestro período de estudio, se instalaría un nuevo tipo de horno, procedente también, como los de cámaras, de Idria. Se trata del horno Livermoor, o de canales, sobre cuyo diseño original se hicieron algunas modificaciones en Almadén. Escaso fue su éxito, pues no pasaron de dos los construidos y raramente del 12% la cantidad de mineral en ellos tratada.<sup>171</sup>

A partir de entonces, como señala Zarraluqui (1934), se abandonó cualquier intento de innovación o adaptación local - tampoco frecuentes, por cierto, desde muchísimo tiempo atrás- y "*se siguió paso a paso lo que fuera*

---

<sup>168</sup> Sánchez Molero, 1859, p. 511.

<sup>169</sup> A título de ejemplo de lo que más bien parece una constante que un dato de validez temporal limitada, los hornos de cámaras, entre 1851 y 1855, no trataron más que el 12,1% del mineral fundido (Sánchez Molero, 1857, p. 85).

<sup>170</sup> Antes al contrario, con una "carga" semejante a la de los hornos de cámaras, produjo casi un 10% menos de mercurio y unos gastos superiores en más del 30%. Sus efectos sobre la salud de los trabajadores tampoco fueron mejores. Un último ensayo, en 1871, tras la venta por Pellet de sus derechos sobre el horno de su invención a la sociedad privada La Hidrúrgica arrojó resultados igualmente negativos. Zarraluqui, 1934, pp. 289-293.

<sup>171</sup> Zarraluqui, 1934, p. 295.

*de aquí se hacía con respecto al tratamiento de los minerales de cinabrio, principalmente en el Establecimiento de Idria*".<sup>172</sup> Así, en 1902, se contrató a Spirek para instalar cuatro hornos Cermak-Spirek. Además de llevar ya algún tiempo en funcionamiento en Idria, los hornos Cermak-Spirek habían sido también los elegidos unos años antes por el consorcio alemán que explotó el yacimiento italiano de Monte Amiata.<sup>173</sup> Sin embargo, los nuevos hornos no desplazaron totalmente a los Bustamante, algunos de los cuales seguían en funcionamiento todavía hasta 1929, cuando fueron finalmente derruidos los nueve pares que habían resistido toda suerte de avatares y que, hasta sus últimos momentos de existencia, contaron con defensores entre algunos sectores laborales de Almadén.<sup>174</sup>

Pese a que no faltaron quienes, por interés o convicción, sostuvieron, hasta bien entrado el siglo XX, que los hornos de aludeles eran preferibles a las alternativas existentes, tampoco cuesta mucho encontrar críticas a lo que podemos calificar de "superviviente" de la tecnología preindustrial. Algunas de ellas son tempranas y parciales. Otras son posteriores y, en general, más globales.

Se tienen noticias de que, ya en la primera mitad del siglo XVIII, fueron realizados experimentos con otros tipos de hornos. También se habían ensayado algunas modificaciones en la estructura física de los hornos de aludeles. Ni unos ni otros, impulsados habitualmente por personas ajenas a las Minas, parecen haber ofrecido resultados convincentes.<sup>175</sup> En la obra de Gensanne (1776) se encuentran también algunas observaciones negativas: excesivo consumo de combustible, imposibilidad de tratar adecuadamente los minerales de reducida dimensión y pérdidas de mercurio elevadas.<sup>176</sup>

---

<sup>172</sup> *Ibidem*.

<sup>173</sup> Segreto, 1991, p. 39.

<sup>174</sup> Zarraluqui, 1934, pp. 302-310.

<sup>175</sup> A. H. N., Minas de Almadén, legs. 415 y 823; Matilla, 1987, pp. 336-345.

<sup>176</sup> Las soluciones propuestas por este autor fueron: cambiar la posición de la chimenea del "cocedero" y sustituir las cañerías de aludeles por tubos de hierro enfriados por agua. El uso del hierro y del agua fue adoptado en Idria, cuya dotación de recursos hídricos era seguramente mayor que la de Almadén, así como menor su temperatura media durante las campañas de fundición. Prado (1846, p. 63) da cuenta de un curioso proceso de intercambio de técnicas productivas entre Almadén e Idria: *"En las minas de azogue de Idria se habían introducido los caños de barro para el beneficio a imitación de los de Almadén. Luego se construyeron por tubos cuadrados de hierro; pero al fin se adoptó el sistema de recoger en varias cámaras en comunicación inmediata unas y otras y con los hornos."* Según Sánchez Molero, citado por Zarraluquí (1934), los hornos de aludeles fueron desplazados en

Betancourt propuso que las fundiciones durasen un día más de los tres habituales. Con ello se lograría el "*alivio de los infelices trabajadores*", gracias a la reducción de la temperatura a la que se efectuaban la descarga de los hornos, y "*se aprovecharía mucho azogue que seguramente se queda evaporizado después que destapan los hornos al tercer día, pues en un calor como el de 88 grados que medí (que tal vez tendría 100, o más al tiempo de descubrirlos) no pueden haberse fijado todas las partículas volátiles del mercurio,...*".<sup>177</sup> En contra del alargamiento de las fundiciones sólo existía un argumento, que parece haberse impuesto finalmente: el coste implícito en la construcción de los nuevos hornos que serían necesarios para sostener los niveles de producción de mercurio si se adoptaba la propuesta de Betancourt.

Lo sorprendente es que el mantenimiento de las fundiciones de tres días chocaba con una experiencia previa llevada a cabo con éxito en Almadenejos en 1773<sup>178</sup> y con las opiniones del Superintendente Soler en 1775.<sup>179</sup> De los documentos consultados se desprende que las consideraciones relativas a la "*conservación del mineraje*" -siempre presentes, al menos aparentemente, entre el personal directivo- y a la eficiencia en el tratamiento metalúrgico de los minerales quedaron subordinadas a la exigencia combinada de tener disponible a tiempo en Cádiz para su envío final a América la "*saca*" anual de 14.000 quintales de mercurio planteada por el Gobierno desde Madrid sin ampliación del parque de hornos.<sup>180</sup>

---

Idria por los de cámaras en 1752. A mi juicio, las diferencias climáticas entre Almadén e Idria deben ser tenidas en cuenta para entender la lógica de las respectivas técnicas metalúrgicas surgidas *in situ*, así como los resultados de las "importadas".

<sup>177</sup> Betancourt, 1783c, s. p.

<sup>178</sup> En su escrito al Superintendente, el máximo responsable de Almadenejos también señalaba que la "*pérdida*" de mercurio y el "*perjuicio a la salud*" de los trabajadores aconsejaban las "*cohuras*" de cuatro días y que así se había aceptado en algún momento durante la Superintendencia de Pacheco (1757-1773). A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 415.

<sup>179</sup> De hecho, al poco de su toma de posesión, Soler, sobre la base de las dos razones repetidamente esgrimidas, ordenó la construcción de un nuevo par de hornos a fin de alargar las fundiciones "*como se practicaba en ese sitio de Almadenejos*". *Ibidem*.

<sup>180</sup> Manifestando su preocupación por la "economía orgánica" de los trabajadores de los hornos, Soler acabó inclinándose, paradójicamente, por las fundiciones de tres días. Como justificación, aducía que la alternativa era peor en términos de salud laboral, ya que implicaría continuar con las actividades en el "*Cerco de Buitrones*"

Las descripciones del proceso metalúrgico en Almadén de Caravantes (1828), Bernáldez y Rúa (1861) y Escosura (1878) coinciden en señalar que las repetidas valoraciones favorables de cualificados observadores contemporáneos acerca del alargamiento en un día de las fundiciones carecieron -lo que no deja de resultar un tanto sorprendente- de resultados prácticos.

Proust (1791) tampoco dejó de hacer mención a las altas pérdidas de mercurio ocasionadas en Almadén por las "*cochuras*" en los hornos de aludeles.

Al menos dos fueron las novedades registradas a mediados de la primera mitad del siglo XIX. En 1828 ya tenemos constancia de que la "*carga*" de los hornos incluía, además del mineral, 100 arrobas de piedra arenisca.<sup>181</sup> Se emplazaban directamente sobre la "*red*" del "*cargadero*" a fin de servir de base al mineral que iba a ser calcinado. En 1834 fue introducida una sencilla innovación en el diseño de los hornos Bustamente propuesta por Larrañaga unos años antes.<sup>182</sup> Dimensiones y forma de los aludeles sufrieron una pequeña modificación. Además, se abrió en ellos un pequeño orificio, internamente cubierto con grava suelta, por el que se filtraba el azogue una vez condensado. Así, parte del mercurio corría ahora por gravedad hasta una canaleja que acababa en un depósito de mayores dimensiones que las antiguas tinajas. Dos eran las ventajas derivadas de esta innovación aparentemente menor. Por un lado, los anteriormente repetidos "*levantes*" de aludeles del plano inclinado contiguo al "*cargadero*" del horno pasaron a realizarse sólo una vez cada diez fundiciones, con la consiguiente reducción de costes salariales. Por otro lado, se redujeron las pérdidas en el tratamiento metalúrgico del mineral, pues mejoraba la condensación del mismo en las cañerías de aludeles.

Sin embargo, las numerosas fuentes consultadas dejan traslucir una generalizada insatisfacción de los ingenieros y otros observadores

---

hasta bien entrado el verano, lo que hubiera agravado los perjuicios causados por los vapores mercuriales. Si la restricción temporal en lo que a la llegada de la "*saca*" a tiempo se refiere parece razonable, cuesta bastante más entender la resistencia a ampliar el número de hornos disponibles, habida cuenta de que su precio era pequeño.

<sup>181</sup> Bernáldez y Rúa (1861, p. 230) se referirían a la "*viciosa costumbre de someter a la destilación [fundición] trozos de arenisca completamente estériles*".

<sup>182</sup> Escosura, 1878, p. 111.

contemporáneos acerca de la forma en que se realizaba la fase metalúrgica del proceso productivo del mercurio en Almadén y con sus resultados. Sirvan de ejemplo de un extendido estado de opinión las enfáticas opiniones vertidas por Prado (1846): *"...acaso no hay en Europa (vergüenza da decirlo) otro más defectuoso e impropio en medio de los progresos que en lo que va de siglo ha hecho la metalurgia en general, y en particular la del azogue. ¿No lo sabe el Gobierno? ¿No sabe el Gobierno que el aire se lleva allí en azogue por valor de algunos millones de reales cada año, sobre todo con aquellos defectuosos aparatos de destilación, llamados hornos de Bustamante? ¿Tan ricos estamos que nada nos importa evitar tales pérdidas?"*<sup>183</sup>

Y es que los hornos Bustamante despertaron en los ingenieros españoles del siglo XIX una animadversión tan acusada que parece responder no sólo a razones estrictamente técnicas y sobre las que más adelante volveremos.<sup>184</sup> Bien fundadas razones para la insatisfacción tampoco faltaban, como prueban las acertadas sugerencias propuestas por Anciola y nunca tenidas en cuenta.<sup>185</sup> Pero los hornos de cámaras fueron igualmente criticados. En 1844, Pellico propuso corregir algunos defectos estructurales que probablemente obedecían a defectos de diseño debidos las peculiares condiciones en que se desarrolló la visita de Larrañaga a Idria, a cierta inadaptación a las condiciones climáticas locales o a la "contaminación" de deficiencias existentes previamente en los hornos de aludeles.<sup>186</sup> Además, las diferentes y sucesivas críticas a los hornos de aludeles se basaban tan sólo en un ensayo realizado por el ingeniero Cía en 1840, que parecería concluyente: los de cámaras eran más eficientes

---

<sup>183</sup> Prado, 1846, p. 25.

<sup>184</sup> A este respecto, cabe destacar Prado (1846), Madoz (1849), Sánchez Molero (1856-1859), Bernáldez y Rúa (1861) y las memorias anónimas Mejoras (1848) y Apuntes (1854).

<sup>185</sup> Anciola, 1855, pp. 426-433.

<sup>186</sup> El "cocedero", similar aunque de mayores dimensiones que el de los hornos de aludeles, presentaba el mismo problema que ya fuera señalado tiempo atrás por Gensanne (1776) -las pérdidas de mercurio por la chimenea. El excesivo grosor de las paredes de las cámaras obstaculizaba la condensación del mercurio, que también se perdía por filtración. El coste de construcción y reparación de los hornos era injustificadamente alto. Madoz, 1849, p. 34; Sánchez Molero, 1859, pp. 511-512; Bernáldez y Rúa, 1861, pp. 247-248.

técnicamente, aunque en pequeña medida, y, sobre todo, económicamente.<sup>187</sup>

Curiosamente, el primer "*cotejo de productos*" del que tenemos noticia fue encargado por el Superintendente Hernando en 1824 y se llevó a cabo a lo largo del año minero 1824-1825.<sup>188</sup> Sus resultados no fueron concluyentes.<sup>189</sup> Otro "*cotejo*" posterior, si bien con una cantidad de mineral mucho menor (8.000 arrobas frente a 101.900) favoreció a los de aludeles.<sup>190</sup>

Los datos disponibles para los años 1851-1855 tampoco abonan la tesis mayoritaria entre los ingenieros españoles de mediados del siglo XIX: la diferencia de rendimiento metalúrgico entre los hornos de aludeles y los de cámaras superaba el 20%.<sup>191</sup> Esta contrastación, que sugeriría, cuando menos, que la preferencia por los hornos de cámaras necesitaría de argumentos adicionales convincentes, no impide a observadores tan cualificados como los ingenieros Bernáldez y Rúa reafirmarse en sus convicciones: "*Es indudable que en los hornos de Bustamante las pérdidas han de ser más considerables que en los de Idria.*"<sup>192</sup> Otra comparación posterior a gran escala (1863-1867) confirmó que los hornos de aludeles obtenían mejores rendimientos metalúrgicos.<sup>193</sup> Escosura, autor de la obra de referencia sobre la metalurgia del mercurio, no duda en inclinarse decididamente en favor de los hornos Bustamante.<sup>194</sup> Su argumentación se

---

<sup>187</sup> El rendimiento de 4.062,5 quintales de mineral produjo 390 quintales azogue en los hornos de cámaras y 378 en los de aludeles. Los gastos en combustible y mano de obra fueron inferiores en un 44,6 y un 32,5%, respectivamente, en los de cámaras. Madoz, 1849, p. 34. La amortización, especialmente tras las reformas de Pellico, no alteraría el cálculo.

<sup>188</sup> Tal vez los acontecimientos militares y políticos del período y la aguda escasez de recursos de los años 1808-1823 expliquen la tardanza en llevar a cabo un experimento que resultaba crucial para algo tan decisivo como era la selección de técnicas metalúrgicas.

<sup>189</sup> A. H. N., *Minas de Almadén, Leg. 415*.

<sup>190</sup> *Ibidem*.

<sup>191</sup> 6,97% frente a 5,79, respectivamente. (Bernáldez y Rúa, 1861, Apéndice Estadístico). La información relativa a los gastos (salarios, combustible, etc.) causados por las operaciones de fundición es incompleta, pero, teniendo en cuenta la diferencia de rendimiento metalúrgico, el balance técnico-económico de los años 1851-1855 antes favorece a los hornos de aludeles que a los de cámaras.

<sup>192</sup> Bernáldez y Rúa, 1861, p. 237.

<sup>193</sup> Papeles privados de un ingeniero de minas del siglo XIX de nombre desconocido.

<sup>194</sup> "*en los primeros [los de aludeles] resulta más económica la destilación; son más fáciles de manejar y se pierde en ellos menos azogue que en los últimos. Por todo lo cual, juzgo que los antiguos son preferibles a los de Idria...*" Escosura, 1878, pp. 131-132.

apoya en un informe del ingeniero Arciniega de 1845, que, se diría, hace uso de los datos del quinquenio que concluyó en ese año. Que se sepa, es éste el examen más exhaustivo de entre los realizados hasta la publicación de Escosura (1878) y en él se sostiene la superioridad técnica de los hornos de aludeles y también la económica -0,056 pesetas por kilo de mercurio frente a 0,121.

¿Por qué, entonces, esa ardorosa defensa del horno de Idria? Aunque resulta un tanto atrevido ofrecer una respuesta inequívoca a la pregunta, se propondrá aquí una en la que no está ausente una combinación, en pequeñas dosis al menos, de irracionalidad e intereses corporativos. Una y otros resultan muy ilustrativos de la variedad de circunstancias que presidían la elaboración de discursos técnicos por los especialistas del momento en Almadén y quizás también, cabe razonablemente inferir, en otros ámbitos sectoriales y espaciales de la España decimonónica. En primer lugar, una duda planea sobre todas las comparaciones realizadas. ¿Se examinó *ex ante* la riqueza del mineral fundido y se "cargaron" los hornos con minerales de idéntico tenor metálico? Esta pregunta crucial no suele encontrar una respuesta convincente. Huyot (1853) señala que, a mediados del siglo XIX era práctica habitual en Idria que las fundiciones viniesen precedidas del análisis del mineral. No era ése el caso en Almadén, como apuntan Bernáldez y Rúa (1861), que insistieron en la escasa atención prestada a este asunto. Al igual que lo hizo Escosura (1878), para quien las pérdidas de mercurio, que no podían determinarse con precisión en ninguno de los dos tipos de hornos sin los análisis previos del mineral fundido, era donde debían concentrarse los esfuerzos para mejorar la rentabilidad del Establecimiento: *"No son economías de combustible, ni de jornales, ni de materiales, ni hombres prácticos que sepan del beneficio lo que hay que buscar en Almadén. Lo que importa allí es reducir al mínimo posible las pérdidas de un metal de tanto valor como el azogue,..."*<sup>195</sup> Bien entrado el

---

<sup>195</sup> Escosura, 1878, p. 120. Bernáldez y Rúa (1861) estimaron la ley media del mineral extraído en un 13,9%, lo que situaría las pérdidas en un 50%. Para Escosura, la ley estaría entre un 7 y un 8,5%. Realizadas en la segunda mitad de la década de 1860, las estimaciones de Monasterio y de Sabau (Zarraluqui, 1934, pp. 321-325) están mucho más próximas a las de Escosura que a las de Bernáldez y Rúa, de lo que se deduce que éstos sobrevaloraron las pérdidas.

primer tercio del siglo XX, todavía no se habían implantado sistemáticamente los ensayos minuciosos y fiables del mineral.<sup>196</sup>

Así, pues, cualquier pronunciamiento en favor de uno u otro tipo de horno adolecía de la ausencia de un examen fiable de la riqueza del mineral, que era evaluada aproximadamente por los trabajadores y técnicos en función de la experiencia. Los juicios, pues, de los ingenieros de mediados del siglo XIX no están exentos de una cierta dosis de irracionalidad o, si se prefiere, de subjetividad, pues no se desconocía la indispensabilidad de los ensayos previos a cualquier toma de posición razonada. Además, convendría no olvidar que los deficientes "cotejos" realizados favorecerían más bien a los hornos Bustamante, que, por otra parte, seguían en funcionamiento a comienzos del siglo pasado, cuando ya los de cámaras habían sido derruidos tiempo atrás.

Un cierto "efecto demostración tecnológico", del que no estaría ausente el sentimiento de inferioridad frente a Idria, podría estar alimentando las preferencias por los hornos de cámaras. Al menos es lo que parece desprenderse de dos importantes fuentes. La primera está constituida por las observaciones que acompañan al estudio comparativo del año minero 1824-1825.<sup>197</sup> La segunda consiste en el comentario a una memoria sobre la metalurgia del mercurio en Idria [Huyot (1853)] realizada por Prado (1853).<sup>198</sup>

Mejor o peor fundamentada técnicamente, la opción favorable a los hornos de Idria responde también a un conflicto por el control del proceso productivo entre trabajadores y técnicos locales, por un lado, y especialistas

---

<sup>196</sup> Zarraluqui, 1934, p. 315.

<sup>197</sup> "El ejemplo que nos presentan los Alemanes, destruyendo los hornos de Bustamante,..., para sustituirlos por el aparato de los que denominamos de Ydria,..., conduce a respetar una medida para cuya adopción precederían observaciones y experimentos muy escrupulosos y tan exactos como lo exigía el nombramiento nada menos que de los individuos del supremo consejo de minas de Viena." A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 415.

<sup>198</sup> "Imposible parece a primera vista que después de tanto como se ha trabajado en Idria por hombres, dotados si duda del mayor celo e inteligencia, para reducir a guarismos aceptables las pérdidas sufridas...

Y si allí se pierde el 30 por ciento, ¿qué no sucederá en Almadén, se podrá decir, en la disposición de cuyos aparatos no se procedió con tanto esmero ni se tomaron tantas precauciones para evitarlas? Si en los hornos de Idria se pierde el 27,6 por ciento, naturalmente debe creerse fuese mucho mayor la que se sufría en los de cañerías, establecidos anteriormente por el modelo de los nuestros y abandonados definitivamente; acaso el 35, el 40 o el 50 por ciento". Prado, 1856, p. 476.

foráneos de formación académica, por otro. Manifestaciones de lo que puede considerarse un conflicto social subyacente a la producción de mercurio en Almadén no faltan. Betancourt, al igual que en 1776, hiciera el responsable de Almadenejos, criticaba el "secreto" que rodeaba a los criterios aplicados por los "cochureros" en el desempeño de su tarea, que no encubría sino rutina y empirismo acientífico.<sup>199</sup> Algún tiempo después, Ortega (1802) emitió una opinión semejante acerca de los "maestros de fundición", al tiempo que señalaba que los "secretos" del oficio sólo se confiaban a sus sucesores y que éstos siempre pertenecían al vecindario.<sup>200</sup> En 1825, el anónimo comentarista del primer "cotejo de productos" entre los dos tipos de hornos de los que tenemos noticia no podía, "por más que no tenga yo datos de fraude o travesura", sustraerse a la sospecha de que la perceptible preferencia de los "prácticos" por los de aludeles hubiese influido en los resultados obtenidos.<sup>201</sup> Años más tarde, la memoria Apuntes también dejaba traslucir una gran desconfianza respecto al quehacer de esos "prácticos" locales que *de facto* lograban escaparse a la supervisión del Director, perteneciente al cuerpo de ingenieros de minas y cuya labor nunca es objeto de escrutinio.<sup>202</sup> Su anónimo autor, casi con toda seguridad también ingeniero de minas, defendía que, mediante le nombramiento de uno de sus colegas del "ramo facultativo" al frente del "Cercos de Fundición", se incrementase su control efectivo sobre la fase metalúrgica del proceso de

---

<sup>199</sup> "Del tiempo que se necesita continuar el fuego y de la regla para saber cuando está hecha la cochura hacen los cochureros un gran secreto,...; pero yo tengo motivo para presumir que, que el hacer misterio de dicha regla consiste, en que ninguna tienen, sino una rutina, y que no quieren confesarlo, pues se gobiernan por el ruido que el fuego dentro del horno, y otras semejantes señales, que no prueban haberse dado a la piedra el fuego preciso para la total separación del azogue." Betancourt, 1783c, s. p.

<sup>200</sup> "Los maestros de fundición...guardan un secreto misterioso que con reserva se comunica de unos a otros sucesores por el temor que tienen ya de que si publican su pericia y práctica..., presumen que sus empleos en las vacantes se den a los no naturales de aquella villa en perjuicio de sus hijos, parientes, discípulos y paisanos, y ya por lo que juzgo más cierto para que si tienen algunos descuidos en la operación con pérdida de azogue no se les descubra y reconvenga con cargos; porque en realidad son unos meros prácticos y que por rutina y el continuo ejercicio de lo que han ido viendo y observando en el proceder de sus maestros y mayores se gobiernan..." Ortega, 1802, s. p.

<sup>201</sup> A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 415.

<sup>202</sup> "para disponer la carga de los hornos, la cantidad de fuego que se les ha de dar y demás, no tienen otra norma que su capricho, pues, aunque sujetos inmediatamente al director, ya hemos manifestado le es imposible cuidar en detalle des éstas y otras manipulaciones tan importantes, por las muchas atenciones que tiene sobre sí." Apuntes, 1854, p. 520.

producción. A su juicio, los portadores del verdadero saber técnico, obtenido mediante formación académica, veían su labor permanentemente obstaculizada por una suerte de confluencia de intereses espurios que aliaba a la Superintendencia, la Contaduría y los técnicos y trabajadores locales. De ahí la caótica situación descrita en *Apuntes*. En sintonía con esta línea argumental, Bernáldez y Rúa (1861) no dudaron en denunciar la existencia de una "*oposición sistemática a todo proyecto facultativo*". Así, las críticas a los hornos Bustamante y a la forma en que se llevaban a cabo las operaciones de fundición, acertadas o no, forman parte de un intento de incrementar el poder de los ingenieros de minas foráneos frente a unos técnicos y trabajadores locales que se resistían a perder la gran influencia que ejercían de hecho sobre el proceso de trabajo. Este conflicto no era exclusivo del "*cercos de Fundición*" pero sí se presentaba en él con especial intensidad. A ello probablemente contribuían un cierto "sentimiento de propiedad" sobre los "secretos del oficio" [Coriat (1982)] relacionados con los hornos Bustamante, que estarían legitimados por la secular familiaridad con unas técnicas específicas localmente generadas, y la cohesión interna de un grupo de trabajadores comparativamente pequeño con estrechas relaciones familiares y vecinales. Adicionalmente, convendría no olvidar que los defensores de los hornos de Idria no habían sido, ni lo serían más tarde, capaces de ofrecer una demostración incontestable de su superioridad sobre los de aludeles. Estas circunstancias no concurrían en la fase minera del proceso productivo, que, desde la llegada de los técnicos alemanes a mediados del siglo XVIII, habían sido, aunque no siempre sin resistencias, controladas más efectivamente por el "*ramo facultativo*". Por otra parte, diversos estudios han registrado ejemplos semejantes de enfrentamiento entre los sedicentes saberes técnico-científicos objetivos y los – supuestamente subjetivos– del oficio.<sup>203</sup>

Parece, pues, que las críticas del colectivo de ingenieros de minas no responden exclusivamente a la persecución de mayores cotas de eficiencia. No deja de resultar un tanto sorprendente la ausencia de alternativas concretas bien fundamentadas en cuestiones como, por ejemplo, la "*carga*" de los hornos o la temperatura durante el "*período de fuego*".

---

<sup>203</sup> Coriat (1982), Toharia (1984) y Gordon, Edwards y Reich (1986).

No carece de interés el intento de indagar en la probablemente no menos interesada defensa de los hornos Bustamante y de ciertas prácticas establecidas por parte de los técnicos y trabajadores locales. La eliminación de la piedra arenisca en la "*carga*" de los hornos hubiera supuesto la disminución del empleo en las canteras, una de las actividades que se realizaban para el "*saneamiento*" de los trabajadores afectados por el contacto con el mercurio. Los hornos de aludeles incorporaban mayores requerimientos de trabajo. Los jornales así obtenidos por adultos y jóvenes de la localidad contribuían de manera no despreciable al sostenimiento de las economías domésticas de Almadén. Al mismo tiempo, la asignación de los residentes de Almadén a dichas tareas concedía a los técnicos locales un poder que reforzaba su posición en el entramado de relaciones sociales surgido en torno a la pertenencia al vecindario y a la actividad de las Minas. Nuestro caso constituye un buen ejemplo, aunque, como demuestra la literatura al respecto, no el único, del conflicto social que acompaña a la elección de técnicas productivas. Esta conclusión resulta reforzada por la constatación de que las preferencias del personal menos cualificado por los hornos Bustamante nunca fuesen incontestablemente rebatidas por los críticos del "*ramo facultativo*" y que lograran sobrevivir hasta el siglo XX. O bien hemos de conceder credibilidad a la defensa de los hornos de Bustamante por Escosura (1878), basándose en el ya referido "*cotejo*" previo de Arciniega, o bien los "*prácticos*" locales lograron una sorprendentemente eficaz defensa de sus intereses. En cualquier caso, la elección de técnicas resultaría ser más compleja que la versión habitual ofrecida por los manuales de teoría económica.

El cambio técnico en la fase metalúrgica de la producción de mercurio en Almadén, del que no falta algún exponente, no parece, sin embargo, haber sido suficiente para evitar que los inconvenientes observados (diseño de los hornos, operaciones de fundición, preparación y clasificación del mineral, manipulación del producto final, etc.) redujeran significativamente su negativa influencia sobre las pérdidas de mercurio y el desgaste de la "*economía orgánica*" de los trabajadores durante el período considerado. Mucho menos intenso que el registrado en la fase minera del proceso productivo, es poco probable que el cambio técnico en la metalurgia del mercurio haya traído consigo modificaciones de alguna importancia en lo

que a la demanda de trabajo y a la productividad se refiere. Tampoco se observan alteraciones significativas de la organización del trabajo.

Sin embargo, un incidente ocurrido hacia final del período estudiado merece ser dado a conocer. En el contexto de un cierto enrarecimiento de las relaciones entre trabajadores y directivos debido a los efectos negativos sobre la contratación del descenso del nivel de actividad ocurrido a mediados del siglo XIX y con algunos sucesos semejantes, aunque de mucha menor entidad, en los años anteriores, tuvo lugar, en 1868, el apedreamiento del contratista de los trabajos de explanación previos a la construcción del horno modelo Pellet, que resultaría "malherido", y del ingeniero Cortazar. El comentario de la Revista Minera no deja lugar a dudas acerca de las causas del incidente:

*"por más que no tenemos detalles de este hecho vergonzoso, creemos deberá su origen a la resistencia que se opone sistemáticamente en aquella población a cualquier reforma facultativa en el Establecimiento, por efecto sin duda de las erróneas ideas que se propagan entre la gente obrera y empleados subalternos, de que con las reformas se disminuirá el trabajo y la colocación."*<sup>204</sup>

Este episodio de violencia laboral colectiva, del que tan pocos ejemplos se han registrado en la larga historia conocida de las Minas, quizás no sea independiente de los acontecimientos políticos del momento, pero, en cualquier caso, revela bien la reacción de los trabajadores ante las amenazas, ciertas o solamente percibidas como tales, sobre el nivel de empleo derivadas del cambio técnico. Como ya sabemos, este incidente se anticipa en unos años a la muerte, en 1874, de los ingenieros Monasterio y Buseta, el primero de los cuales llevó a cabo las "reformas" que introdujeron el maquinismo a gran escala en el Establecimiento. Si bien las "reformas" eran positivas en muchos sentidos y casi con toda seguridad inevitables, la "gente obrera" no tenía "erróneas ideas" acerca de su efecto sobre el empleo sino que acertó a predecir lo que inevitablemente acabaría ocurriendo: una reducción de los requerimientos laborales de las Minas.

---

<sup>204</sup> Revista Minera, Tomo XIX, p. 125.

## **V. La organización del trabajo en las Minas de Almadén: extracción de trabajo efectivo y productividad**

De entre los múltiples aspectos relacionados con la organización del trabajo en las Minas de Almadén, esta cuarta sección de la memoria se ocupa de los mecanismos estrictamente laborales –no técnicos, por tanto– que contribuyeron a que la *"falta de gente"* característica de las décadas iniciales del período estudiado fuese desapareciendo hasta trocarse en la *"plétora de brazos"* de mediados del siglo XIX. Esos mecanismos estrictamente laborales, cuyo éxito se vio reforzado por las presiones generadas por el aumento de la competencia en el mercado mundial del mercurio desde finales de la década de 1840 y por la política de reproducción de la fuerza de trabajo (*"conservación"* y captación de trabajadores), fueron puestos en práctica en el "interior" del el proceso productivo del mercurio y perseguían maximizar la extracción de trabajo efectivo, aumentando así la productividad del trabajo. Se trata de una vía alternativa o complementaria, según los casos, al cambio técnico y la consiguiente mayor eficiencia en el uso del factor trabajo que contempla la Economía Laboral de corte neoclásico. Se ha optado, pues, por abordar los aspectos organizativos que, a nuestro juicio, de mayor interés empírico y teórico. También son los que, a juzgar por la abundante documentación consultada, ocuparon en mayor medida la atención de los directivos de las Minas.

Comencemos con un poco de teoría. La distinción marxista entre trabajo -factor de producción- y fuerza de trabajo -capacidad potencial de realizar trabajo- dista de ser irrelevante. Por el contrario, obliga a prestar atención a algo tan fundamental como son los mecanismos mediante los cuales se logra que los trabajadores efectivamente trabajen. Para alcanzar este objetivo, las empresas no parecen confiar exclusivamente en la capacidad del mercado y del contrato de trabajo estipulado, pues raramente dejan de disponer de sistemas de control que incluyen desde el palo (sanciones) hasta la zanahoria (incentivos) para obtener de los trabajadores la conducta laboral deseada. Estos sistemas de control implican costes, pero pueden resultar muy rentables para el empresario. A este respecto, un

inciso: una abrumadora evidencia prueba que, a comienzos del período considerado en esta investigación, el rudimentario sistema de control de Almadén fallaba estrepitosamente en su función "extractiva", con obvias consecuencias sobre la productividad del trabajo.<sup>205</sup>

. Seguiremos a Bowless (1985). Este autor parte de una función de producción convencional

$$(1) \quad Q = f(X, L),$$

donde el output por unidad de tiempo,  $Q$ , es una función de  $X$ , vector de inputs materiales y servicios, y  $L$ , input de trabajo.  $L$  es el producto de  $L_p$ , horas de trabajo contratadas, por  $l^*$ , cantidad de trabajo hecho por hora, o  $L = L_p l^*$ . Dado que el esfuerzo laboral es influido por la probabilidad de ser detectado no trabajando y del coste del despido, el coste de una unidad de esfuerzo laboral es  $(w + p_s s) / l^*$ , siendo  $w$  el salario y  $p_s$  es el coste de la supervisión -algo bien distinto a la coordinación-  $s$ . Prescindiendo de pasos intermedios, Bowless (1985) establece una función de esfuerzo laboral

$$(2) \quad l^* = h(s, \ddot{e}^d),$$

donde  $h$  recoge las preferencias significativas de los trabajadores y  $\ddot{e}^d$  es la pérdida esperada de renta en caso de no cooperar en la "extracción" y ser despedido. La función (2) hace bien explícito: a) el papel de la supervisión -vigilancia- como coste que el empresario debe asumir para obtener trabajo efectivo; b) el efecto positivo de la vigilancia sobre la productividad del trabajo. Dentro de un enfoque semejante, Gordon (1990) ha propuesto la función de esfuerzo o extracción algo distinta:

$$(3) \quad l^* = l^*(w^*, s),$$

siendo  $w^*$  el incentivo salarial al esfuerzo y  $s$  la intensidad de la supervisión.

---

<sup>205</sup> Parece razonable suponer que las "pérdidas de productividad" debidas a la deficiencia de los sistemas de control no es una característica exclusiva de Almadén. Y que este caso es generalizable a todos los procesos productivos de ciertas dimensiones, complejidad y/o intensivos en trabajo. Sin embargo, la Historia Económica y la Economía han prestado escasa atención a este tipo de cuestiones.

Un tercer modelo teórico en la línea de los anteriores, se debe a Rebitzer (1993). En él,

$$(4) \quad e = e(J, S)$$

donde  $e$  es la intensidad del trabajo,  $J$  es el coste de la pérdida del empleo para el trabajador no cooperativo con la empresa y  $S$  es una medida de los recursos dedicados a la supervisión.

¿Qué nos dicen estos modelos acerca de nuestro caso? Simplificando, una política generalizada de incentivos planteaba exigencias en términos de información, supervisión y preferencias. Conseguir la información necesaria implicaba costes altos y no eliminaría totalmente los requerimientos de supervisión eficiente. Las preferencias de los trabajadores podían no ser compatibles con los estímulos salariales.<sup>206</sup> No faltan testimonios en los que se comprueba que la maximización de los ingresos a corto plazo no siempre constituía el objetivo de la conducta de los trabajadores.<sup>207</sup> En cuanto a  $w^d$  o  $J$ , mientras la "falta de gente" operaba aumentando el poder de negociación de los trabajadores, el temor al despido o a sanciones rigurosas era más bien escaso, especialmente para el componente estable -residentes en Almadén- de la fuerza de trabajo.<sup>208</sup> Por su parte, la supervisión, cuya necesidad no desaparecería ni con incentivos salariales adecuados ( $w^*$ ) ni

---

<sup>206</sup> Dado la elevada incidencia de las enfermedades y accidentes laborales y su relación con el esfuerzo laboral en algunas de las tareas fundamentales del proceso productivo, el objetivo de preservar la salud, coherente con el de maximizar la renta a lo largo del ciclo vital, podía ser contradictorio con estímulos salariales muy exigentes -y ello no era nada raro- en términos de siniestralidad y/o morbilidad. Si aceptamos curvas de oferta de trabajo peculiares para las economías preindustriales, la discusión acerca de la respuesta a los incentivos se complica.

<sup>207</sup> En octubre de 1762, el comentario de los técnicos alemanes ante las bajas retribuciones obtenidas por los "destajeros" de un sitio de excavación es bien ilustrativo al respecto: "se infiere no haber cumplido con su obligación y por haber en este sitio alguna gente feble pues algunas entradas que, hemos bajado a dicho sitio hemos encontrado no haber hecho más que un barreno cada uno y éste muy corto...y algunas veces les hemos reprendido bajasen a cumplir su obligación ahora y antes de ahora no lo ejecutaban sino es decir que si no lo trabajaban no lo llevaban." A. H. N., Minas de Almadén, Leg. 233.

<sup>208</sup> Si bien la aplicación de sanciones era práctica común, éstas no solían ir más allá del impago del jornal al trabajador detectado incumpliendo su "obligación". Por otra parte, consideraciones relativas al "desamparo" de "inocentes" -esposa e hijos- aparecen habitualmente limitando el rigor sancionador. Los "empleados" raramente eran castigados por incumplimiento de sus funciones. Más rigurosas solían ser las sanciones aplicadas a los temporeros.

con pérdidas esperadas de renta disuasorias ( $w^d$ ) o de empleo (J), planteaba problemas semejantes a los del trabajo productivo "normal": ¿quién vigila, y cómo, al vigilante? En resumen, las variables influyentes en la extracción de trabajo distaban de obtener necesariamente los efectos deseados durante el período caracterizado por la "falta de gente".

Pero, hacia finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, las cosas empezaron a cambiar. Para entonces, los mecanismos tendentes a lograr la reproducción ampliada de la fuerza de trabajo, unidos al cambio técnico en la fase minera, parecen ser capaces de asegurar la obtención de cantidades record de mercurio –véase Gráfico A.1. En cualquier caso, las referencias a la "falta de gente", tan frecuentes hasta los años 1780, desaparecen de la documentación. En estas condiciones, el poder de negociación de los trabajadores comenzó a disminuir haciendo posible la entrada de acción de cambios organizativos que incrementaron sustancialmente la productividad del trabajo por la vía extractiva. No es posible medir la incidencia de estos cambios, pues resulta muy difícil aislar sus efectos de los que producía el cambio técnico, pero todo parece indicar que fueron considerables.

¿En qué consistió el cambio organizativo? Pues, sencillamente, en un incremento de la cantidad y de la eficacia de la supervisión o el control sobre los trabajadores. El incremento de la cantidad se percibe claramente al comparar la evolución a largo plazo de la ratio supervisores/supervisados (controladores/controlados). El de la eficacia es algo menos evidente y consiste en la generalización de las subcontratas o, si se prefiere, en la exogeneización con incentivos de la supervisión. Hacia mediados del siglo XIX, la mayor parte de las principales actividades mineras y metalúrgicas se realizaban mediante una forma de subcontratación que recibía el nombre de "contratas". Básicamente, éstas consistían en la estipulación entre las Minas, representadas generalmente por algunos empleados de elevada jerarquía, y uno o varios particulares –trabajadores o no- denominados "asentistas" de un acuerdo para la ejecución de una determinada actividad durante un cierto tiempo. El acuerdo incluía un número variable de cláusulas, entre ellas el precio por unidad de trabajo físico realizado (arroba de mineral extraído, vara cúbicas excavadas, etc.) a percibir por el "asentista" y, en el caso más común, indicaciones acerca de cómo se elegirían los trabajadores que llevarían a cabo el trabajo, la duración de la jornada y la cuantía de su

retribución. Este último aspecto resultó particularmente importante cuando la "*plétora de brazos*" motivó el "*reparto de jornales*" entre la "*matrícula*" de los trabajadores "*de continuo*". La supervisión de las "*contratas*" corría a cargo del personal superior de las Minas (ingenieros y oficiales y ayudantes de oficial de minas y fundiciones, principalmente). Las "*contratas*" constituían, pues, una modalidad contractual que combinaba el trabajo a destajo –sólo para el "*asentista*"– y el trabajo a jornal –para los trabajadores asignados a la contrata en cuestión–. El "*asentista*" era en realidad un empresario que arriesgaba un capital –había que depositar unas fianzas que garantizaban el cumplimiento de la "*contrata*"– a cambio de un beneficio –no salario en sentido estricto– que surgía tras descontar de la cantidad recibida de las Minas en función del trabajo físico realizado los pagos efectuados en concepto de salarios y otros (aceite, sogas, herramientas, pólvora, etc.). Como puede apreciarse, las "*contratas*" exogeneizaban la supervisión de la conducta laboral de los trabajadores e incentivan la eficiencia en esa función mediante un mecanismo retributivo que vinculaba el beneficio del "*asentista*" con la cantidad de trabajo útil efectivamente realizado y no, como hace el salario, con una cierta jornada de trabajo de contenido no siempre bien precisado. Si bien la generalización de las "*contratas*" redujo el problema de cómo controlar al que controla, no implicaba su desaparición total, pues los "*asentistas*" disponían de un cierto margen de maniobra para incumplir las "*contratas*" en sus términos estrictos

Los efectos del cambio organizativo pueden percibirse en el Cuadro V.1.

Cuadro V.1: Control y productividad del trabajo en Almadén, años seleccionados.

|                                  | Jornadas de trabajo computadas |                                     |                 | IV<br>I/(II+III)<br>(%) | V<br>Mineral<br>(arrobas) | VI<br>V/(II+III)<br>(arrobas) |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|
|                                  | I<br>Sobrestantes              | II<br>Trecheadores<br>y henchidores | III<br>Carreros |                         |                           |                               |
| Mina del Pozo                    |                                |                                     |                 |                         |                           |                               |
| 1768                             | 1.410                          | 56.950                              | -               | 2,5                     | 178.640                   | 3,1                           |
| 1769 (1)                         | 844                            | 37.305                              | -               | 2,3                     | 101.770                   | 2,7                           |
| 1787 (2)                         | 1.516                          | 30.110                              | -               | 5,0                     | 335.900                   | 11,2                          |
| 1789 (3)                         | 832                            | 16.049                              | -               | 5,2                     | 172.200                   | 10,7                          |
| Minas del Pozo<br>y del Castillo |                                |                                     |                 |                         |                           |                               |
| 1797                             | 2.972                          | 49.681                              | 2.350           | 5,7                     | 790.220                   | 15,2                          |
| 1843-44                          | 1.732                          | 7.500                               | 7.378           | 11,6                    | 968.000                   | 65,1                          |
| 1850-51 (4)                      | 23                             | 88                                  | 69              | 14,6                    | 11.100                    | 70,7                          |
| 1851-52 (4)                      | 24                             | 98                                  | 63              | 14,9                    | 12.200                    | 75,8                          |

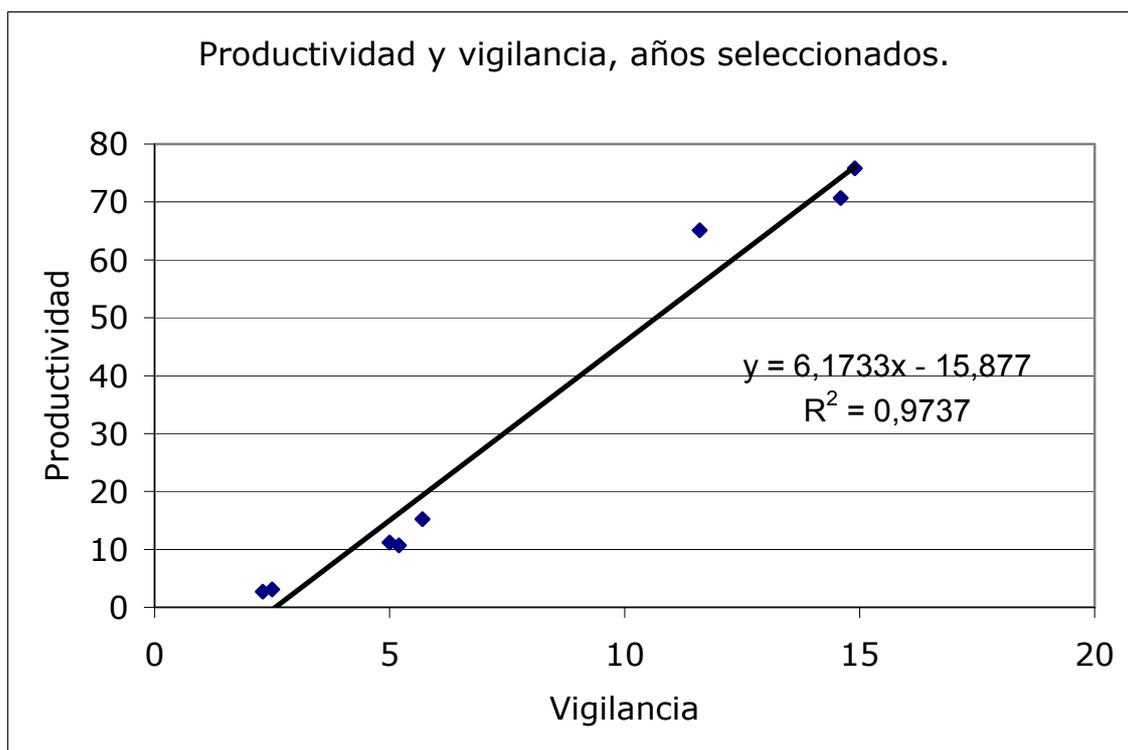
(1) Falta junio-septiembre; (2) Marzo-noviembre; (3) Enero-mayo; (4) Necesidades estimadas para cada entrada a las minas por la Dirección.

Fuente: Archivo Histórico nacional, legs. 21, 31, 786, 1113, 1225, 1463 y 2418 y Madoz (1849, p. 29).

El aumento de la productividad –véase la columna IV del Cuadro V.1- tiene en el cambio técnico a una de sus explicaciones más convincentes. Esta explicación, que denominaré “neoclásica”, puede rastrearse bien en el ejemplo representado por la extracción de mineral en Almadén: la productividad inicial fue ampliamente superada más tarde gracias a las modificaciones del sistema de laboreo introducidas por los técnicos alemanes, entre ellas la conexión más o menos tortuosa según los casos entre los trabajos interiores más profundos y el exterior a través del malacate instalado en el brocal del pozo principal de la Mina del Pozo; a finales del siglo XVIII, un nuevo incremento de la productividad aparece asociado al empleo de carros cuya introducción en las minas es inseparable

de la simplificación de la red de galerías que precedió y acompañó a la adopción del sistema de laboreo ideado por Larrañaga; la implantación definitiva del mismo tuvo sin duda que contribuir adicionalmente al aumento de la productividad, aunque sólo fuese gracias a la alteración de las respectivas proporciones en que se empleaban "carreros" y otros trabajadores en las extracciones.<sup>209</sup> Ahora bien, el llamativo crecimiento de la productividad del trabajo, medido en mineral extraído por jornada de trabajo, difícilmente pudo dejar de responder a otro cambio que se observa en el Cuadro IV.1: la proporción entre las jornadas de los trabajadores de control ("sobrestantes") y el resto pasa del 2,5% a casi el 15% durante el período considerado. La altísima correlación ente productividad y vigilancia en la extracción del mineral se aprecia en el Gráfico V.1.

Gráfico V.1



<sup>209</sup> Mientras que los "carreros" empujaban carros de mano que desplazaban unas ocho arrobas de mineral a lo largo de las galerías generales de transporte, los "trecheadores" transportaban a mano espuestas de algo más de una arroba por los lugares inaccesibles para las carretillas. Los "henchidores" eran quienes se ocupaban de los "tiros" mediante el malacate exterior o los tornos interiores empelados para los desplazamientos verticales del mineral.

Además, a mediados del siglo XIX, el control sobre el resto de los trabajadores era realizado no solo por otros trabajadores asalariados sino también por "*asentistas*" (subcontratistas elegidos mediante subasta) cuyos ingresos dependían mucho más directamente de su eficacia haciendo trabajar más a sus compañeros. La importancia de esta función "extractiva" (obtener más trabajo efectivo de una determinada cantidad de tiempo pactada en el "contrato" de trabajo) es indiscutible. La fijación de jornales por las Minas así parece haber acabado reconociéndolo: en 1768 y 1769, los jornales de "*sobrestantes*" y "*trecheadores*" eran, respectivamente, 7 y 6 reales; hacia 1843-44, el jornal de los "*sobrestantes*" era 15 reales cuando se ocupaban en esa función los propios "*asentistas*" y 10 reales en caso contrario, mientras que el de los "*carreros*" rondaba los 8 reales y el de los "*trecheadores*" los 6. Ese mayor control -y mejor pagado, absoluta y relativamente- sobre el trabajo de otros está altamente correlacionado con el aumento de la productividad. Esta explicación, que calificaré de marxista, radical o no-neoclásica del aumento de la productividad resulta alternativa o, como aquí vemos, complementaria a la "neoclásica".

El Cuadro V.2 ilustra también sobre los efectos de la exogeneización con incentivos de la supervisión.

Cuadro V.2: Productividad en las excavaciones, años seleccionados.

Panel 1: 1778-1791

|                    | Varas cúbicas excavadas por jornada |                         |              |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------|
|                    | I<br>Mina del Pozo                  | II<br>Mina del Castillo | III = I + II |
| 1778 (1)           | -                                   | 0,020                   | -            |
| 1779 (2)           | -                                   | 0,019                   | -            |
| 1781 (3)           | 0,023                               | 0,026                   | 0,025        |
| 1782               | 0,018                               | 0,019                   | 0,019        |
| 1785               | 0,013                               | 0,017                   | 0,014        |
| 1786               | 0,013                               | 0,014                   | 0,013        |
| 1787 (4)           | 0,015                               | 0,018                   | 0,016        |
| 1788 (5)           | 0,014                               | 0,019                   | 0,017        |
| 1789               | 0,022                               | -                       | -            |
| 1791 (6)           | 0,018                               | 0,020                   | 0,019        |
| Panel 2: 1815-1859 |                                     |                         |              |
| 1815 (7)           | 0,062                               | -                       | -            |
| 1816 (8)           | 0,052                               | -                       | -            |
| 1817 (9)           | 0,043                               | -                       | -            |
| 1847 (10)          | -                                   | 0,137                   | -            |
| 1848 (11)          | -                                   | 0,131                   | -            |
| 1849 (12)          | -                                   | 0,129                   | -            |
| 1852               | -                                   | -                       | 0,105        |
| 1854               | -                                   | -                       | 0,152        |
| 1855               | -                                   | -                       | 0,161        |
| 1856               | -                                   | -                       | 0,173        |
| 1857               | -                                   | -                       | 0,186        |
| 1858               | -                                   | -                       | 0,138        |
| 1859               | -                                   | -                       | 0,143        |

(1) Faltan junio, julio y septiembre; (2) Faltan enero y septiembre;  
 (3) Falta marzo (Castillo); (4) Faltan diciembre (Pozo) y abril (Castillo);  
 (5) Faltan septiembre y diciembre (Pozo); (6) Faltan enero-abril y septiembre  
 (Castillo); (7) Diciembre; (8) Enero y diciembre; (9) Enero; (10) Faltan marzo-  
 agosto y septiembre; (11) Mayo, septiembre y octubre; (12) Enero, febrero,  
 abril, julio y noviembre.

Fuente: A. H. N., Minas de Almadén, legs. 39, 48, 233, 354 y 753;  
 Bernáldez y Rúa (1861, Apéndice Estadístico) y Papeles privados...

Como puede apreciarse, en las excavaciones –donde se ocupaba el mayor número de trabajadores- se experimentó también un gran aumento de la productividad del trabajo. Al igual que en las excavaciones, una parte seguramente no despreciable de él es debida al cambio técnico, pero otra responde exclusivamente a la generalización de las "contratas". Podemos pensar que entre los resultados en términos de productividad de los años 1778-1791 y 1815-1817 media el avance más rápido de las excavaciones gracias al sistema de laboreo de Larrañaga. Ahora bien, entre los años 1815-1817 y 1847-1859 no se registra ningún cambio técnico capaz de afectar decisivamente a la productividad del trabajo en las excavaciones y sí el organizativo consistente en que el control del trabajo pasó a ser ejercido por "asentistas" y en un marco general de "plétora de brazos" que incrementaba adicionalmente su poder frente a los trabajadotes. Así, no era infrecuente que los "asentistas" emplearan clandestinamente a trabajadores no procedentes de la "matrícula" del Establecimiento y les pagasen por debajo de los mínimos fijados en la contrata. Por otra parte, los trabajadores destinados a "poner barrenos" (marcar el punto donde se deberían hacer para incrementar su efecto) o "pegar barrernos" (hacerlos estallar) podían ser forzados, o estimulados, por los "asentistas" a "hacer barrenos". Así, la productividad de mediados del siglo XIX podría estar algo artificialmente inflada por estas prácticas, mucho menos comunes o desconocidas ante de la generalización de las "contratas". Si el aumento de la productividad resultó notable, la transferencia del control por las Minas a los "asentistas" no dejaba de tener inconvenientes para las Minas, que ilustraremos mediante el ejemplo de las excavaciones.

En primer lugar, los "asentistas", que constituían un grupo reducido de individuos, podían coaligarse para forzar un aumento de sus beneficios mediante el simple recurso de dejar desiertas ciertas "contratas" poco remuneradoras.

En segundo lugar, los "asentistas" solían aprovecharse de la progresiva reducción del número de "entradas" –a las minas- garantizadas a los barreneros en virtud del "reparto de jornales". Para ello, recurrían a retribuir los barrenos que excedían a la obligación laboral prefijada –uno y sólo uno por "entrada"- mediante la mitad del jornal prefijado en la

"contrata". Esta práctica rebajaba el coste laboral para el "asentista" y, dadas las adversas condiciones ambientales y sus efectos sobre la salud de los trabajadores, acababa incrementando los costes de reproducción de la fuerza de trabajo asumidos por el Establecimiento.<sup>210</sup>

En tercer lugar, los "barrenos extraordinarios" mencionados en el punto anterior perjudicaban a quienes no podían –por estar en condiciones físicas deficientes- o no querían hacerlos, pues el avance de las excavaciones más rápido del previsto les privaba de las jornadas de trabajo establecidas en los planes de "reparto de jornales".<sup>211</sup>

En cuarto lugar, los "asentistas" que contrataban más de un tajo de excavación destinaban los trabajadores más capaces a aquellos que ofrecían mayores perspectivas de rentabilidad, con lo que éstos, no necesariamente los de mayor interés para la marcha general de las labores, avanzaban más rápido, alternado así la planificación de la Dirección.<sup>212</sup>

De lo anterior se deduce que la subcontratación no eliminaba todos los problemas derivados de las peculiaridades del mercado de trabajo. Estas peculiaridades han pasado inadvertidas para la corriente neoclásica mayoritaria en el pensamiento económico. No así, como se ha visto, para algunos autores influidos por el marxismo, que enfatizan el conflicto consistente en extraer trabajo (factor de producción) de la fuerza de trabajo (mercancía) comprada en el mercado cuando existe separación entre propiedad y trabajadores. Tampoco para Stiglitz (2000), para quien "*labor is not like other factors*" porque existen información imperfecta y costes de agencia.

---

<sup>210</sup> De ello se quejaba el Director en un informe de 1852, al señalar que "*necesita [el barrenero] para ganar 15 o 20 reales desplegar esfuerzos extraordinarios y en consecuencia hacen frecuentes y prolongadas estancias en el hospital y ser diferentes veces atendido en los trabajos de saneo ocasionando un verdadera defraudación a la Hacienda pública.*" Archivo Histórico Nacional, Minas de Almadén, Leg. 2412.

<sup>211</sup> "...las excavaciones se hacen con una celeridad mucho mayor de la que prudencialmente se juzga y esto ocasiona que la Dirección facultativa se vea abrumada a mediados de mes con porción de destajeros [barreneros] solicitando ocupación cuando en haber orden la tendrían durante todo él." *Ibidem*.

<sup>212</sup> "...facultado el asentista para subastar diferentes sitios [tajos]...inspecciona en los primeros días las circunstancias de la localidad de cada uno, las condiciones de la roca, etc., etc., y de sus observaciones infiere el que promete mejores resultados, a cuyo punto destina los obreros mas aptos. Consecuencias de este abuso son la inexacta apreciación del valor de cada sitio, el avance irregular y desordenado de las excavaciones y la distribución arbitraria de los obreros..." Bernáldez y Rúa, 1861, p. 134.

Durante las últimas décadas de la primera mitad del siglo XIX, son evidentes los resultados de la retroalimentación entre cambios técnicos y organizativos. La productividad del trabajo había aumentado considerablemente y se habían generalizado prácticas de reparto del trabajo que intentaban minimizar los costes sociales de la "*plétora de brazos*" para la población de Almadén. Ahora bien, la irrupción de Estados Unidos como gran productor de mercurio y, en consecuencia, la desaparición del cuasimonopolio internacional de Almadén forzó a una reconsideración en profundidad de las prácticas laborales anteriores (drástica contracción del "*peonaje*", rechazo de forasteros, etc.).

## VI. Conclusiones

Durante el período estudiado, las Minas de Almadén lograron un sustancial aumento de la productividad del trabajo mediante el cambio técnico y organizativo.

En repetidas ocasiones, las Minas se situaban lejos de la frontera técnica de la Europa de la época, pero también en otras se situaron en ella o muy cerca por algún tiempo. Para el período estudiado, las fases del primer tipo parecen más prolongadas que las del segundo. Sin embargo, ello no impide que alguna forma de innovación, siquiera modesta, aparezca frecuentemente.

Además de reducir la ratio trabajo/producto y el coste de producción unitario, como ocurrió en la extracción del mineral, el cambio técnico observado en Almadén persigue otros objetivos. En el caso de la sustitución de la enmaderación por la fortificación definitiva con mampostería, se trataba de incrementar la eficiencia técnica a fin de hacer posible la prosecución ininterrumpida de una explotación amenazada por la creciente anchura de los criaderos y por la falta de madera adecuada para garantizar la seguridad de las minas. El cambio técnico en el desagüe respondía a una finalidad mixta: hacer físicamente posible la explotación sin aumento, o con cierta reducción, al menos temporal, de la relación trabajo/producto y del coste de producción unitario. El cambio técnico también brilla por su ausencia, o es claramente insuficiente en otros aspectos, no precisamente faltos de implicaciones, del proceso productivo. El ejemplo más llamativo a este respecto es el de la ventilación de las minas.

En cualquier caso, la valoración de los resultados del cambio técnico en la fase minera del proceso productivo del mercurio en Almadén no debería pasar por alto la incidencia de los rendimientos decrecientes que caracterizan a las actividades subterráneas.

En cuanto a la fase metalúrgica, cabe la duda razonable de si las propuestas de cambio técnico basadas en la sustitución de los hornos de aludeles por los de Idria respondía estrictamente a su superioridad técnica y/o económica. Este extremo fuerza a considerar la existencia de conflictos de intereses corporativos en torno a las técnicas en uso y a su cambio. Es

ésta una peculiaridad de la tecnología que no siempre es reconocida por la teoría de inspiración neoclásica, que parecería más inclinada por formular proposiciones normativas que positivas.

La contribución de la innovación organizativa al aumento de la productividad adopta una modalidad no-neoclásica, marxista o radical, cual es el aumento de la extracción de trabajo efectivo mediante cambios en la intensidad y la eficacia de la supervisión. La transición desde la "falta de gente" a la "plétora de brazos" redujo el poder de negociación de los trabajadores y favoreció el aumento de la productividad del trabajo por esta vía. Los problemas asociados a la conversión del trabajo potencial en trabajo efectivo –la extracción de trabajo- estaban siempre presentes en Almadén. Tampoco en este campo parece suficiente la aproximación que realiza la teoría neoclásica.

En el Esquema VI.1 se ha intentado mostrar una selección de las fase, los determinantes y los resultados de cambio técnico y organizativo en Almadén entre 1740 y 1880.

| Esquema VI.1: Fases, determinantes y resultados del cambio técnico y organizativo en las Minas de Almadén, 1740-1880. |                      |           |                      |               |           |
|---|----------------------|-----------|----------------------|---------------|-----------|
|   | <b>FASES</b>         |           |                      |               |           |
| <b>DETERMINANTES</b>  | 1740-1759            | 1760-1807 | 1808-1829            | 1830-1849     | 1850-1880 |
| Marco político  | Período colonial     |           | Período postcolonial |               |           |
| Mercado internacional   | Cuasimonopolio       |           |                      | Oligopolio    |           |
| Objetivo empresarial  | Maximizar producción |           | Mantener producción  | Reducir coste |           |
| Influencia en la Hacienda   | Muy alta             |           | Baja                 | Alta          | Baja      |
| Restricciones:  |                      |           |                      |               |           |
| Laboral   | Alta                 | Alta      | Media                | Baja          | Baja      |
| Presupuestaria  | Baja                 | Media     | Alta                 | Media         | Alta      |
| Técnica   | Alta                 | Media     | Baja                 | Baja          | Baja      |
| Conflicto social  | Bajo                 | Bajo      | Medio                | Bajo          | Alto      |
|   |                      |           |                      |               |           |
| <b>RESULTADOS</b>   |                      |           |                      |               |           |
| Cambio técnico  | Bajo                 | Alto      | Bajo                 | Bajo          | Alto      |
| Cambio organizativo   | Bajo                 | Medio     | Medio                | Medio         | Alto      |

Las conclusiones que se desprenden del Esquema VI.1 pueden calificarse de eclécticas. En efecto, la innovación técnica y organizativa presenta fluctuaciones. El Estado español, en su calidad de propietario de las Minas, fue capaz de innovar técnica y organizativamente, y no poco, en el transcurso de algunas de las fases (1760-1807) y (1850-1880) en que puede subdividirse el período estudiado. Pero también dejó de hacerlo en otras (1740-1759 y 1808-1849). Por otra parte, los resultados, en lo que a la intensidad de los cambios se refiere, los conjuntos de circunstancias presumiblemente determinantes son muy diversos: el poder de mercado desincentiva la innovación, pero no la impide, si el objetivo empresarial y la influencia sobre la Hacienda son suficientemente poderosos; la competencia la estimula pero asegura la innovación; el conflicto social en 1850-1880 no impidió la innovación, pero sí influyó sobre la distribución de las ganancias de productividad obtenidas.<sup>213</sup> Probablemente, la falta de correspondencia unívoca entre determinantes y resultados de la innovación técnica y organizativa no sea una conclusión menor. Y ello porque parece inducir a la duda acerca de la existencia de un conjunto de determinantes privilegiados en cuanto a su influencia sobre la innovación técnica y organizativa, al menos en el caso que nos ocupa.

---

<sup>213</sup> Aunque no incluida en el Esquema VI.1, por razones de consistencia, es muy probable que la gran riqueza del yacimiento explotados por las Minas de Almadén haya operado permanentemente como un factor disuador de la innovación.

## VII. Bibliografía citada

ANCIOLA, A. L. (1855), "Resultado de algunas innovaciones hechas por vía de ensayo en los hornos antiguos o de Bustamante, en el Establecimiento de Almadén", Revista Minera, V, pp. 426-433.

"Apuntes para el estudio y reformas que demanda el establecimiento de minas de azogue Almadén", Revista Minera, V, pp. 481-198 y 518-537.

BERNÁLDEZ, F. y RÚA, R. (1861), Memoria sobre las Minas de Almadén y Almadenejos, Madrid.

-- (1862), Reseña sobre la historia, la administración y la producción de las minas de Almadén y Almadenejos, Madrid.

BETANCOURT, A. de (1783a), Primera memoria sobre las aguas existentes en las Reales minas del Almadén en el mes de Julio de 1783: y sobre máquinas, y demás concerniente a su extracción, Ms.

-- (1783b), Segunda memoria sobre las máquinas que se usan en las Minas del Almadén, en que se expresan sus ventajas, y defectos, y algunos medios de remediarlas, Ms.

-- (1783c), Tercera Memoria sobre todas las operaciones que se hacen dentro del Cerco en que están los hornos de fundición, Ms.

BOWLESS, S. (1985), "The Production Process in a Competitive Economy: Walrasian, Neo-Hobbesian, and Marxist Models", American Economic Review, 1, pp. 16-36.

CARAVANTES, F. (1828), Estado de las minas de Almadén en fin de diciembre de 1828, Ms.

CIPOLLA, C. (1999), La odisea de la plata española, Crítica, Barcelona.

COMIN, F. (1985), Fuentes cuantitativas para el estudio del sector público en España, 1801-1980, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.

-- (1987), El presupuesto del Estado

Comisión de visita al establecimiento de Almadén (1906), Mimeo.

CORIAT, B. (1982), El taller y el cronómetro, Siglo XXI, Madrid.

DERRY, T. E. Y WILLIAMS, T. I. (1980), Historia de la tecnología, 2vols., Siglo XXI, Madrid.

DOBADO GONZÁLEZ, R. (1989), El trabajo en las Minas de Almadén, tesis doctoral leída en la Universidad Complutense.

-- (1994), "Labor Force and Mercury Production in Almadén, Spain, 1759-1808", WEST, R. C. y CRAIG, A. K. (eds.), In Quest of Mineral Wealth: Aboriginal and Colonial Mining and Metallurgy in Spanish América, Geoscience and Man, vol. 33, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA, pp. 218-231.

-- (1997), "Las Minas de Almadén, el monopolio del azogue y la producción de plata en Nueva España en el siglo XVIII", SÁNCHEZ, MIRA y DOBADO, La savia del Imperio, Ediciones Universidad de Salamanca, pp. 403-495.

-- (2002) "El monopolio estatal del mercurio en Nueva España durante el siglo XVIII", Hispanic American Historical Review, 82:4, pp. 685-718.

DOBADO, R. y MARRERO, G. (2001), "Minería, crecimiento económico y costes de la Independencia en México", Revista de Historia Económica, XIX, 3, pp. 573-611.

ELHUYAR, F. de (1825), Memoria sobre el influjo de la Minería..., Madrid. Encyclopaedia Británica, CD-ROM, 1999.

Estadísticas Minera (1840), Madrid.

ESCOSURA, L. De la (1878), Historia del tratamiento metalúrgico del azogue en España, Madrid.

EZQUERRA, J. (1839), Elementos de laboreo de minas, Madrid.

GENSANNE, M. de (1776), Traité de la fonte des mines, II, Paris.

HOPPENSACK, J. M. (1793), Minería práctica, Ms.

HUYOT, M. E. (1853), "Notice sur la mine et l'usine d'Idria", Annales de Mines, 5, pp. 7-68.

GORDON, D. M. (1990), "Who Bosses Whom? The Intensity of Supervision and the Discipline of Labour", American Economic Review, 80, 2, pp. 28-32.

GORDON, D. M., EDWARDS, R. y REICH, M. (1986), Trabajo segmentado, trabajadores divididos, Alianza, Madrid.

HUMBOLDT, A. von (1822), Ensayo político sobre el reino de Nueva España, Vol. III, Paris.

KLEIN, H. (1994), Las finanzas americanas del imperio español, 1680-1809, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.

-- (1995), "The Great Shift: The Rise of Mexico and the decline of Peru in the Spanish American Colonial Empire, 1860-1809," Revista de Historia Económica XIII, 1, pp. 35-61.

LANG, M. F. (1977), El monopolio estatal del mercurio en el México colonial, 1550-1710, Fondo de Cultura Económica, México.

LARRUGA, E. (1792), memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España, XVII, Madrid.

LILLEY, S. (1973), Hombres, máquinas e historia, Ártica, Madrid.

MADOZ, P. (1845), Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar, II, Madrid.

MARICHAL, C. (1999), La bancarrota del virreinato. Nueva España y las finanzas del Imperio español, 1780-1810, Fondo de Cultura Económica-Colegio de México, México.

MARICHAL, C. y SOUTO, M. (1994), "Silver and Situated: New Spain and the Financing of the Spanish Empire in the Caribbean in the Eighteenth Century", Hispanic American Historical Review, 74, 4, pp. 587-613.

MARTÍN, V. (1980), Los Rothchild y las Minas de Almadén, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.

MATILLA, A. (1958), Historia de las Minas de Almadén, Vol. I, Consejo de Administración de las Minas de Almadén y Arrayanes, Madrid.

-- (1987), Historia de las Minas de Almadén, Vol. II, Minas de Almadén y Arrayanes, Madrid.

"Mejoras importantes que reclaman las minas de Almadén", Guía del Minero, I, 6, 7, 8, 9 y 10.

MORETE, J. (1857), "Descripción general de Almadén, Almadenejos, minas y demás de su territorio", Revista Minera, VIII, pp. 338-384.

NADAL, J. (1975), El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913, Ariel, Barcelona.

OTAZU, A. de (1987), Los Rothschild y sus socios en España, 1820-1850, O. Hs. Ediciones, Madrid.

ORTEGA, J. de (1802), Nuevo método más seguro, económico y ventajoso de beneficiar por fundición o destilación las Minas de Azogue de Almadén, Ms.

Papeles privados de un ingeniero de minas de nombre desconocido.

PARÉS, J. (1778), Cataprophe morboso de las Minas Mercuriales de la Villa de Almadén del Azogue, Ms.

PONTES, J. M. (1900), Historia de la antigua ciudad de Sisapón, Madrid.

PRADO, C. De (1846), Minas de Almadén. De la composición geológica de sus criaderos, con una noticia sobre el sistema seguido en su laboreo y en el beneficio de sus minerales, Madrid.

PRADOS, L. (1982), "Comercio exterior y cambio económico en España, 1792-1849", FONTANA (ed.), La economía española al final del Antiguo Régimen III. Comercio y Colonias, Alianza Editorial, Madrid, pp. 171-250.

RANDALL, R. W. (1977), Real del Monte: Una empresa minera británica en México, Fondo de Cultura Económica, México.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (1970), Diccionario de la lengua española, Espasa Calpe, Madrid.

REBITZER, J. B. (1993), "Radical Political Economy and the Economics of the Labour Market", Journal of Economic Literature, 31,3, pp. 1394-1443.

Revista Minera (1875), XXVI, p.128-130.

SÁNCHEZ MARTÍN, G. (1924), "Estudio médico del hidrargirismo de las Minas de Almadén", Revista Minera, LXXV, 2.919, pp. 133-139 y 150-154, y 2.921, pp. 165-172 y 187-193.

SÁNCHEZ GÓMEZ, J. (1997), "La técnica en la producción de metales monedables en España y América, 1500-1650", SÁNCHEZ, MIRA y DOBADO, La savia del Imperio, Ediciones Universidad de Salamanca, pp. 17-264.

SÁNCHEZ MOLERO, L. M. (1856-1859), "Memoria sobre azogues", Revista Minera, VII, VIII, IX y X.

SCHMITZ, C. J. (1979), World Non-Ferrous Metal Production and Prices, 1700-1976, Frank Cass and Company Limited, London.

SEGRETO, L. (1991), Monte Amiata, Franco Angeli, Milán.

STIGLITZ, J. (2000), "Democratic Development as the Fruits of Labor", Keynote Address, Industrial Relations Research Association, Boston.

TOHARIA, L. (1984), "Extracción de trabajo y cambio técnico: el caso de la fábrica McCormick de Chicago, 1880-1900", Revista de Historia Económica, 1, pp. 105-126.

ZARRALUQUI, J. (1934), Los almadenes de azogue, Librería Internacional de Romo, Madrid.

ZUAZNÁVAR, M. (1880), Almadén en noviembre de 1879, Madrid.

VIII. Apéndice gráfico

Gráfico A.1

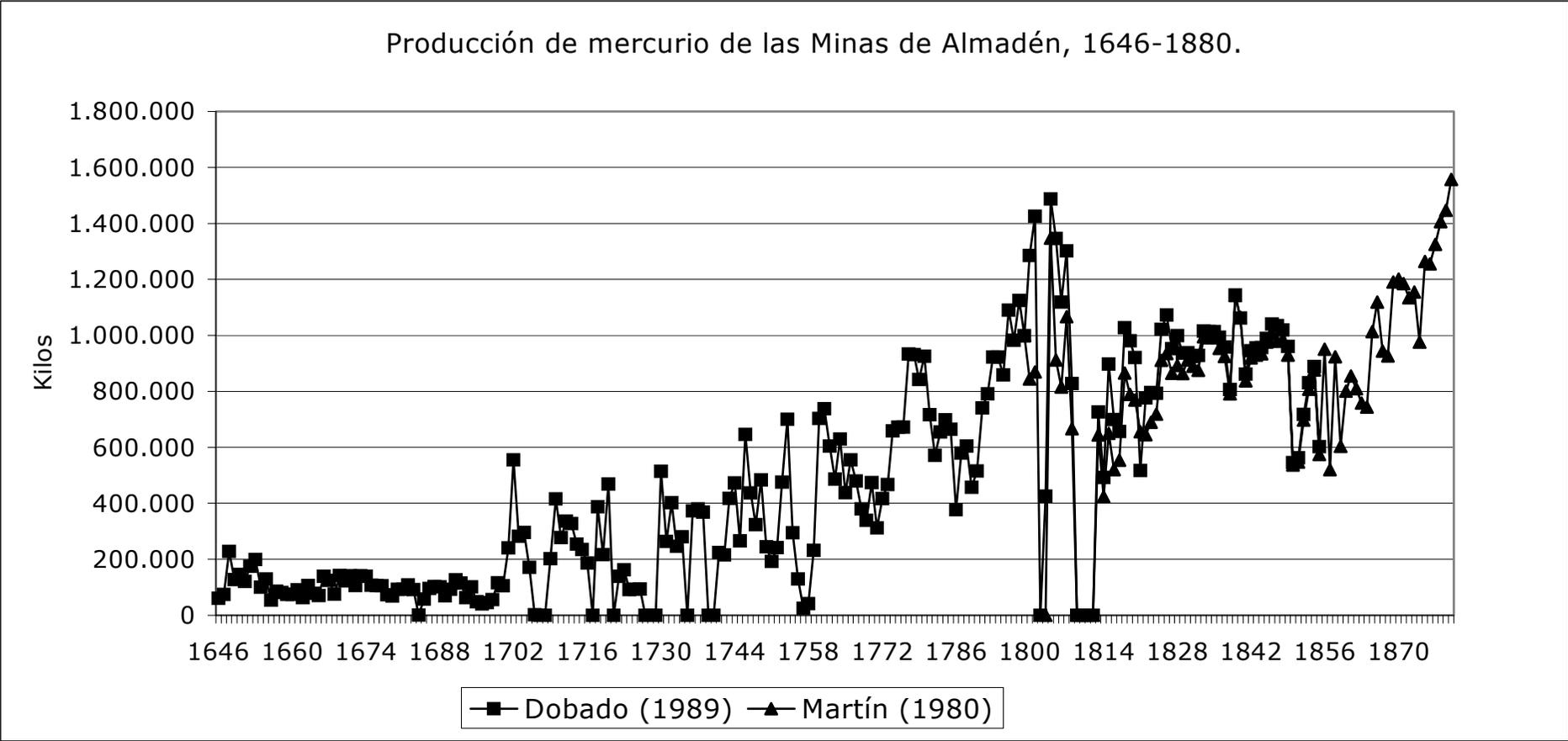


Gráfico A.2

Tendencias de la producción de mercurio  
(Filtro Hodrick-Prescott)

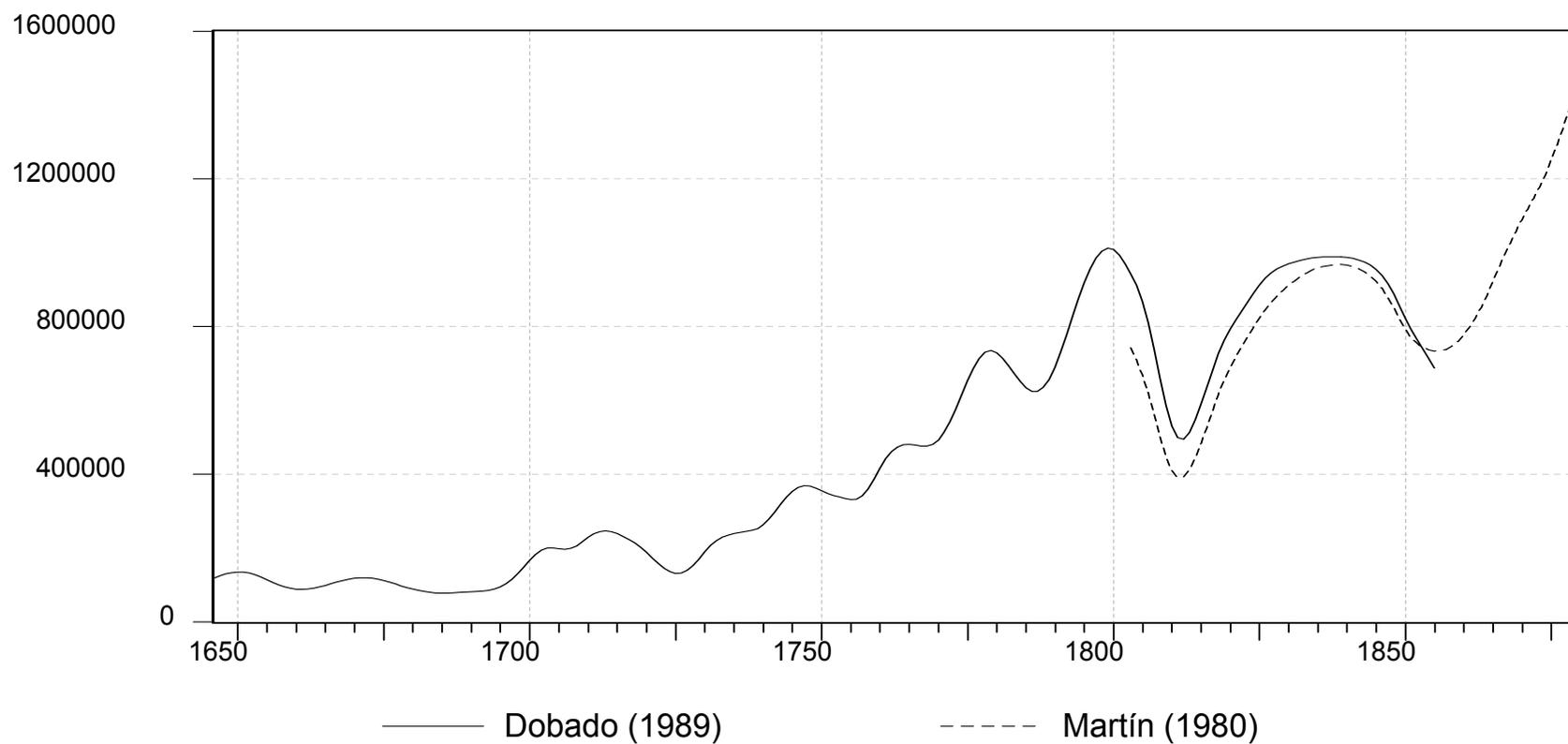


Gráfico A.3

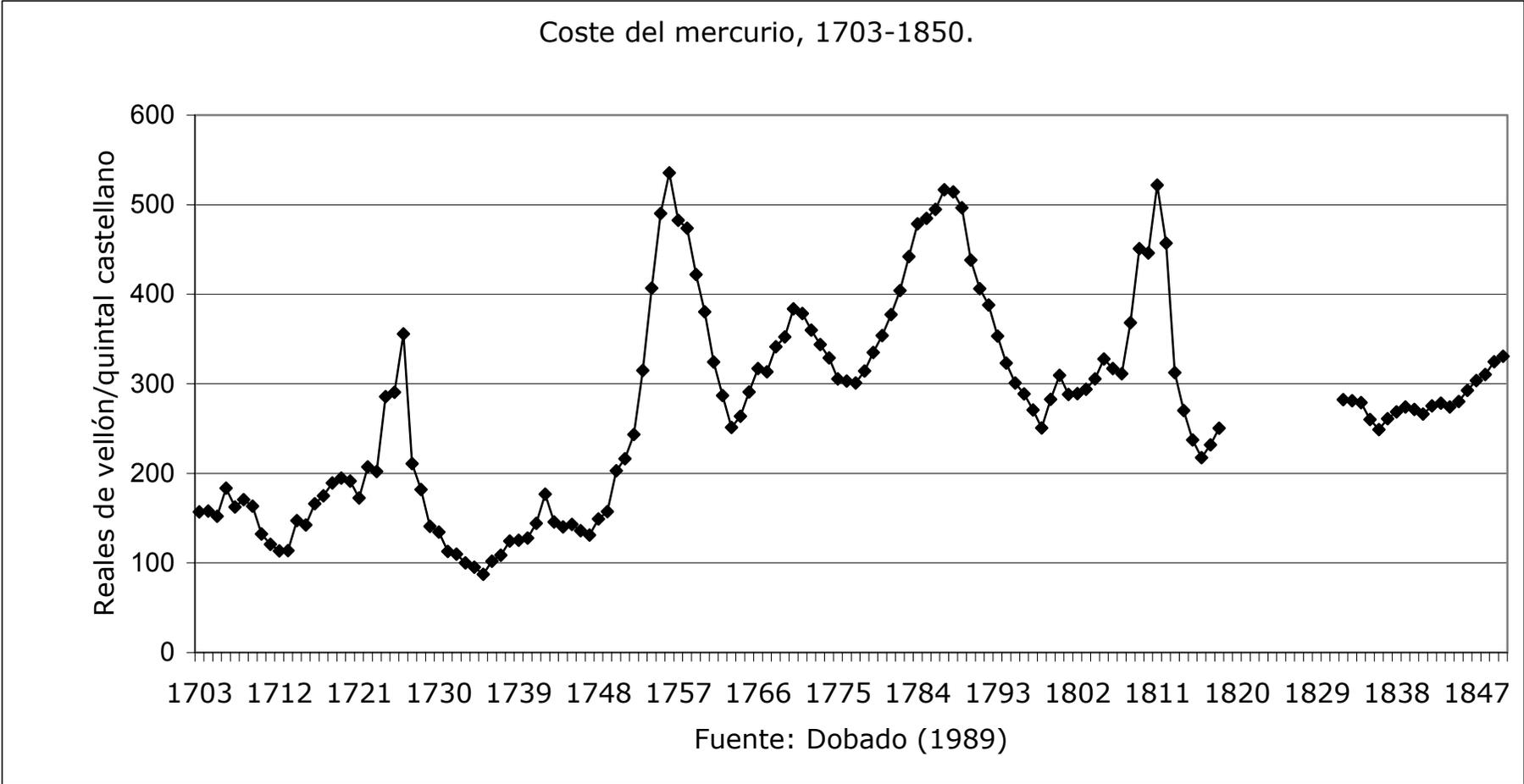
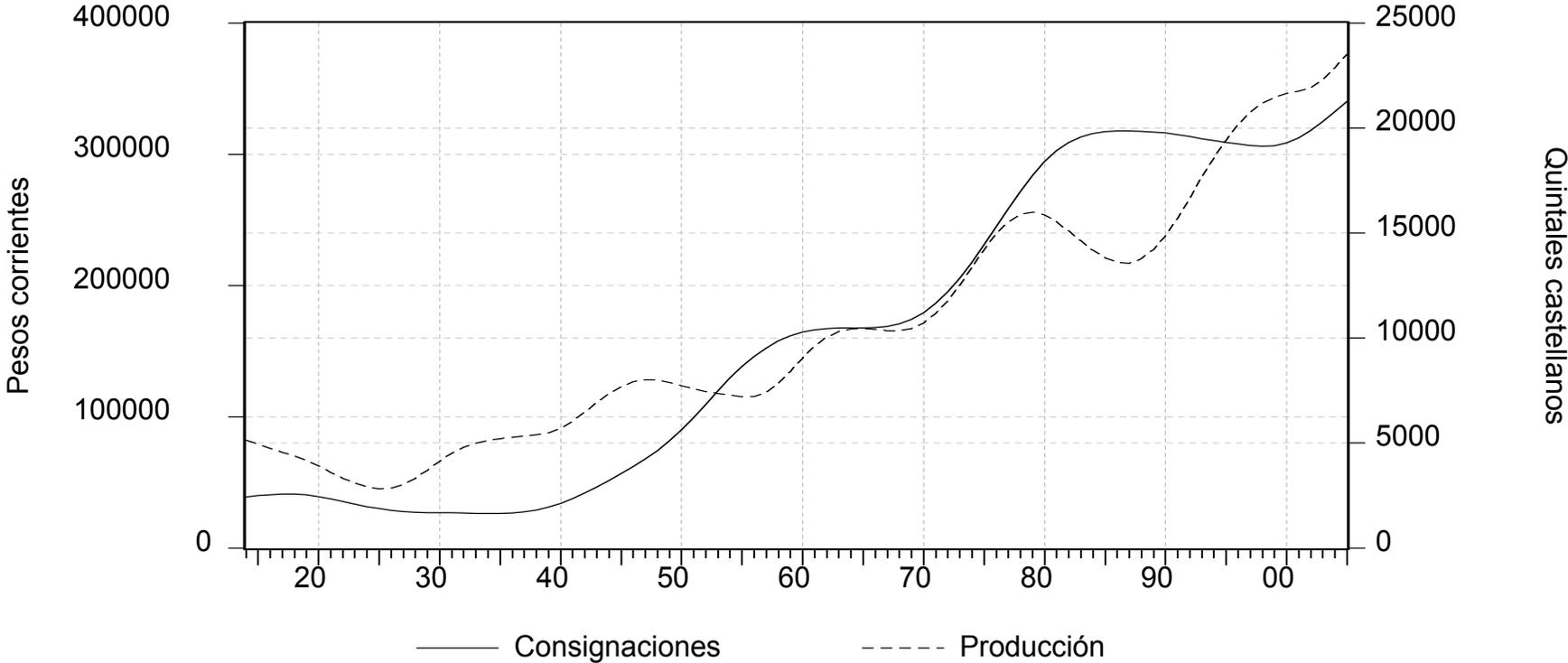


Gráfico A.4

Consignaciones y producción de las Minas de Almadén, 1714-1805.



Fuente: Dobado (1989)

## IX. Ilustraciones

Ilustración 1

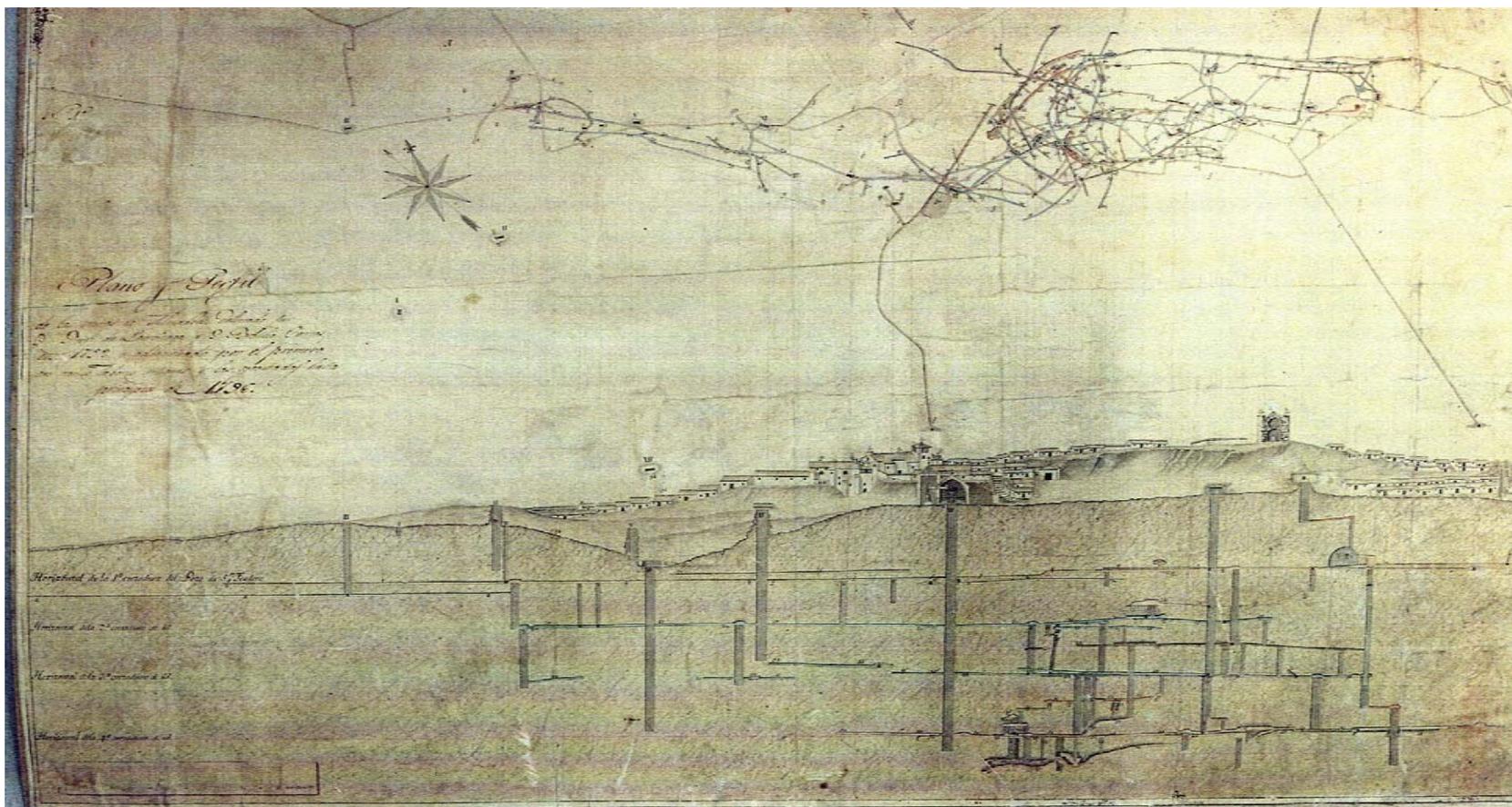


Ilustración 2

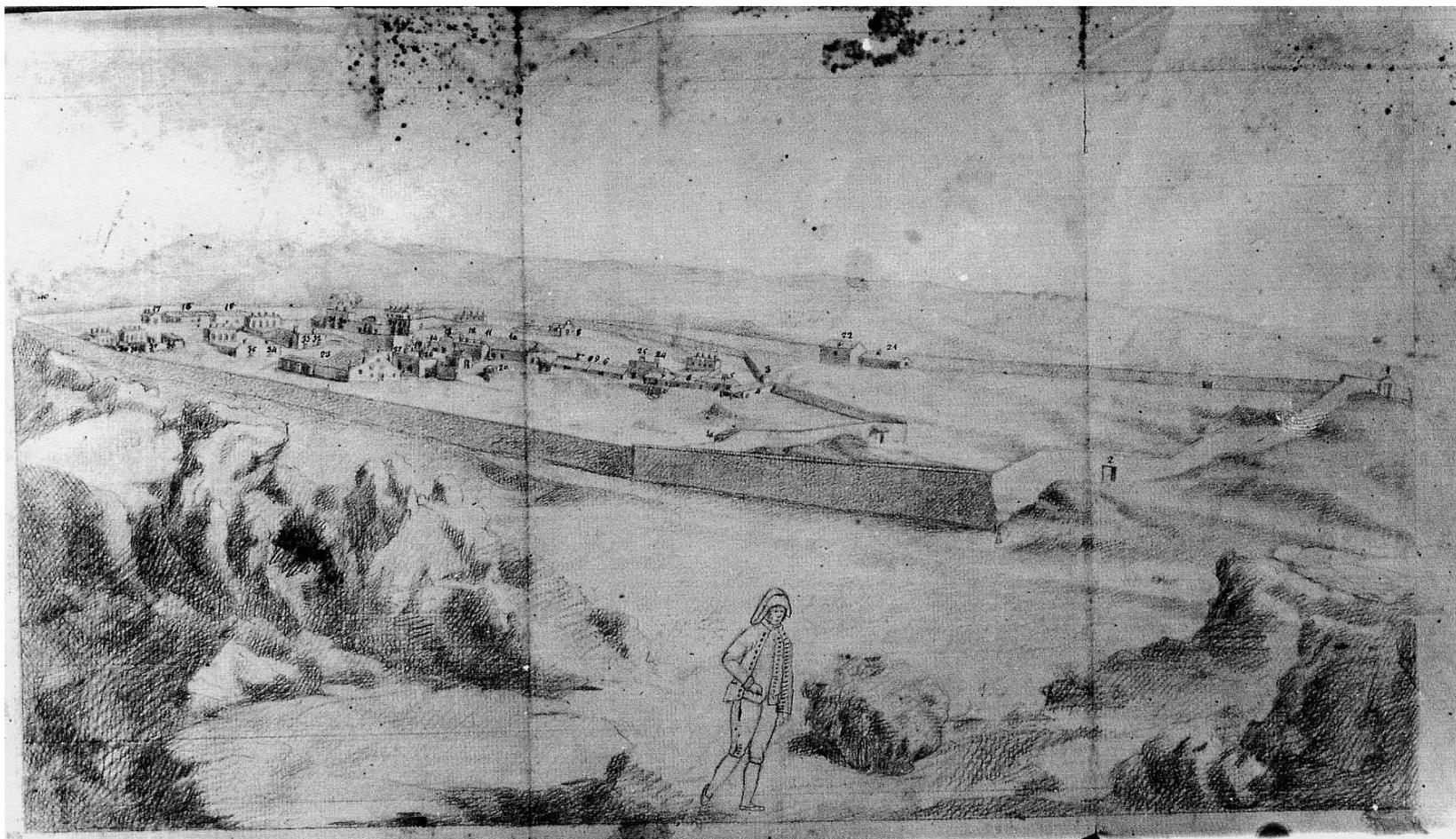


Ilustración 3

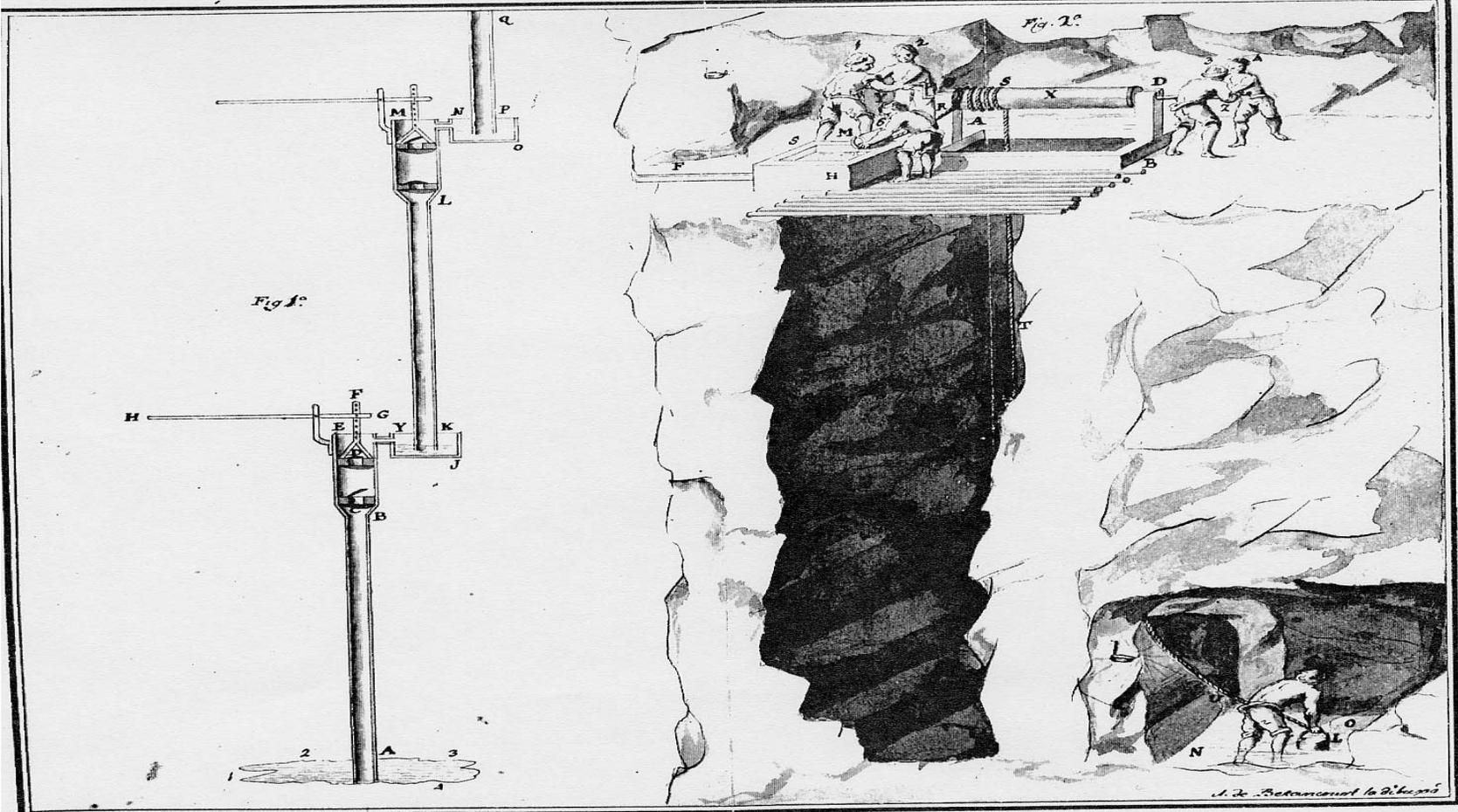


Ilustración 4

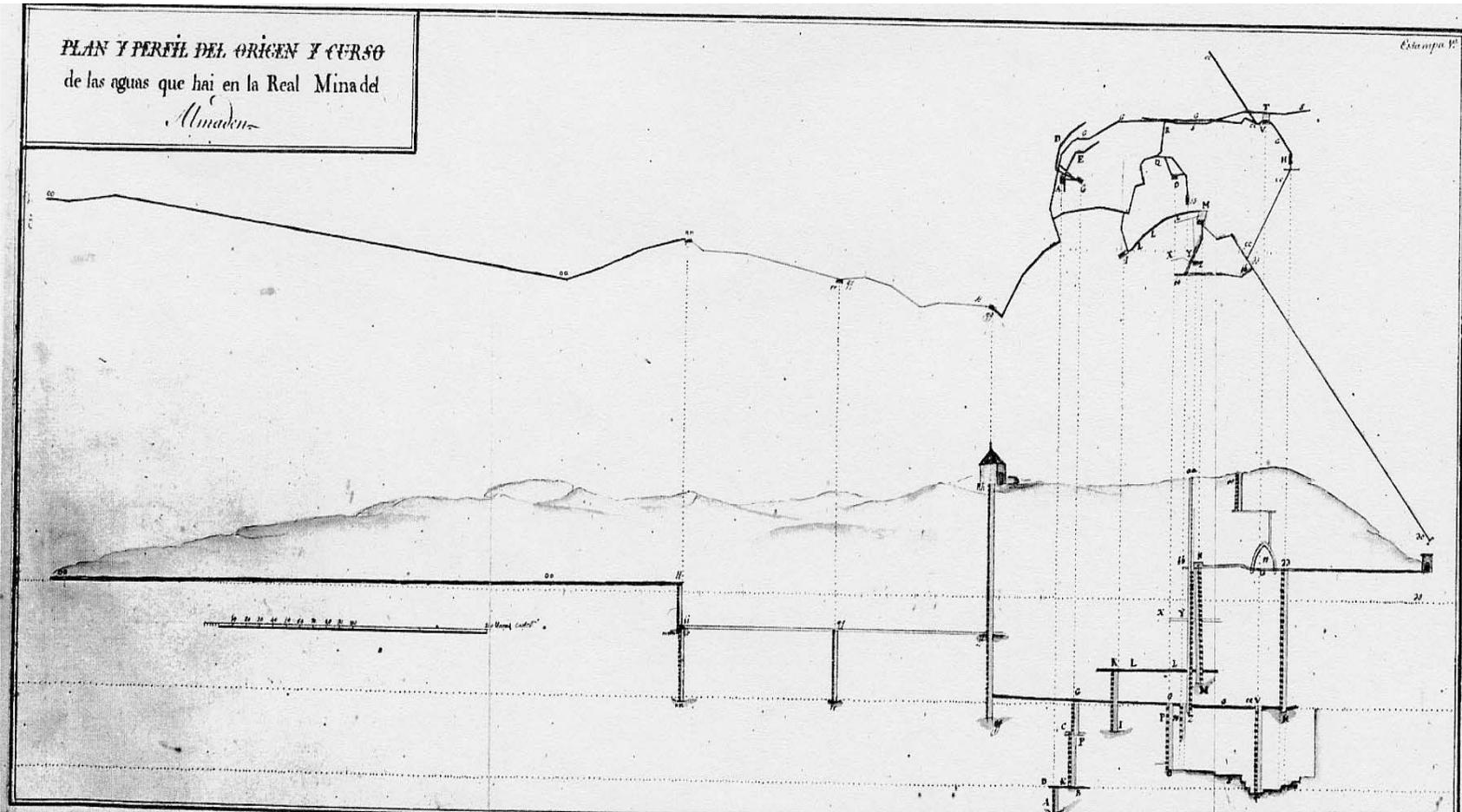


Ilustración 5

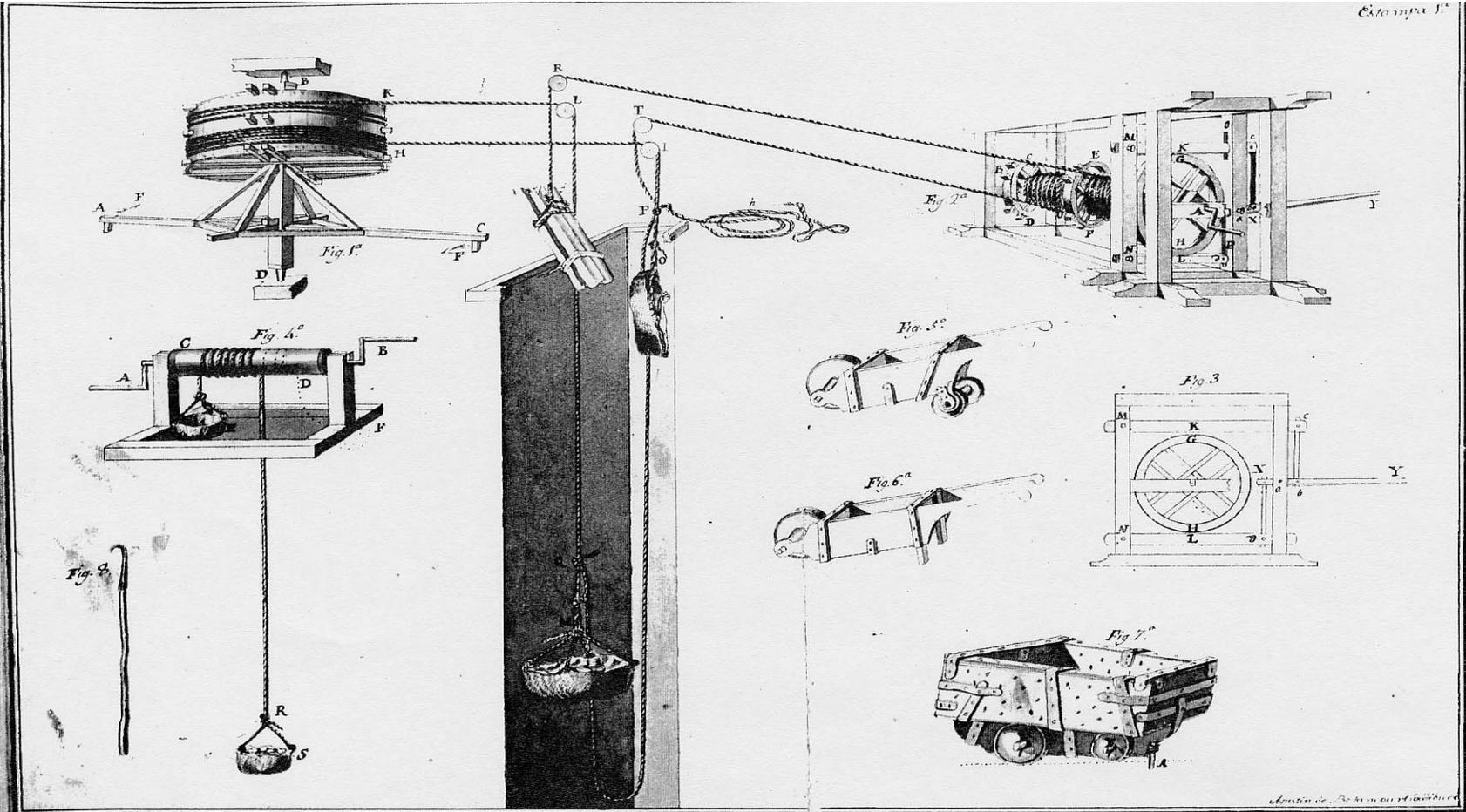


Ilustración 6

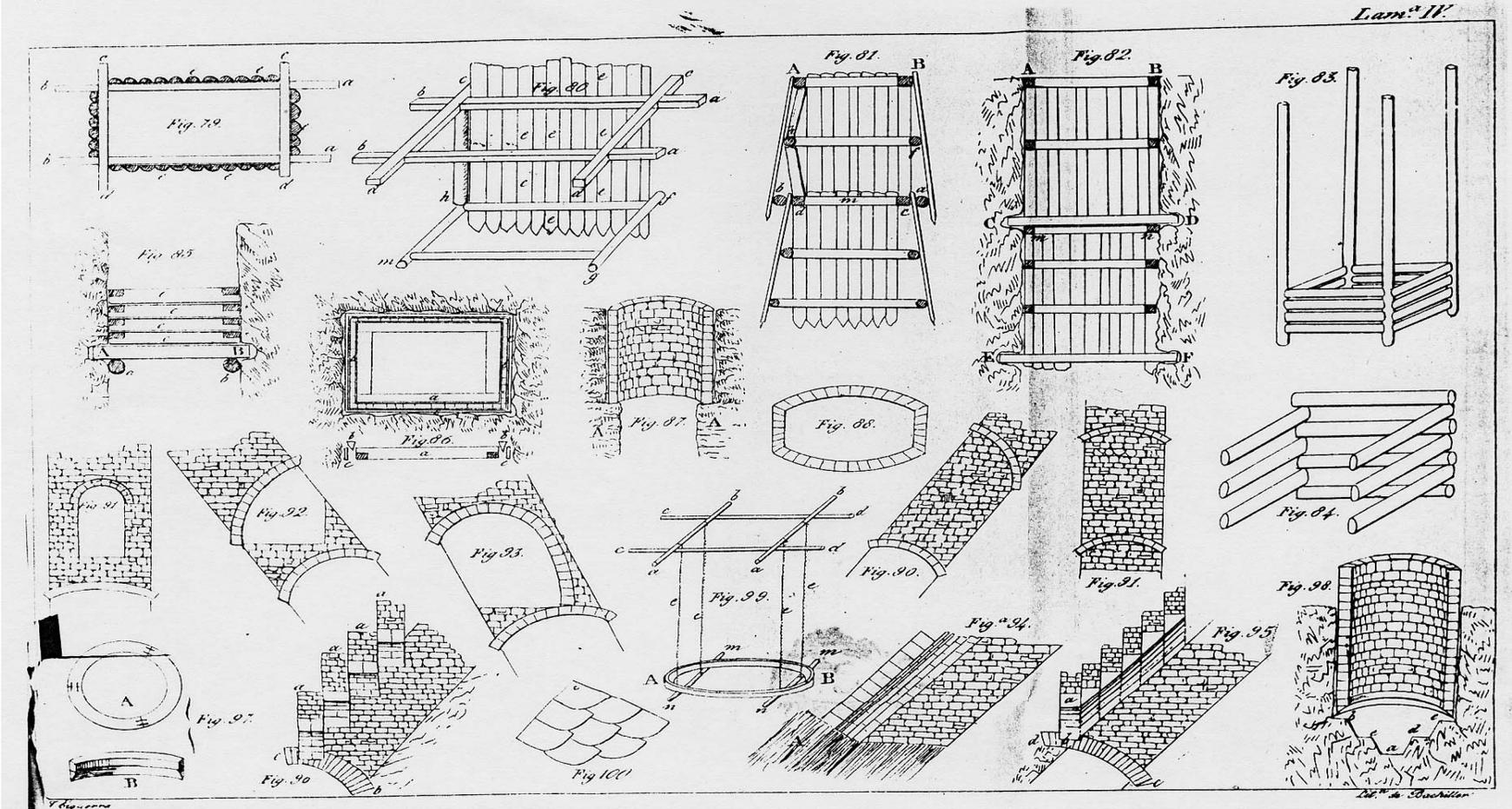


Ilustración 7

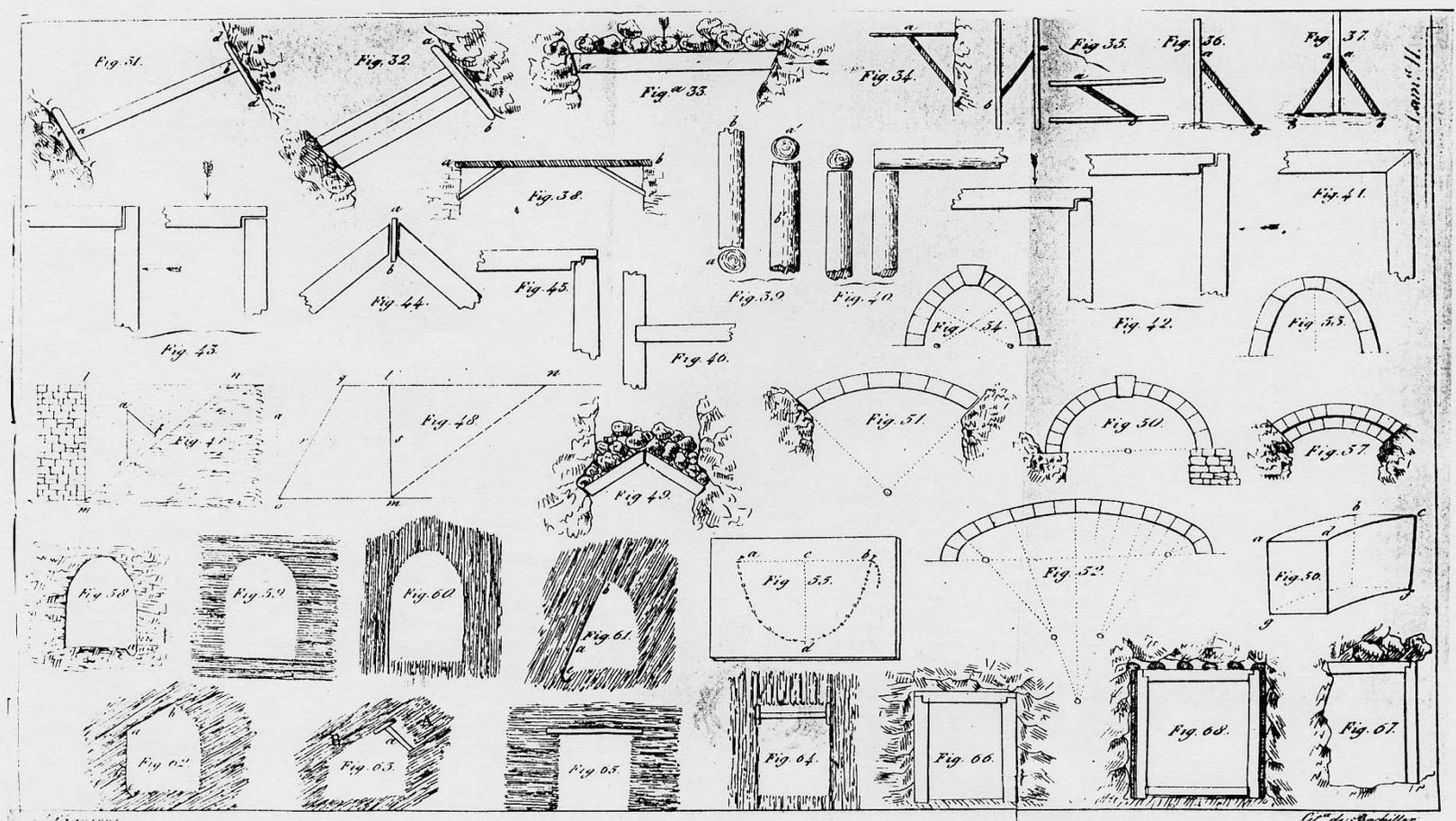


Ilustración 8

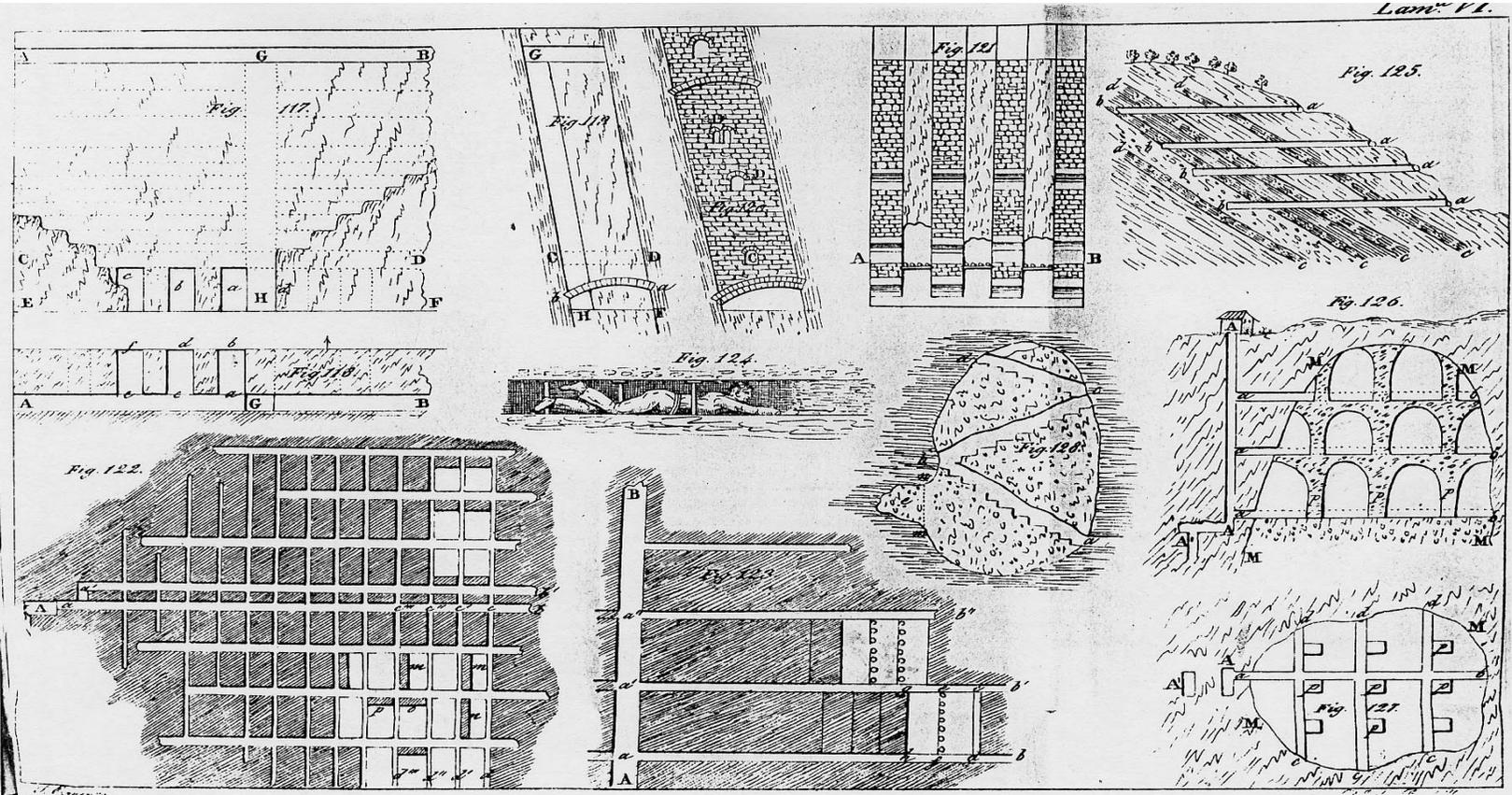


Ilustración 9

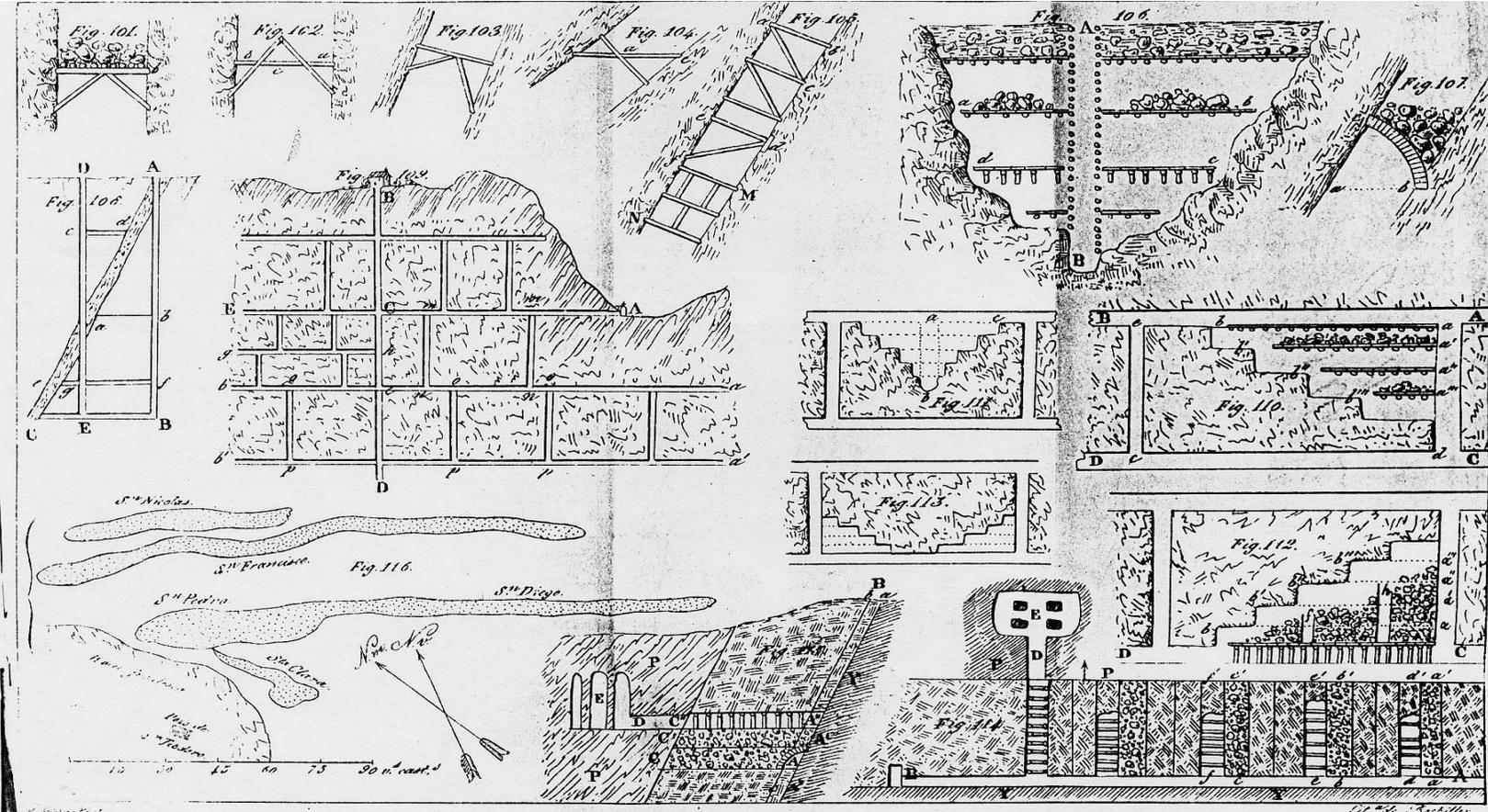


Ilustración 10

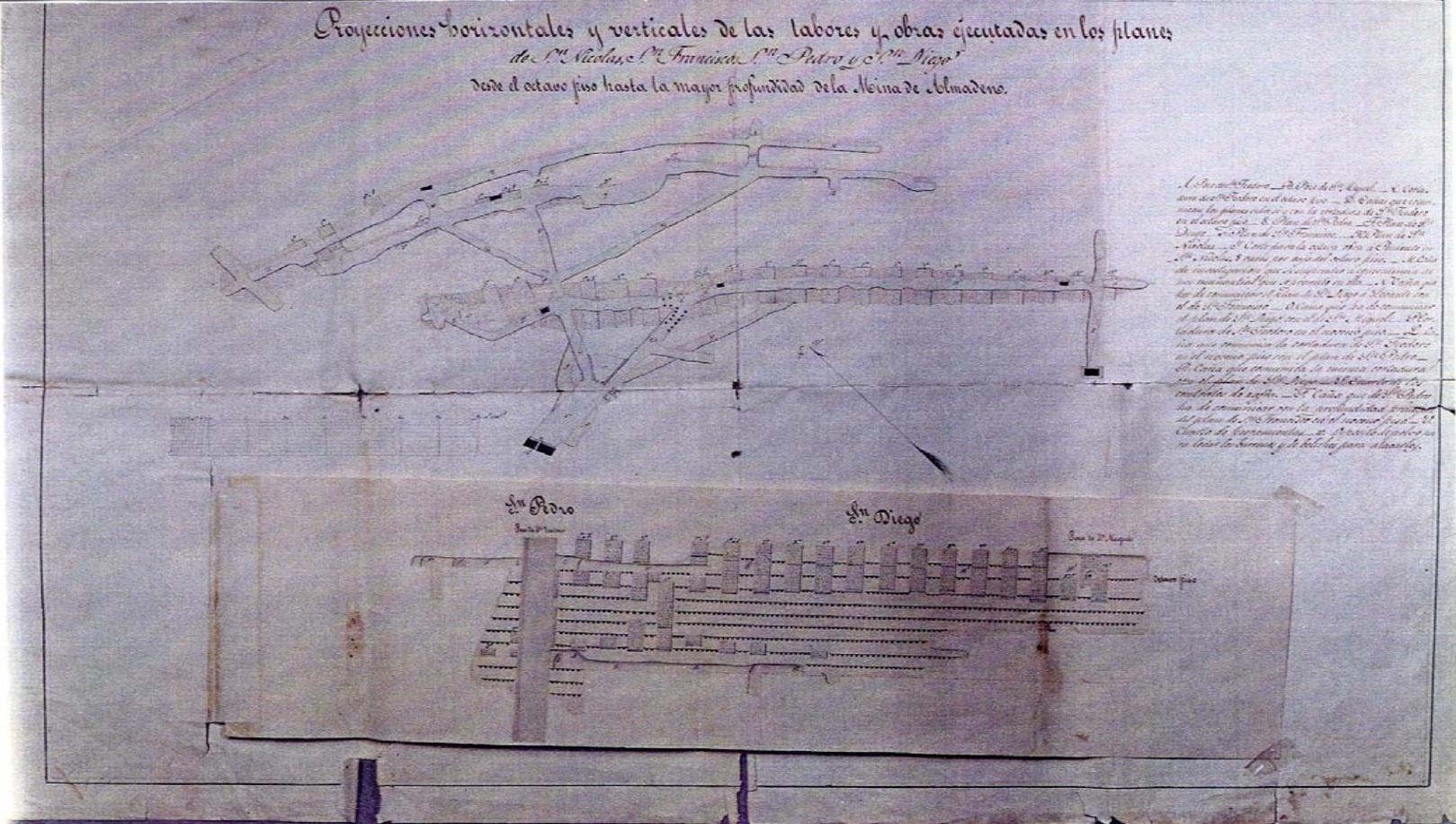


Ilustración 11

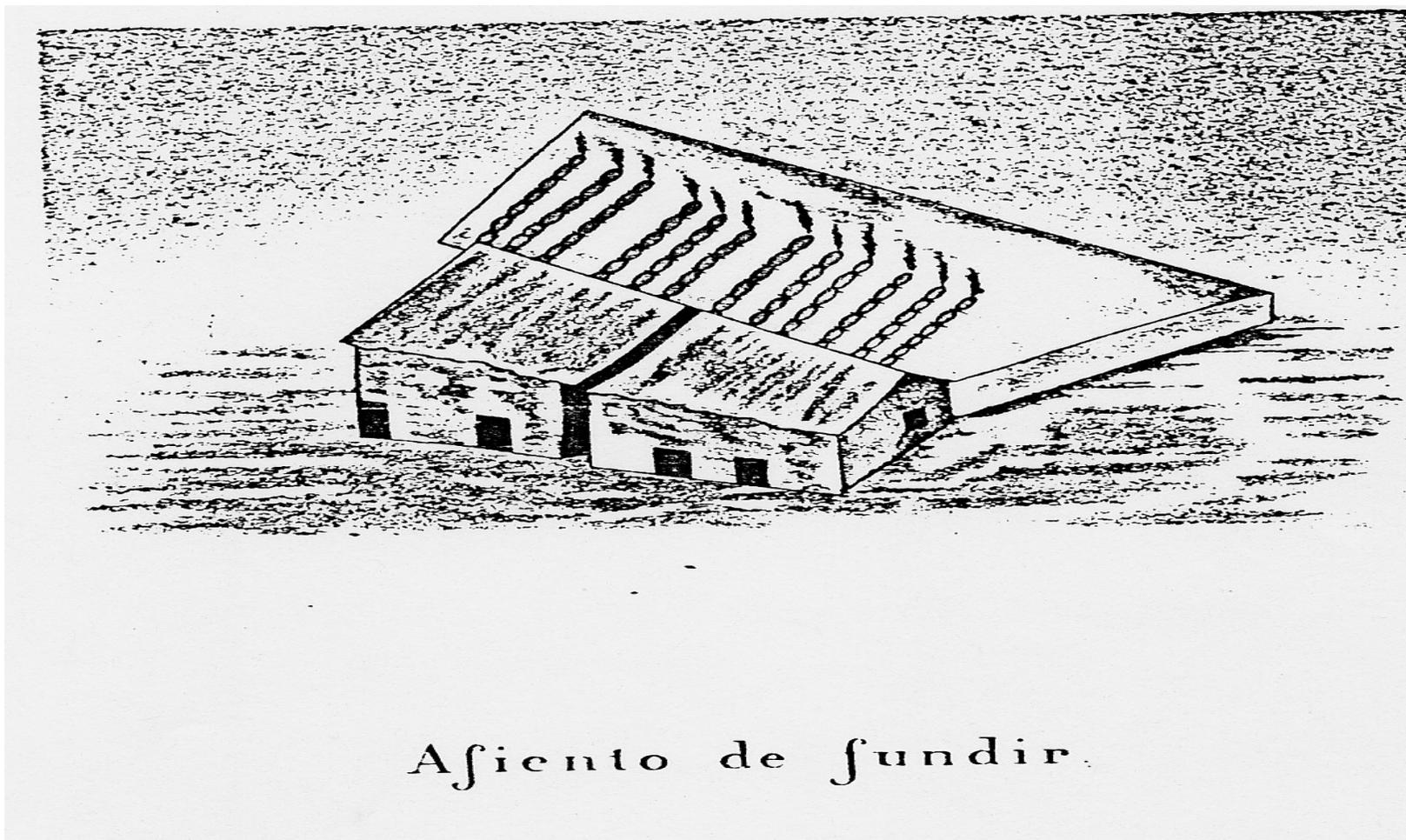


Ilustración 12

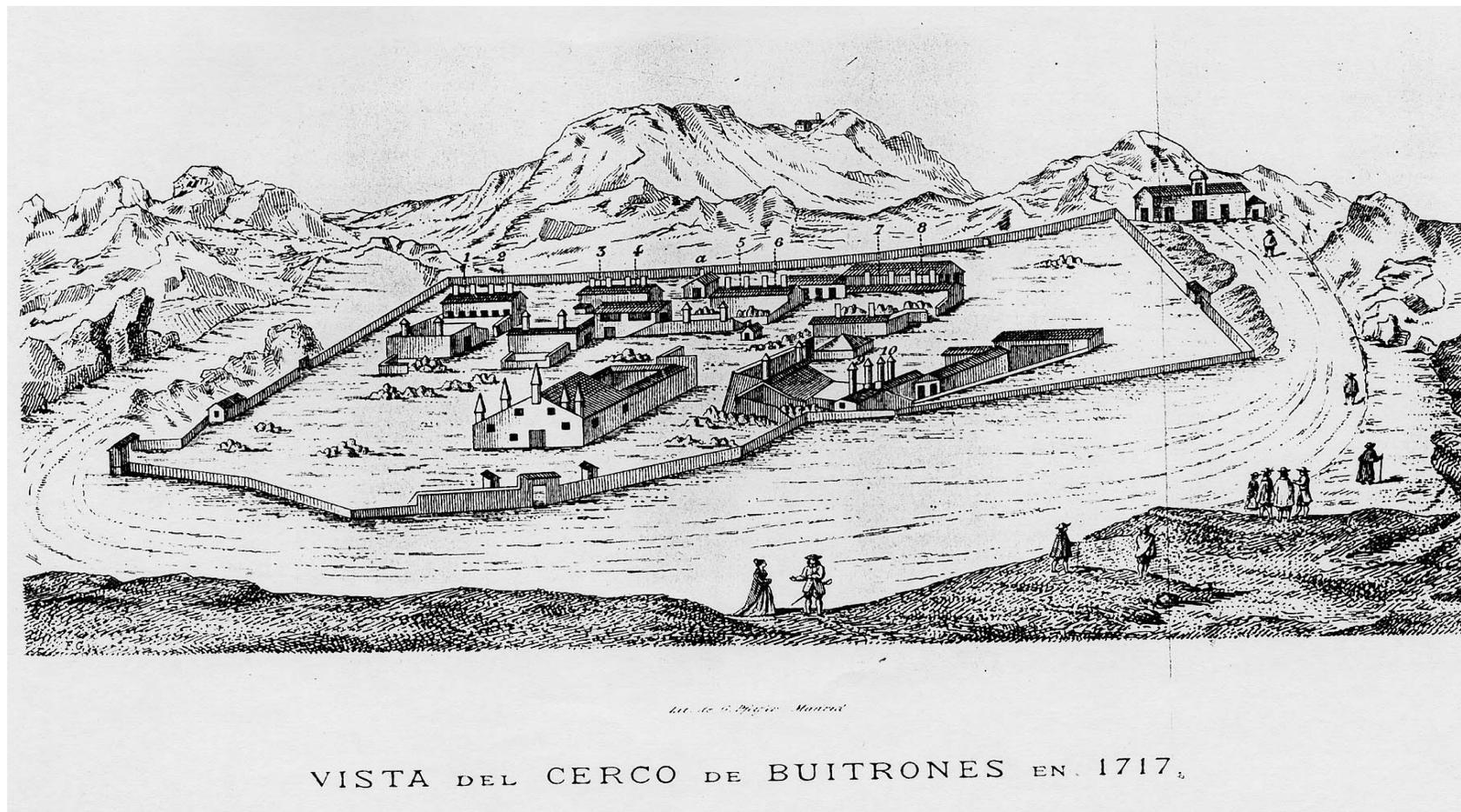


Ilustración 13

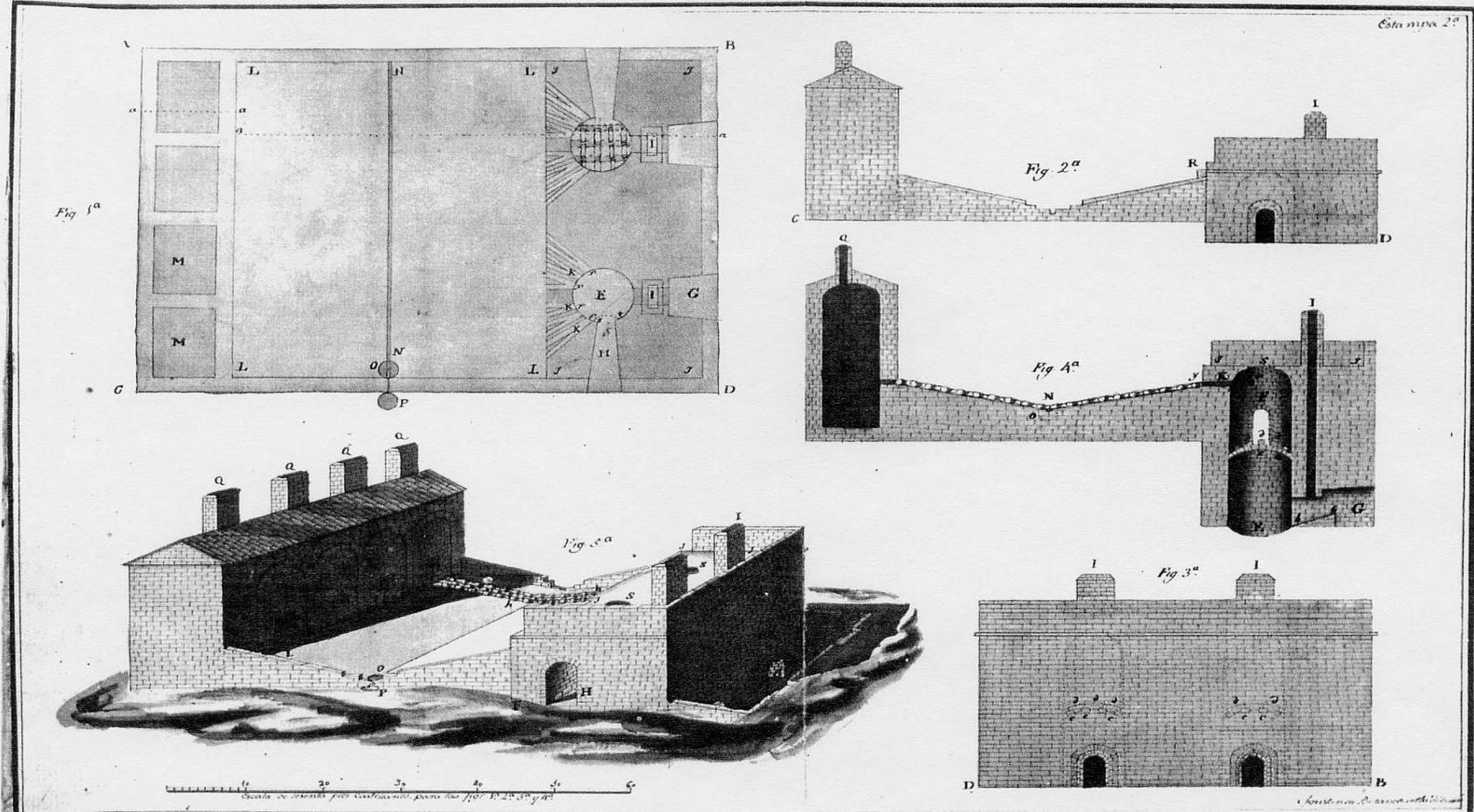


Ilustración 14

