

## **Modelos tecnológicos en la minería del plomo andaluza durante el siglo XIX.\***

● **ANDRÉS SÁNCHEZ PICÓN**  
Universidad de Almería

### **Introducción**

En este trabajo se intenta reflexionar sobre el papel de la minería del plomo en Andalucía, en la difusión de las innovaciones técnicas y en el proceso de incremento de la composición de capital en las empresas mineras. Nos interesan, asimismo, los fenómenos de adaptación de los paradigmas tecnológicos vigentes a las condiciones sociales, económicas y naturales de las cuencas andaluzas, así como las resistencias que desde una pluralidad de factores han podido oponerse a la implantación de las novedades tecnológicas. Por razones de espacio, me centraré en comentar la dotación tecnológica del laboreo en las minas de plomo andaluzas, sin aludir, apenas, a los cambios acaecidos en la industria metalúrgica que durante el siglo XIX las acompañó.

### **La minería del plomo. Un sector pujante en el siglo XIX**

En el arranque de la minería decimonónica española el protagonismo andaluz fue absoluto. Hacia 1845, el 46 % del valor bruto del ramo minero había sido aportado por las minas y las fundiciones andaluzas. Dentro de aquél, la significación del subsector del plomo resultaba, también, decisiva ya que era el responsable de casi el 80 % del valor de la producción andaluza. Tanto la región, Andalucía, como el subsector, la minería y la metalurgia del plomo, mantendrían estas posiciones de privilegio hasta bien en-

\* Una primera versión de este trabajo se presentó en el VII Simposio de Historia Económica que, sobre "Cambio tecnológico y desarrollo económico", se celebró los días 15 y 16 de Diciembre de 1994 en la Universidad Autónoma de Barcelona.

trado el siglo XX. En 1913, los 251 millones de pesetas que aparecían en las estadísticas oficiales como valor de la producción andaluza, equivalían al 44 % de la española, y los minerales y metales de plomo aportaban todavía el 45 % de la riqueza minera regional, ahora incrementada por la pujante presencia de las piritas onubenses<sup>1</sup>.

La importancia económica y social de aquel apogeo minero andaluz (“paraíso de los metales no ferrosos”, en expresión de Nadal<sup>2</sup>), en buena parte nucleado en torno a la producción plumbífera, queda subrayada si recordamos, hoy cuando la actividad es prácticamente residual, que a lo largo del siglo pasado el sector ofreció empleo a un promedio anual de más de 30.000 personas, hasta alcanzar en vísperas de la Primera Guerra Mundial una cifra de casi 63.000 trabajadores que contrasta vivamente con los alrededor de 6.000 empleos que actualmente aporta.

El desarrollo de la minería del plomo en Andalucía ha tenido, además, un largo recorrido cronológico. Tras unos precedentes dieciochescos, se inicia poco después de la guerra de la Independencia y se ha mantenido por espacio de siglo y medio. Durante todo ese dilatado periodo, la demanda exterior ha sido determinante ya que el mercado español apenas ha retenido un porcentaje minoritario, inferior al 20 %, de la producción.

El crecimiento de las economías occidentales durante el siglo XIX promovió una espectacular intensificación de la extracción de minerales plomizos en distintas regiones del mundo así como de su beneficio para la obtención del plomo en barras. La producción de este metal en el mundo creció así vertiginosamente durante la pasada centuria hasta el punto de que si hacia 1820 se estimaba en menos de 70.000 toneladas la oferta de plomo-metal, en 1901 ya se superaban las 900.000 toneladas anuales.

La aportación española a este incremento resultó entre 1861 y 1913 cercana a la cuarta parte del total mundial<sup>3</sup>. De hecho, desde mediados del siglo XIX, el plomo español amenazaba la tradicional primacía de las minas y las fábricas británicas<sup>4</sup>, hasta conseguir finalmente encabezar el ranking durante un breve periodo, 1870-1880, para terminar siendo desbancado desde la penúltima década del ochocientos por la pujante producción norteamericana. En cualquier caso, y hasta los años 1920, España se mantendría como el segundo país en la producción de este metal.

La demanda de plomo se mantuvo en ascenso durante todo el periodo. Los usos preindustriales del metal (alfarería, municiones) se completaron con el masivo aprovechamiento de sus cualidades de resistencia a la corrosión con el desarrollo de la urbanización por la utilización de las cañerías y las conducciones de plomo de agua y gas—incluso durante los primeras décadas del siglo XX en el revestimiento de las conduc-

1. Estimaciones a partir de Cavanillas (1846) y *Estadísticas Mineras de España* (en adelante EME).

2. Nadal (1983).

3. Nadal (1983), p. 180.

4. Durante las décadas de 1840, 1850 y 1860, la producción inglesa de plomo había oscilado entre las 55.000 y las 70.000 toneladas anuales, seguida muy de cerca por las cifras españolas que hacia 1855 se acercaban a las 50.000 toneladas, para superar ampliamente las 60.000 de promedio anual durante la década siguiente. (Mitchell y Deane (1962), p. 160, cit. por Chastagneret (1992), p. 25; y Nadal (1975 ap. 2).

ciones eléctricas—, construcción, química y pintura (minio). Además, la industria metalúrgica del siglo XIX hizo un uso importante de plomo en los procedimientos de separación de minerales polimetálicos y, sobre todo, del cobre argentífero.

**CUADRO 1**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLOMO EN EL MUNDO (TM X1.000)**

| Países       | 1872       | %          | 1882       | %          | 1892       | %          | 1902       | %          |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| España       | 94         | 32         | 115        | 24         | 173        | 26         | 175        | 19         |
| EEUU         | 26         | 9          | 133        | 28         | 205        | 31         | 273        | 30         |
| G.Bretaña    | 72         | 25         | 60         | 13         | 43         | 7          | 26         | 3          |
| Alemania     | 59         | 20         | 97         | 21         | 97         | 15         | 139        | 15         |
| Australia    | ?          | —          | ?          | —          | 61         | 9          | 106        | 11         |
| Otros        | 38         | 14         | 66         | 14         | 73         | 12         | 197        | 22         |
| <b>Total</b> | <b>289</b> | <b>100</b> | <b>471</b> | <b>100</b> | <b>652</b> | <b>100</b> | <b>916</b> | <b>100</b> |

Fuentes: "Revista Minera", 1883, p. 681 y "Gaceta Minera y Comercial", 1907, p. 201.

La producción andaluza se vería espoléada en los primeros años del siglo XIX por un ciclo ascendente de precios del metal, que alcanzaría un máximo histórico en 1806 (35,5 libras/tonelada en el mercado de Londres). Desde entonces, se agudizarían las presiones de los productores y de los comerciantes para el desmantelamiento del régimen de estanco que desde mediados del siglo XVIII había obligado a beneficiar los minerales andaluces en las fábricas estatales de Linares y las Alpujarras. Fue precisamente en éstas, en los criaderos de galena más próximos a la costa de Sierra de Gádor y, por ende, beneficiados por las ventajas locacionales de una más fácil expedición de los productos y una más barata adquisición del combustible para los hornos, al aprovechar el retorno de los buques, donde se inauguraría la minería privada contemporánea en España a gran escala<sup>5</sup>.

### Los legados y los ciclos tecnológicos

Las minas centroeuropeas eran, a finales de la Edad Moderna, la avanzadilla tecnológica en el laboreo y el beneficio de los metales no ferrosos. En Sajonia y el Harz, en Bohemia y en Hungría, se concentraban los avances más importantes del ramo minero metalúrgico. La primacía resultaba tan indiscutible que desde España, a pesar de

5. Desde Nada! (1972), la minería alpujarreña cuenta ya con nutrida bibliografía. Destaco: Pérez de Perceval (1989), Núñez Romero-Balmas (1985) y Sánchez Picón (1992).

la larga trayectoria minera colonial, se iniciaría hacia 1780 una corriente de contactos protagonizada por aquellos, que con responsabilidades en el ramo de minas, intentaban formarse en la materia y que, ante la ausencia de centros propios, se veían obligados a viajar a las cuencas mineras de Centroeuropa. Entre los que estarían llamados a ejercer poderosa influencia en el devenir de la minería española, cabe destacar a los hermanos Fausto y Juan José Elhuyar<sup>6</sup>, que, entre 1778 y 1781, amplían estudios en los centros mineros de los alrededores de Freiberg (en cuya recientemente fundada Bergakademie impartían su ciencia los eminentes mineralogistas Werner y Winkler) en Sajonia, realizando, asimismo, visitas a las minas de Bratislava o a las húngaras de Schemnitz. Más adelante, una nueva visita de Fausto en 1786 tendría como principal objetivo el reclutamiento de reputados técnicos alemanes para su traslado a las principales minas americanas, con la finalidad de mejorar los sistemas de extracción y los procedimientos de obtención de la plata<sup>7</sup>. No sería el único contacto en sentido inverso, ya que por entonces, también, mineros sajones dirigían el laboreo de las principales minas de la Corona en territorio peninsular (Almadén y Arrayanes). El prestigio de los teutones en el ramo minero traspasaría el nuevo siglo, y en 1839, con ocasión del espectacular descubrimiento del filón argentífero de Sierra Almagrera (Almería), serán ingenieros sajones los que se encarguen de dirigir las primeras labores que se acometan.

Al empezar, pues, el siglo XIX, las técnicas minero-metalúrgicas que se utilizaban en el sector, eran herederas, principalmente, de la gran tradición centroeuropea, que había sido la protagonista de la reactivación minera de los comienzos de la Edad Moderna, y que había tenido por escenario privilegiado las minas de Sajonia y de Bohe-

6. Fausto Delhuyar (o Elhuyar), natural de Logroño, sería director de las minas de Nueva España entre 1786 y 1821. Tras su regreso, en 1825, el ministro de Hacienda de Fernando VII, López Ballesteros, le encargaría la redacción de una memoria sobre el gobierno de la minería española, que sería la inspiradora del trascendental Real Decreto de 4 de julio de 1825 que alumbraría la primera Ley de Minas del siglo XIX. Su hermano Juan José, también fue pensionado para formarse en Freiberg y terminaría siendo Director de Minas de Nueva Granada, donde moriría en 1796. Sobre los hermanos Delhuyar, véase Palacios (1994); la memoria de Fausto aparecería reproducida en Elhuyar (1838).

7. Por parte de la administración borbónica se creía en la superioridad minera y metalúrgica alemana, incluso para el tratamiento de los minerales americanos, para los que en el Nuevo Mundo se había desarrollado desde el siglo XVI una potente tradición tecnológica, de la que cabe destacar como principal exponente el descubrimiento, a mediados de ese siglo, del sistema de amalgamación de la plata mediante el mercurio, conocido generalmente como el "proceso de patio", debido a la figura del andaluz Bartolomé de Medina. En 1780, un metalúrgico austríaco, Ignaz Von Born, inventaría un nuevo método de amalgamación, que aunque seguía empleando el azogue, garantizaba una drástica reducción del que se perdía en el proceso. Fausto Elhuyar, a la cabeza de cinco metalúrgicos españoles, sería comisionado en 1786 a Viena por el ministro de Indias, José de Gálvez, para adquirir la información necesaria de cara a la introducción de la maquinaria de Born en América. Además, en Sajonia reclutaron a un grupo de 29 especialistas en minería y metalurgia que encabezados por el Barón de Nordenflicht, embarcaron hacia América en 1788. La introducción de los métodos europeos en el tratamiento de los minerales americanos se saldaría, sin embargo, con un rotundo fracaso (Fisher, 1994). Según Palacios (1994, p. 359), Elhuyar contrató una expedición sajona compuesta por 32 mineros que fueron destinados a Chile, Perú, Nueva Granada y México. De todos modos, y a pesar del especial interés del sabio español, el método Born (o procedimiento Freiberg, según Humboldt) tampoco arraigaría en las minas de Nueva España (ibid., p.360).

mia, en las estribaciones de los Montes Metálicos<sup>8</sup>. En estos parajes se habían introducido, entre los siglos XVI y XVIII, innovaciones que perdurarán hasta bien entrado el siglo XIX, en los ámbitos extractivo y metalúrgico. En el primero, las técnicas más utilizadas en la excavación y fortificación de galerías (entibaciones en madera o de obra), los métodos de disfrute de los filones, la utilización de artefactos de bombeo que movidos por fuerza animal o hidráulica consiguieron desaguar minas hasta una profundidad superior a los 150 metros, o la mejora en el tratamiento de los minerales a bocamina mediante su clasificación y preparación con aparatos manuales, o trituradoras movidas por caballerías o energía hidráulica, constituyen una rápida muestra de las mismas. En el ramo metalúrgico, las mejoras en el aprovechamiento de los hornos de fusión (especialmente reverberos) y la expansión de los procedimientos de separación del cobre de la plata a través del plomo, con lo que se generaba una demanda decisiva de este metal, completarían este paradigma tecnológico cuyos caracteres básicos perdurarían hasta los tiempos de la Revolución Industrial, con algún añadido posterior como el uso de barrenos de pólvora para la excavación de las galerías o el desmonte a cielo abierto, a partir del segundo tercio del siglo XVII.<sup>9</sup>

La expansión de estas innovaciones tecnológicas se realizaría con rapidez por toda Europa por la acción combinada de los tradicionales desplazamientos de mineros y metalúrgicos sajones a las nuevas cuencas mineras, por un lado, y por otro, del efecto divulgador a gran escala que tuvo la edición en una imprenta de Basilea en 1556 de la obra recopiladora de Georgius Agrícola (Georg Bauer), titulada *De Re Metallica*, donde resumía los conocimientos minerometalúrgicos acumulados en su experiencia en las explotaciones de Erzgebirge<sup>10</sup>.

La oferta tecnológica disponible para la minería del siglo XIX, se completaría con el impulso a la mecanización y la utilización de las nuevas fuentes de energía que se introduciría en las minas inglesas durante el siglo XVIII. Ya antes, durante el siglo XVII, se habían apreciado signos de agotamiento de la tecnología minera centroeuropea por un bloqueo energético. Con el concurso de máquinas hidráulicas o movidas por animales, los desagües no permitían profundizar más allá de los 150 metros –según las posibilidades de auxiliarse con socavones–, a la vez que la escasez de madera de la época, ponía en dificultades la intensificación de la fundición de los metales en los hornos cebados con carbón vegetal, así como el suministro de materiales para la fortificación de las galerías.

Este techo tecnológico pudo ser elevado con la aplicación de la energía inanimada, el carbón fósil, para las tareas de desagüe y fundición. Los avances se dieron en Inglaterra a principios del siglo XVIII y son los que tienen en la aplicación de las primeras

8. Sobre la evolución de las diversas coyunturas en la marcha de la minería y metalurgia europea entre los siglos XIII y XVIII, véase Vázquez de Prada (1988).

9. Sánchez Gómez (1990), pp. 170-180.

10. Sánchez Gómez da cuenta de la amplia difusión del libro de Agrícola al relatarnos el hecho significativo de que en 1604 unos mineros gallegos se orientaban en una explotación abierta en Mondoñedo "por un libro que se llamaba *Jorjagricola* o *Agrícola*" (1990, p. 725).

máquinas de vapor al desagüe, desde “el amigo del minero” de Savery, patentada en 1698, hasta la que Watt diseñó para las minas de Cornwall a mediados del siglo XVIII. La reactivación minera que se produjo a partir de esta trascendental innovación, tanto en las cuencas hulleras como metalíferas, terminaría por configurar el paradigma tecnológico minero que acompañó a la primera industrialización durante la primera mitad del siglo XIX.

Finalmente, durante el último tercio del siglo XIX, dentro de la nueva oleada de novedades tecnológicas que acompañan a la segunda fase de la revolución industrial, otro conjunto de innovaciones comienzan a extenderse en la minería metálica europea. Se tratará, ahora, de la mejora de los procedimientos de preparación mecánica de los minerales extraídos y su automatización, para el enriquecimiento de menas cada vez más complejas y de menor ley, de la mecanización de los transportes interiores o del inicio de la utilización de máquinas de excavación y aparatos de perforación de aire comprimido para el arranque en los tajos. Todos estos cambios constituyen la aplicación en el ramo minero de dos de las grandes innovaciones del momento: la difusión del motor de combustión interna y, sobre todo, el aprovechamiento generalizado de la energía eléctrica. Durante el primer tercio del siglo XX, la minería del plomo vivirá una electrificación creciente y finalmente masiva de los servicios de desagüe de las minas (sustitución de las máquinas de vapor, por electrobombas menos voluminosas y más eficaces), así como de la maquinaria empleada en la extracción y preparación de los minerales. Al mismo tiempo, la mejora en los rendimientos de la tecnología de arranque y transporte de materiales y la evolución de los costes relativos, irán imponiendo, a lo largo de la presente centuria, la minería a cielo abierto sobre las cada vez más residuales explotaciones subterráneas.

El objeto de este trabajo es constatar, en la primera región plomera de España, el proceso de incorporación de la tecnología minera de la primera revolución industrial en el ramo del laboreo. De ahí, que sean los niveles de mecanización, referidos a la presencia de máquinas de vapor y su utilización en los diferentes servicios mineros (desagüe, extracción, preparación mecánica), los que nos indiquen, fundamentalmente, el grado de modernización tecnológica de las cuencas mineras andaluzas.

A pesar de que, durante el siglo XIX, la metalurgia de primera elaboración del plomo, ha estado unida a la extracción minera, de tal modo que cerca de las minas han existido casi siempre fábricas de fundición, no me referiré, aquí, por razones de espacio, al importante desarrollo tecnológico que las acompañó<sup>11</sup>.

11. Una característica señalada del sector durante todo el periodo estudiado es la presencia de fábricas de fundición en las propias cuencas mineras que realizaban un primer tratamiento del mineral hasta la obtención del plomo metálico en barras o lingotes, en cuyo formato ya era expedido hacia los mercados. Esta actividad metalúrgica, justificada en aquella época por la relativa facilidad de la fundición de minerales plomizos de muy alta ley, dado su bajo punto de fusión (en torno a los 340 °), y por las dificultades de los transportes interiores, generaría un importante valor añadido, ya que no hay que perder de vista que el metal duplicaba y hasta triplicaba el valor unitario de los minerales.

Las técnicas metalúrgicas más avanzadas en vísperas del inicio del desarrollo andaluz se encontraban en

## Los diferentes escenarios mineros y tecnológicos

Como el objeto de estas líneas no es volver a describir la marcha de los diferentes distritos plumbíferos durante el siglo XIX, sino, más bien, reflexionar sobre los modelos tecnológicos que allí se desarrollaron, me conformaré con una visión general, a modo de introducción, de los cambios de escenario que se producen en la minería del plomo andaluza durante el siglo XIX y que, de algún modo, se sintetizan en el cuadro 2.

### CUADRO 2

#### PRODUCCIÓN DE PLOMO (METAL) EN LAS PRINCIPALES PROVINCIAS ANDALUZAS PRODUCTORAS (1844-1944)

Medias anuales de cada periodo (en miles de Tm) y porcentaje sobre producción española

| Periodos | Almería   |    | Jaén      |    | Córdoba   |    | España    |
|----------|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|
|          | Tm × 1000 | %  | Tm × 1000 | %  | Tm × 1000 | %  | Tm × 1000 |
| 1844-45  | 16,1      | 70 | 0,7       | 3  | —         | —  | 22,8      |
| 1861-65  | 25,4      | 39 | 14,7      | 23 | 2,1       | 3  | 64,8      |
| 1871-75  | 25,7      | 25 | 37,4      | 36 | 5,3       | 5  | 103,8     |
| 1881-85  | 16,7      | 19 | 6,6       | 7  | 16,0      | 18 | 90,0      |
| 1891-96  | 14,5      | 9  | 32,5      | 20 | 22,2      | 14 | 159,6     |
| 1909-13  | 2,3       | 1  | 55,4      | 28 | 61,9      | 31 | 198,3     |
| 1920-24  | 0,1       | 0  | 31,3      | 25 | 37,2      | 30 | 123,1     |
| 1930-34  | —         | 0  | 13,6      | 14 | 33,6      | 34 | 99,7      |
| 1940-44  | —         | 0  | 12,3      | 30 | 0,5       | 1  | 40,2      |

Fuentes: EME.

El predominio almeriense se sostuvo hasta los años sesenta en base al desarrollo minero en Sierra de Gádor y Almagrera. A partir de entonces, las minas y las fábricas

Inglaterra y Alemania. Los procedimientos de beneficio del plomo eran de dos tipos según la calidad de las menas: la obtención del metal por reacción de la parte oxidada de la galena (sulfuro de plomo) por la acción del aire sobre el resto de la mena, y que se practicaba en hornos de reverberos ingleses en los que el combustible no está en contacto directo con el mineral; y el procedimiento "por afinidad", que se basa en que el sulfuro de plomo, calentado con el hierro o sustancias ferruginosas, se transforma en plomo metálico más sulfuro de hierro. Este último método se practicaba para una segunda fusión o para el tratamiento de galenas menos ricas en los hornos de manga, en los que se producía una mayor temperatura, por la acción del aire inyectado por fuelles o ventiladores, sobre el lecho de fusión donde entraba combustible en más cantidad y calidad que en los reverberos.

En cualquier caso, en este ramo las mejoras y adaptaciones eran constantes ya que se investigaba, sobre la misma marcha de la producción, en la mejora de los rendimientos mediante alteraciones en la composición de los lechos de fusión que entraban en los hornos, o la forma de éstos, o el combustible empleado, con un método empírico de "ensayo y error".

penibéticas comienzan a ser relegadas por la reactivación minera que protagoniza la cuenca de Linares, una vez que se mecaniza el desagüe y se estructura la conexión ferroviaria con los cotos hulleros de la provincia de Córdoba. Finalmente, aunque el impacto de la "crisis plomera" de 1880-1894 fue muy duro en el distrito, desde los últimos años de la centuria, la minería y metalurgia del plomo se concentran en Sierra Morena, mientras que se extingue en la Penibética.

Este desplazamiento de la actividad desde las estribaciones costeras hacia el interior se acompaña también de la sucesión de dos modelos de organización económica, empresarial y técnica: la "pequeña minería" autóctona, por un lado, caracterizada por el minifundio empresarial ejercido por sociedades constituidas por capitales locales, la escasez de las inversiones y un atraso técnico generalizado, que se desarrolla en el marco geográfico penibético (sierras de Gádor y Almagrera); y la minería impulsada por capital extranjero (inglés en Linares y francés en Córdoba), más concentrada empresarialmente, con una mayor inversión en capital y una dotación tecnológica moderna que se impone a lo largo del último tercio del siglo XIX.

Este esquema, que ha sido definido en sus rasgos fundamentales por Nadal, mantiene todo su vigor explicativo, aunque, lógicamente, cuando se realizan aproximaciones sectoriales o geográficas, puedan realizarse matizaciones que lo enriquecen.

Unos datos de una fecha tan avanzada como 1891, permiten insistir en la caracterización desigual de estos dos principales escenarios de la minería del plomo andaluza y en la persistencia del minifundio minero en el subsector.

### CUADRO 3

#### ESTRUCTURA DE LAS EXPLOTACIONES MINERAS DE PLOMO EN ANDALUCÍA AÑO 1891

| Provincias | Nº de minas productivas | Superficie Ha | Producción mineral/mina En Tni. | Ha/mina | Grupos mineros Nº | Grupos mineros Ha/GM |
|------------|-------------------------|---------------|---------------------------------|---------|-------------------|----------------------|
| Jaén       | 184                     | 2.327         | 326                             | 13      | 67                | 35                   |
| Almería    | 89                      | 487           | 264                             | 5       | 87                | 5                    |
| Córdoba    | 8                       | 199           | 469                             | 25      | 7                 | 28                   |

Fuentes: *Catastro de concesiones mineras en productos* (1891) y EME, 1890-1891.

Destaca, especialmente, la inexistencia de grupos o cotos mineros (asociaciones de concesiones limítrofes) en la minería almeriense, donde el número de grupos y minas productivas resulta prácticamente coincidente, lo que determina unos campos de explotación tan menguados -5 ha- que resultan ser seis o siete veces más pequeños que los que tienen a su disposición las empresas mineras cordobesas o jiennenses. Estas menguadas superficies disuaden un laboreo moderno: la realización de trabajos



de exploración y reconocimiento, la introducción de una mecanización de las labores no resulta rentable a tan baja escala de producción que, además, mantendría infrautilizados unos hipotéticos talleres de preparación mecánica. En el otro extremo, Córdoba, que terminaría convirtiéndose en la mayor productora de plomo, presenta ya a las explotaciones mineras de mayor superficie y rendimiento.

### **Trabajo y capital en la minería del plomo andaluza**

En los procesos de industrialización la introducción de las innovaciones tecnológicas ha supuesto una modificación en la intensidad de los factores productivos empleados. En este sentido, el progreso técnico aplicado a la industria ha significado la incorporación de cantidades crecientes de capital por cada unidad de trabajo, a través de modificaciones en la combinación de los factores de producción, en función de sus precios relativos, que han terminado promoviendo un extraordinario crecimiento de la productividad.

Recientemente, Carreras y Escudero han utilizado como indicador de la intensificación del capital en distintas ramas de la industria española, la estimación del cociente entre potencia instalada (medida en HP) y el número de operarios o personas ocupadas. En el primer autor, para una muestra de las industrias españolas en 1861 y 1958<sup>12</sup>, y en el segundo, para la minería del hierro vizcaína entre 1882 y 1934<sup>13</sup>.

Por mi parte, he elaborado los datos relativos a las cuencas andaluzas productoras en el cuadro 4, con la intención de observar tanto la intensificación del factor capital en el subsector, como su ritmo de modernización tecnológica. La comparación con los datos de Carreras de 1861, referidos a distintas ramas industriales, manifiesta con claridad el retraso con que se mecanizó el laboreo del plomo. Durante la década 1862-1871, el índice promedio nacional (0,133) es claramente inferior a los de las industrias harinera (0,6), algodonera (0,2), lanera (0,3), papelera (0,5) y de fundición (0,3). Sólo la cuenca de Linares, por efecto de las importantes inversiones realizadas por algunas sociedades británicas que impulsan la actividad en algunos cotos, presenta unos índices parejos a los de la industria algodonera, aunque por debajo del resto de los reseñados por Carreras.

12. Carreras (1989), pp. 178-179.

13. Escudero (1992).

**CUADRO 4**  
**TRABAJO Y CAPITAL EN LA MINERÍA DEL PLOMO ANDALUZA (LABOREO).**  
**RATIOS DE MECANIZACIÓN POR OBRERO**

| HP x obrero. Promedios decenales y tasas de variación (%) |       |      |         |       |         |       |        |       |
|---|-------|------|---------|-------|---------|-------|--------|-------|
| Periodos  | Jaén  |      | Almería |       | Córdoba |       | España |       |
|   | HPxO  | %    | HPxO    | %     | HPxO    | %     | HPxO   | %     |
| 1862-1871   | 0,256 |      | 0,036   |       |         | 0,133 |        |       |
| 1872-1881   | 0,346 | 35,1 | 0,132   | 266,6 |         |       | 0,223  | 67,6  |
| 1882-1892   | 0,633 | 82,9 | 0,318   | 140,9 |         |       | 0,461  | 106,7 |
| 1893-1902   | 0,890 | 40,6 | 0,096   | -69,8 | 1,015   |       | 0,665  | 44,4  |
| 1903-1913   | 1,041 | 16,9 | 0,216   | 125,0 | 0,892   | -12,1 | 0,819  | 23,1  |
| 1919-1923   | 1,610 | 54,6 | 0,315   | 45,8  | 2,771   | 210,6 | 1,449  | 76,9  |

Fuente: Elaborado a partir de las EME.

Es destacable el bajísimo nivel de mecanización de las minas almerienses, tanto más en una provincia que desde 1820 hasta 1868 había encabezado el ranking nacional de la producción de plomo metálico. El desarrollo minero almeriense, verdadera apoteosis del modelo tecnológico y empresarial de "pequeña minería", se hizo en unas condiciones de arcaísmo técnico especialmente reseñables. En la década de 1860, sólo los servicios de desagüe de Almagrera contaban con una máquina de vapor, mientras que en el celeberrimo distrito de Sierra de Gádor se desconocían, incluso, los malacates movidos por energía animal.

El tímido esfuerzo mecanizador realizado en las décadas de 1870 y 1880, protagonizado, como veremos, por las minas de Almagrera, hizo mejorar la posición relativa del laboreo almeriense que de un índice del 0,036 en el periodo 1862-1871, que era sólo el 14 % del jiennense (0,256), alcanzaría en los años ochenta una ratio de 0,318 que equivalía al 50 % del nivel de mecanización linarense (0,633). Sin embargo, la minería del plomo almeriense, principal víctima de la crisis plomera de finales del siglo, terminará teniendo una significación cada vez más residual en el panorama andaluz, y no volverá a alcanzar, siquiera, en las décadas siguientes las cifras de potencia instalada por obrero de los años ochenta.

Por contra, la madurez de la dotación técnica de las minas de Linares explica que sus tasas de variación no sufran los altibajos tan severos que se observan en las otras dos provincias productoras. Se detectan aquí dos periodos en los que se aceleró el ritmo de las inversiones en maquinaria: 1882-1892 y 1919-1923. En medio, la reducción de las tasas de variación entre 1893 y 1913, pone de manifiesto, primero, las consecuencias de la agudización de la gran crisis plomera finisecular, que generó una incertidumbre que ralentizó el ritmo de la modernización técnica de las minas y, después, las dificultades con las que se implantaron en los distritos jiennenses el conjunto de

avances que caracterizan a la segunda revolución tecnológica. Estos, ligados particularmente a la expansión de la motorización eléctrica, se extenderán mayoritariamente en los años siguientes a la Primera Guerra Mundial y con especial rapidez e intensidad en las nuevas explotaciones de la provincia de Córdoba. Esta zona, a pesar de terminar en el primer tercio del siglo XX haciéndose con la hegemonía andaluza en la producción metalúrgica de plomo, no estaba tan bien dotada de criaderos minerales de esa sustancia. El desarrollo del laboreo será más tardío y se hará en condiciones de una extrema concentración empresarial –el gigante ‘Peñarroya’– y de una rápida intensificación de capital que se manifestará en la pronta electrificación de los servicios mineros.

Será aquí, y en el más joven distrito jiennense de La Carolina, donde se empezarán a hacer presentes, en el quinquenio anterior a la guerra europea, las innovaciones que caracterizan la última oleada renovadora de finales de los últimos años del siglo XIX: la excavación mecánica, la preparación y concentración automática de los minerales, y la profundización del desagüe con el recurso a motores eléctricos, que terminarán empleándose para la mayoría de los servicios.

Esta electrificación del sector<sup>14</sup> termina colocando en posición minoritaria a la energía producida por las máquinas de vapor, en la década siguiente a la Gran Guerra.

#### CUADRO 5

MAQUINARIA A VAPOR Y ELÉCTRICA EN LA MINERÍA DEL PLOMO ANDALUZA (1900-1930). Número de máquinas (Nº) y Potencia instalada (en HP).  
Medias anuales de cada periodo

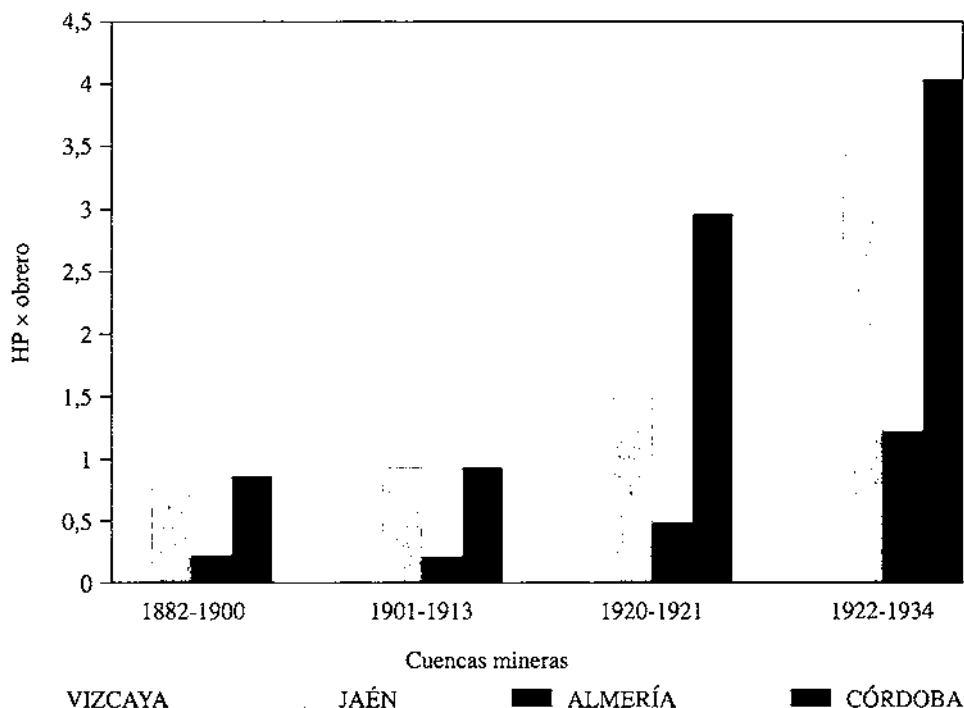
| Periodo   | Jaén  |       |         |       | Córdoba |       |         |       |
|-----------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|           | Vapor |       | Eléctr. |       | Vapor   |       | Eléctr. |       |
|           | Nº    | HP    | Nº      | HP    | Nº      | HP    | Nº      | HP    |
| 1900-1909 | 171   | 6.541 | 3       | 328   | 64      | 2.421 | 1       | 31    |
| 1910-1913 | 135   | 8.005 | 24      | 2.474 | 44      | 1.775 | 8       | 1.191 |
| 1920-1930 | 73    | 4.618 | 112     | 7.060 | 3       | 136   | 56      | 3.002 |

Fuentes: EME.

A efectos comparativos, dentro del mismo sector minero, se reflejan en el gráfico 1 los niveles de mecanización de las minas vizcaínas (a partir de los datos de Escudero) y los de las concesiones andaluzas que laboreaban el mineral de plomo (a partir de las EME).

14. Respecto a la electrificación de la minería de Linares-La Carolina a partir de 1905 y el papel de la compañía Mengemor, ver Bernal (1993).

## GRÁFICO 1

TRABAJO Y CAPITAL  
Minas andaluzas y vizcaínas

De su análisis se deduce que la minería norteña se encontraba en las dos últimas décadas del siglo XIX lejos de los niveles de mecanización que ya se daban en las cuencas plomeras andaluzas. Esta distancia se va a mantener a lo largo del periodo reflejado en el gráfico (hasta los años 1930) –con la excepción, claro está, de las minas almerienses–, a pesar de la aproximación que se produce en los años 1920 y 1930, entre las minas jiennenses (Linares y La Carolina) y las vizcaínas, que, no obstante, se sitúan lejos de los índices que provoca la intensa mecanización acometida en el laboreo cordobés por la multinacional “Peñarroya”.

No disponemos, todavía, sin embargo, de información precisa sobre la evolución de los costes productivos en las minas de plomo andaluzas durante este periodo, que nos permita aclarar la magnitud real, que los datos nos dejan entrever, del proceso de sustitución de trabajo por capital. Para las vizcaínas, Escudero explica el retraso en la mecanización de las explotaciones, aduciendo que “el laboreo manual resultaba a principios de siglo más barato que el mecánico, aunque menos eficiente técnicamente, situación que cambió tras la Primera Guerra Mundial”<sup>15</sup>. Al margen de las precauciones que hay que tomar para comparar dos subsectores tan diferentes en las característi-

15. Escudero (1992), p. 107.

cas de su producto, como los de la minería del plomo y del hierro, seguramente en las minas meridionales, la relativa anticipación que se deduce los mayores índices de mecanización vino determinada, más que por la evolución de los costes relativos de los factores, que en el caso de la mano de obra debieron mantenerse a niveles bastante bajos hasta fechas muy avanzadas<sup>16</sup>, por las peculiares condiciones de la explotación de unos criaderos que, casi desde sus orígenes necesitaron acometer primordialmente costosas inversiones para el desagüe en profundidad de las labores. Así, este servicio incorporó, durante todo el siglo XIX, la mayor parte de la potencia instalada en las minas andaluzas y es el causante de ese, comparativamente, temprano recurso a la fuerza motriz del vapor. Sin embargo, esta obligada pero parcial mecanización, incluso en los distritos andaluces más adelantados y hasta fechas muy avanzadas, coexistiría con la persistencia de un laboreo tecnológicamente tradicional e intensivo en trabajo.

Más adelante, ya en los primeros años del siglo XX, el agotamiento de las menas más ricas de los filones andaluces (las galenas) y la consecuente necesidad de trabajar con otras de menos ley, extrayendo grandes volúmenes de estériles, y afinando en las fases de preparación mecánica de los minerales, impulsarán las inversiones de cara a una mayor eficiencia técnica en el resto de las labores de arranque, transporte y selección de los materiales.

Cabría completar las precedentes consideraciones con una mención a los efectos de la modernización tecnológica sobre el incremento de la productividad de los factores en la minería del plomo. Sin embargo, dicho aumento, previsiblemente muy importante, resulta difícil de medir, dadas las características del mineral extraído y comercializable, con el concurso de las estadísticas oficiales. Graves problemas de interpretación, ausentes en el plomo metálico, se producen en las cifras reseñadas del ramo del laboreo ya que los minerales de plomo reseñados en las EME encubren, para cada una de las zonas productoras, calidades extraordinariamente diferentes (de las galenas o sulfuros de más de un 70 % de ley, a los carbonatos con menos de un 30 %) que cambian, además, en cada una de ellas a lo largo del tiempo y que, sin embargo, no aparecen diferenciadas en las cifras oficiales. Así, incrementos en las cifras de extracción en algunas cuencas, en momentos de reducción de la actividad, nos pueden indicar un aumento en el laboreo de menas más pobres, pero más accesibles (remoción de escombreras o movimientos de tierras en superficie) y que no pueden interpretarse, antes al contrario, como incrementos de productividad, ni en términos físicos ni monetarios. A la espera de poder perfilar mejor esta incidencia, en otra ocasión, cabe señalar, por último, las dificultades derivadas, asimismo, de la utilización de los precios o valoraciones que recogen los ingenieros encargados de la estadística a fin de discriminar las calidades de las menas que aparecen genéricamente como "minerales de plomo", y que, en general, resultan de una fiabilidad muy discutible.

16. Garrido, en su estudio sobre la clase obrera jiennense, concluye el mantenimiento, durante todo el siglo XIX y primer tercio del XX, "de una permanente sobreoferta de mano de obra barata". Garrido (1992), vol.II, p. 195.

## Origen y vigencia de la “pequeña minería”

En el más antiguo de los escenarios de la minería del plomo española contemporánea, las explotaciones de las sierras de Gádor y Almagrera, se configuraría, durante la primera mitad del siglo XIX, el modelo de organización técnica y empresarial que hemos venido denominando “pequeña minería”.

Esta expresión comenzó a utilizarse por algunos ingenieros a finales del siglo XIX, cuando ya existían negocios mineros “a lo grande”, para referirse a la actividad caracterizada por el minifundio empresarial, normalmente sociedades locales o nacionales, la precariedad de un laboreo desordenado y sin planificación que rozaba la mera rapia de los criaderos, unos campos de explotación raquíuticos y un equipamiento técnico arcaico. Con estos perfiles, no nos debe extrañar que la nómina de los ingenieros que vituperaron esta forma de hacer minería, sea mucho más extensa que la de las voces que se alzaron en su favor o que intentaron justificarla.

El origen de este modelo de explotación minera se encuentra en la Sierra de Gádor, donde se produjo, hacia 1820, el nacimiento de la minería privada contemporánea en España, y donde un cúmulo de factores naturales, económicos, sociales o institucionales, permitieron el alumbramiento de esta modalidad.

Entre los naturales debemos citar las particulares condiciones de una criadero distribuido en “bolsadas” irregulares y que permitía toparse con zonas de rica mineralización sin necesidad de realizar labores exploratorias, ni galerías generales de investigación para desde ellas aislar los macizos a explotar. Así, los pozos (“lumberas”) se profundizaban siguiendo las zonas de metalización hasta su agotamiento o cuando la prosecución fuera técnicamente inviable. Las labores resaltaban, así, tanto por su simplicidad y su primitivismo, como por su economía, ya que la dureza de la roca evitaba también la necesidad de entibar artificialmente, y, sobre todo, existía un drenaje natural de las minas hacia el piedemonte de la Sierra, que hacía innecesario un servicio tan trascendental en otros distritos, y menos aún en minas con una profundidad media inferior a los 100 metros. Los artefactos de extracción de minerales fueron siempre tornos movidos a mano, hasta el punto de que un aparato tan tradicional en la minería europea como el malacate movido por caballerías, no sería introducido en las explotaciones de Sierra de Gádor hasta 1866, ¡más de cuarenta años después del impetuoso nacimiento de la cuenca!

Este tipo de minería horrorizó, por lo general, a los ingenieros de la época. Desde los españoles como Ruiz de León que en 1851 afirmaba que en Sierra de Gádor no había ninguna mina que se trabajase de acuerdo con los principios del arte minero, hasta los franceses como el ingeniero Pernollet que, tras su visita de 1845, concluiría motejando este laboreo como la demostración de un bárbaro primitivismo, que asombraría, a otros, por el volumen de producción conseguido a partir de uno métodos “tan impropios de su siglo” –en expresión de los ingleses Ansted y Burr de 1857–<sup>17</sup>. Por contra, el ingeniero Ezquerro, con responsabilidades en la ordenación del ramo minero a partir

17. Sánchez Picón (1992), pp. 104-105.

de 1840, defendió el método alpujarreño al afirmar que “el modo más seguro y más económico de tropezar allí con los minerales, único objeto que se proponen los especuladores, es por pozos verticales, siguiendo después desde ellos los indicios que se presenten y según estos mismos lo vayan indicando”<sup>18</sup>.

Una serie de factores institucionales vinieron a favorecer la constitución de este modelo de minifundio minero. La ley minera de 1825, en vigor hasta 1849, diseñó un modelo de desarrollo minero basado en pequeños campos de explotación pertenencias de una hectárea y media, con una fuerte presión fiscal –1.000 reales anuales de canon de superficie y el 5 % del producto bruto– y la obligación de mantener la mina laboreada. Aparte de la relativa influencia que hubiera podido tener la experiencia en las minas mejicanas del inspirador de la ley –Fausto Elhuyar–, lo decisivo había sido la constatación del “boom” minero alpujarreño que una serie de decretos habían producido al abrir el portillo del monopolio estatal. Chastagneret, por su parte, insiste en esta idea al afirmar que la ley reflejó la realidad social y económica alpujarreña<sup>19</sup>. El modelo minero sancionado por la norma se correspondía pues a las características naturales del criadero, a la escasa disponibilidad de capitales en la zona, al perfil de las empresas mineras que ya llevaban años actuando en la comarca, y a las urgencias fiscales de la Hacienda Pública.

Cuando las galenas de Sierra de Gádor comiencen a agotarse, el descubrimiento del filón Jaroso de Sierra Almagrera, en 1839, al este de la provincia de Almería, pondrá en circulación un nuevo distrito minero. Aquí, la diferente calidad de las menas (galenas menos plomizas pero mucho más argentíferas), la disposición en filones del yacimiento o, sobre todo, la existencia de un grave problema de desagüe a partir de los 150 metros de profundidad media, que además debía acometerse colectivamente<sup>20</sup>, establecían unas condiciones naturales bien diferentes de las de los criaderos alpujarreños. Además, la acumulación de beneficios, tras el frenesí especulativo de los años cuarenta, estuvo relativamente más concentrada entre los socios de las menas de medio docena de “minas ricas” que destacaban entre un océano de centenares de concesiones de muy desigual fortuna. Muy pronto se evidenció la necesidad de un laboreo diferente al de Gádor: el ingeniero Ezquerro organizará un plan de explotación que, inspirado en la tradición germana, combinaba la exploración de las zonas más superficiales del filón con una especie de labor “a cielo abierto” a todo lo largo de la concesión, con la apertura de pozos y la consecuente división en pisos y macizos, cuando el laboreo alcanzase una cierta profundidad. En Almagrera, la fortificación en madera propia de las minas del Harz, fue sustituida por obras de mampostería en razón de la escasez de arbolado en una comarca tan árida. La dirección técnica durante los primeros años fue encomendada a ingenieros sajones, que, sin embargo, no pudieron evitar que

18. Ezquerro (1846), p. 511. Otra opinión comprensiva con el sistema de Gádor en Malo de Molina (1889-1891) pp. 548-550.

19. Chastagneret (1972), p. 20.

20. Los filones se encontraban cortados por huecos o “soplados” que permitían la comunicación general de las aguas que inundaban las labores más profundas. Ninguna mina podía desecarse por sí sola (*Informe Comisión Estudio del Desagüe de Almagrera*, 1891, Madrid, Imp. Vda. de Hernando).

el plan general de labores esbozado por Ezquerria fuera poco respetado y que las tareas preparatorias y exploratorias se redujeran al mínimo en un criadero que por su constitución las hacía absolutamente necesarias.

La inadecuación del modelo de pequeña minería a las condiciones de Almagrera, se pone de relieve si destacamos la principal lección de la larga historia de fracasos de su desagüe. Tras décadas de infructuosos intentos por mantener en marcha un desagüe general en una sierra de unos 12 km. de longitud, con el uso de todos los medios disponibles entonces (máquinas de vapor de gran potencia y socavones naturales), la enorme subdivisión de la propiedad minera que había sido facilitada por una legislación favorable al minifundio minero, hizo improductivas cuantiosas inversiones. Las empresas que se hicieron cargo del desagüe, de capital extranjero desde 1872, tropezaron con la resistencia y la morosidad de un enjambre de pequeñas sociedades a las que las garantías de la Ley minera de 1868, las había afirmado en sus concesiones, con miras primordialmente especulativas<sup>21</sup>.

A pesar de todos estos inconvenientes, la "pequeña minería" se mantuvo en Almagrera por espacio de más de medio siglo. Incluso, protagonizaría a partir de 1866, justo cuando en la Sierra de Gádor comenzaban a utilizar los malacates movidos por caballerías, un tímido proceso de mecanización que se colaría por la brecha tecnológica abierta por el desagüe. En efecto, un técnico de origen belga llamado Pablo Colson, que había diseñado la primera máquina de desagüe de 100 cv, fabricada en su país, se instalaría en el distrito y sería el responsable de la introducción de una serie de máquinas muy adecuadas a las condiciones naturales y económicas de su medio: pequeño tamaño, discreta pero suficiente potencia (9-10 cv) y precio económico —por debajo de los 100.000 reales por artefacto—. El éxito de los prototipos de Colson queda de manifiesto en el cuadro 6, en donde se observa cómo sus máquinas, imitadas por el resto de los fabricantes, aportaban en 1880 el 80 % de la potencia instalada en el distrito, dedicada, fundamentalmente ya, al servicio de extracción de los minerales. Se trataba, pues, de pequeñas máquinas de vapor, adaptadas a la fragosidad de un terreno desprovisto de cómodos caminos, que habían terminado por sustituir a los malacates de caballerías, ineficaces a la profundidad a la que se ejecutaba el laboreo.

#### CUADRO 6

##### LA MECANIZACIÓN DE LAS MINAS DE ALMAGRERA HACIA 1880 (excluido desagüe). Máquinas, potencia y fabricantes.

| Máquinas |     | Colson |     | Maquinista<br>Barcelona |    | Humboldt |    | Rubio |    | Otros |    |
|----------|-----|--------|-----|-------------------------|----|----------|----|-------|----|-------|----|
| Nº       | Cv  | Nº     | Cv  | Nº                      | Cv | Nº       | Cv | Nº    | Cv | Nº    | Cv |
| 40       | 371 | 30     | 294 | 2                       | 16 | 2        | 29 | 4     | 16 | 2     | 16 |

Fuente: Falces (1883), pp. 35-36.

21. Sobre la minería de Almagrera: Sánchez Picón (1983).



## La cuenca de Linares: un equipamiento tecnológico dual

Las condiciones de extraordinaria regularidad de los criaderos de Linares, eran una garantía para las inversiones que se acometieron. La galena, de un alto tenor metálico (superior al 75 %) que compensaba su escasa ley argentífera (inferior a los 300 gr. por tonelada), se presentaba en menas más sencillas que las de las comarcas penibéticas y, por lo tanto, más fáciles de concentrar en la bocamina antes de su expedición a las fábricas metalúrgicas.

Aunque las aguas comenzaban a inundar las labores a escasa profundidad (20 metros), por elevación del nivel hidrostático, el desagüe en Linares contaba con la incomparable ventaja respecto a Almagrera de poder realizarse individualmente en cada una de las minas. Desde mediados de siglo, muchas empresas podían disfrutar de una amplia zona de explotación, hasta una profundidad cercana a los 100 metros, con el recurso de un malacate de cubas movido por dos mulas. Una mayor profundización exigía, no obstante, el uso de bombas de desagüe accionadas por máquinas de vapor, por lo que el resurgimiento de este distrito minero dependió de la realización de las inversiones imprescindibles para alcanzar un cierto nivel de mecanización.

Otras ventajas adicionales que podemos reseñar se refieren al hecho de que en el laboreo en las duras masas graníticas que predominaban en la cuenca, aunque se encajecían las tareas de excavación, se abarataban sobremanera las de fortificación, al no hacer imprescindibles las entibaciones en madera o en mampostería; y, además, allí donde resultaban necesarias —en los criaderos que armaban en zonas de pizarra—, la proximidad de las Sierras de Cazorla y Segura proporcionaba un abastecimiento abundante y relativamente económico de rollizos de encina y pino.

La tecnología imperante en la cuenca linarense a partir de su reactivación iniciada hacia 1860, obedecía a la confluencia de dos tradiciones o modelos diferentes. Por un lado, el laboreo autóctono a que habían sido sometidas las capas más superficiales de los filones y que tenía evidente relación con el sistema alpujarreño, aunque con una influencia ya lejana en las adaptaciones realizadas de las enseñanzas que del “arte minero” habían transmitido los técnicos alemanes que en 1762 fueron atraídos por la Hacienda Pública para el adiestramiento de los operarios de la mina “Arrayanes”<sup>22</sup>. Por otro lado, y siendo el desagüe el problema que obstaculizó el desarrollo del distrito durante la primera mitad del siglo XIX, la aplicación de las soluciones técnicas pertinentes tuvo que provenir de la cuenca minera metalífera más avanzada y con más tradición en la resolución mecánica de la desecación de la Europa del momento: el distrito de Cornwall en Inglaterra. Serían las sociedades inglesas que a partir de la agencia de negocios londinense “Taylor and Sons” se formaron entre 1849 y 1863, las principales responsables de la introducción de estas mejoras técnicas.

La mecanización de la minería de Linares-La Carolina se concentraba en los servi-

22. Nadal (1983) p. 190.

cios de extracción y, sobre todo, en el de desagüe. La fuerza de vapor instalada para la desecación de las minas aumentaría muy por encima de las 4.000 HP si tuviéramos en cuenta que un número indeterminado de máquinas de extracción eran usadas, como ya se ha advertido, también en el desagüe. En cualquier caso, entre el 60 % y el 70 % de los más de 6.200 caballos de fuerza nominal, se empleaban en dicha labor. Además, y como era de esperar, la potencia unitaria de las máquinas de desagüe era muy superior a las de extracción: 57 HP de promedio frente a 22 HP. De todos modos, en una fecha tan avanzada como la de la fuente que uso, se mantenía una presencia importante de recursos tecnológicos basados en el empleo de fuentes de energía tradicionales. Todavía hacia 1890 funcionaban, en el distrito plomero más adelantado del país, 600 malacates accionados por 1.200 caballerías.

**CUADRO 7**  
**MECANIZACIÓN DEL DISTRITO MINERO DE LINARES-LA CAROLINA.**  
Año 1888

| Aparatos o sistemas empleados | Extracción |       | Desagüe |      |       | Transporte |      | P.M. |
|-------------------------------|------------|-------|---------|------|-------|------------|------|------|
|                               | Nº         | HP    | Nº      | RU   | HP    | Nº         | RU   | Nº   |
| Máq. vapor                    | 106        | 2.405 | 67      | 0,59 | 3.849 | 2          | 6,00 |      |
| Malacates                     | 275        |       | 25      | 0,11 |       |            |      |      |
| Caballerías                   | 550        |       | 650     |      |       | 200        | 2,65 |      |
| Muchachos                     |            |       |         |      |       | 805        | 0,40 |      |
| Machacadora                   |            |       |         |      |       |            |      | 8    |
| Molinos                       |            |       |         |      |       |            |      | 123  |
| Tromeles                      |            |       |         |      |       |            |      | 180  |
| Cribas automáticas            |            |       |         |      |       |            |      | 55   |
| Cribas manuales               |            |       |         |      |       |            |      | 755  |
| Gandigueros                   |            |       |         |      |       |            |      | 380  |
| Arañas                        |            |       |         |      |       |            |      | 6    |

Fuente: Mesa (1889-1890), pp. 316-355. P.M.: preparación mecánica. Potencia de las máquinas de vapor en HP. RU (rendimiento unitario) expresa, para el desagüe, la cantidad de agua extraída de promedio por cada uno de los artefactos en metros cúbicos por minuto; y para los transportes exteriores (de bocamina a taller de lavado) las cantidades de tierras transportadas en metros cúbicos por hora. No se incluyen datos de la mina estatal "Arrayanes", arrendada a los Sucesores de Vilanova.

En el resto de los servicios la mecanización resultaba más escasa. El transporte exterior, desde el pozo maestro hasta los talleres de lavado y concentración de los minerales se hacía, mayoritariamente, con el concurso diario de casi 900 muchachos que en jornadas de 10 horas sumaban entre 100 y 125 viajes arrastrando las carretillas o va-

gonos cargados de tierras, hasta recorrer diariamente, cada uno de estos “paseantes”, unos 25 kilómetros. Para distancias superiores a los 200 metros se empleaban caballerías y, en dos excepcionales casos (las minas “La Tortilla” y “Pozo Ancho”), sendos planos inclinados auxiliados por motores de vapor. Si nos referimos, por último, a los talleres de lavado, la preparación mecánica automática estaba muy lejos de encontrarse extendida en la comarca. Antes bien, sólo en cuatro grupos mineros (“San Miguel”, “La Tortilla” y el “Coto de la Luz”, en Linares, y “San Fernando” en La Carolina) se había completado la instalación de un lavadero automático hacia 1888: esto es, la utilización de maquinaria para el accionamiento de los molinos trituradores, trómeles de clasificación y, sobre todo, para el movimiento de los artefactos centrales en el proceso de concentración de los minerales: las cribas. Sólo 55 de éstas se encontraban mecanizadas frente a las 752 cribas manuales que, servidas por la pericia de los operarios, proporcionaban todavía la mayoría de la mena que iba a las fábricas.

Nos encontramos, en resumen, con un distrito que si mantiene una dotación tecnológica claramente superior a las minas penibéticas, conserva aún una importante parcela de su actividad, con niveles muy escasos de mecanización y con una tecnología extractiva que, por su componente energético tradicional —el uso de energía animal y humana— y por el amplio uso que se hace de la mano de obra en detrimento de mayores inversiones en capital, no parece haber aprovechado en toda su extensión las innovaciones que se habían incorporado al paradigma tecnológico de la minería europea a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX.

Este panorama dual queda subrayado si tenemos en cuenta que, a pesar de que en el resurgimiento minero de Linares a partir de 1860, la modernización técnica había sido fundamental<sup>23</sup>, la aportación del sector tecnológicamente más atrasado (si dentro del mismo consideramos a las explotaciones que no usaban el vapor en ningún servicio o lo hacían con máquinas poco potentes destinadas exclusivamente al desagüe<sup>24</sup>) se mantuvo en unos niveles no desdeñables hasta fechas avanzadas, ya que hacia 1890 sumaba todavía más del 25 % de la producción bruta del distrito, y representaba a casi el 60 % de las minas o grupos mineros en actividad<sup>25</sup>.

Los relativamente bajos niveles de mecanización son sólo un indicio de la precariedad con la que se realizaban muchas de las labores en el distrito. El tejido empresarial, a pesar de la presencia preeminente de algunas sociedades mineras de capital in-

23. Muñoz Dueñas (1979).

24. La aproximación nos la proporcionan los datos del *Catastro de concesiones productivas* de 1891.

| Total grupos o minas catastradas | Sin máquinas de vapor | Con máquinas de potencia inferior a 20 HP | Producción de estos dos apartados (en Tm) | Producción total (en Tm) |
|----------------------------------|-----------------------|---|---|--------------------------|
| 70                               | 26                    | 14  | 16.203                                    | 63.167                   |

Fuente: Catastro de 1891 (EME). Provincia de Jaén y Apéndice.

25. La imagen dual queda subrayada en la descripción de los diferentes grupos mineros de Linares que realiza el periódico minero de la localidad en 1891 y que ha recogido Garrido (1990), pp. 307-315.

glés o español (Heredia, Figueroa), estaba constituido por numerosas sociedades cortas de recursos que hacían uso de unos sistemas de explotación que dificultaban la modernización del distrito. Me refiero, fundamentalmente a la extensión del trabajo a destajo, mediante el cual las empresas propietarias contrataban con distintas cuadrillas de trabajadores las tareas de excavación de las galerías y el arranque del mineral. Con este sistema la explotación se realizaba sin atenderse apenas a una dirección técnica, ni a un plan de labores preestablecido, obstaculizándose, a menudo, en el trabajo de los distintos pisos los diferentes grupos de destajistas que llegaba a ocasionar frecuentes entorpecimientos en el funcionamiento del desagüe o de los talleres de lavado<sup>26</sup>. Además, en Linares existía una gran tradición de laboreo de rapiña protagonizado por los llamados “sacagéneros”, cuadrillas a las que se les arrendaban algunos tajos cuando escaseaban sus rendimientos o en épocas de paralización.

A pesar de su aparente primitivismo, este tipo de organización del trabajo minero cumplía una doble función: exploratoria, al principio, y de rapiña, después, en épocas de agotamiento de los criaderos o de bajos precios, constituyendo una muestra de prácticas de subcontratación por parte de las empresas mineras que permitían disminuir los costes fijos en épocas de incertidumbre –al iniciar el laboreo en terrenos vírgenes– o de crisis en los mercados.

Este laboreo que sumariamente he descrito, se encontraba muy generalizado, incluso en cotos mineros de alguna importancia, y venía a plasmar tanto los graves defectos de una explotación hecha sin una imprescindible planificación, como la insolencia de muchas de las sociedades mineras. Así, resultan comprensibles las dificultades puestas a la mecanización a gran escala del distrito. En la extracción y el desagüe, la persistencia del uso de malacates –cuya instalación suponía un costo entre 1.200 y 1.500 ptas. por unidad–, se justificaba en empresas que no profundizaban en sus labores más allá de los 100 metros y que sólo con garantías de una metalización importante asumían la colocación de máquinas de vapor para una explotación más profunda. En el caso de los transportes, los “muchachos” –casi un eufemismo en las estadísticas y las memorias de la época para referirse al trabajo de menores de 14 años– sustituían la eficiencia técnica con sus bajas retribuciones. En los talleres de lavado, por último, la implantación de cribas automáticas movidas al vapor estaba limitada por

26. Naranjo de la Zarza, ingeniero que dirigió “Arrayanes” durante los años finales del arrendamiento de Vilanova, publicó en 1885 una memoria en la que se relacionan detalladamente los defectos de estas contrataciones mineras. Sin ánimo de ser prolijo, dejaré constancia, al menos, de las dificultades que para el transporte interior suponían los montones de tierras que cada cuadrilla dejaba en las inmediaciones de su tajo para poder vigilar su labor hasta que se hiciera la liquidación (por metro cúbico arrancado y con premios por la metalización del filón disfrutado) con la empresa propietaria, momento en el que todos los contratistas se apresuraban a dejar caer las tierras del fondo de las calderillas a las plantas o galerías generales –recurriendo a veces al uso de pólvora o dinamita o de unos palos largos en una maniobra muy arriesgada–, para desde allí extraerlas con la maquinaria de la empresa. Entonces, era muy común que se alteraran las condiciones de ventilación interior de las minas y se obstruyera el curso de las aguas que discurrían por el piso de las plantas, con lo que las máquinas de desagüe o los malacates se veían obligados a intensificar su ritmo con el riesgo consecuente de averías. Al mismo tiempo, estos sistemas obligaban a los talleres de lavado a funcionar de manera irregular y con partidas, por lo general, de poca entidad (Naranjo de la Zarza, 1885).

la disposición de una escala de producción suficiente: según el ingeniero Mesa el lavado automático sólo resultaba rentable por encima de 25-30 metros cúbicos de tierras tratadas diariamente, y en el distrito eran numerosas las explotaciones que, por las razones expuestas más arriba, no eran capaces de suministrar más que un promedio de 10 metros cúbicos al día<sup>27</sup>.

**CUADRO 8**  
**MECANIZACIÓN (MÁQUINAS DE VAPOR) DE LOS GRUPOS MINEROS**  
**MÁS IMPORTANTES DEL DISTRITO DE LINARES-LA CAROLINA. AÑO 1891.**

| Compañías                            | Minas |               | Máquinas |     |
|--------------------------------------|-------|---------------|----------|-----|
|                                      | Núm.  | Superf. (Has) | Núm.     | HP  |
| Figueroa y Cía. Arrend. de Arrayanes | 1     | 559           | 15       | 678 |
| The Fortuna Co. Ltd. (1 grupo)       | 19    | 142           | 14       | 440 |
| The Sopwith Co. Ltd. (3 grupos)      | 25    | 399           | 11       | 420 |
| Escombreras-Bleiberg (2 grupos)      | 8     | 457           | 9        | 398 |
| The Linares Lead Co. Ltd. (1 grupo)  | 10    | 65            | 9        | 374 |
| Stolberg y Westfalia (2 grupos)      | 4     | 42            | 5        | 310 |
| Andrés de Pereda (1 grupo)           | 5     | 59            | 7        | 304 |
| The Alamillos Co. Ltd. (1 grupo)     | 15    | 95            | 8        | 283 |
| Sociedad San José (2 grupos)         | 9     | 87            | 5        | 226 |
| Hijos de M. A. Heredia (1 grupo)     | 1     | 18            | 2        | 130 |

Fuente: *Catastro de las minas en productos*, 1891 (EME, 1890-91).

27. Mesa presenta estas estimaciones de los costes de los dos procedimientos de lavado (manual y automático) hacia 1890:

Costes de los sistemas de lavado de mineral en Linares-La Carolina (hacia 1890).

| Tierras tratadas diariamente (m <sup>3</sup> ) | Lavado automático (ptas) | Lavado manual (ptas) |
|--|--------------------------|----------------------|
| 30   | 116,10                   | 148,20               |
| 10   | 116,10                   | 49,50                |

El ingeniero afirmaba:

“Resulta, pues, que (...) a igualdad de cantidad de tierras lavadas hay gran ventaja en verificar la preparación por medios automáticos; más tratándose de pequeñas cantidades, no sólo desaparece esta ventaja sino que ocurre a la inversa, pues el lavado automático, necesitando el sostenimiento de una máquina de vapor en marcha y el de todos los aparatos a la vez, puede suceder que en un momento dado, haya muchos de éstos que no sólo no den su rendimiento útil, sino que marchen completamente de vacío, constituyendo una pérdida considerable de fuerza y un gasto superfluo que redundaría en carestía, para el producto útil total.” Mesa (1889-1890), p. 355.

La otra cara la presentaban la corta nómina de empresas, no llegaban a 20, con una potencia instalada superior a los 100 cv. En la lista de las diez primeras las sociedades extranjeras predominan, con la excepción notoria de la casa Figueroa que en 1889 se hizo cargo del arrendamiento de la mina estatal de Arrayanes, tras la cesión de los sucesores de Villanova. En cualquier caso, con la salvedad de la mina estatal, la mecanización en estas sociedades también se concentraba en el desagüe y la extracción.

A partir de estos años, no obstante, se irán combinando una serie de circunstancias que terminarán promoviendo una intensificación de la mecanización y de la renovación tecnológica, un aumento de la concentración empresarial, que irá otorgando un papel cada vez más residual a la “pequeña minería” dentro del distrito, y una reordenación de sus zonas productoras.

Los detonantes de los cambios fueron internos y externos. Por un lado, los descubrimientos superficiales en la zona de Linares iban escaseando y la explotación en la casi totalidad de las minas debía proseguirse a profundidades superiores a los 250-300 metros, con el añadido de que la riqueza de las metalizaciones de los filones iban disminuyendo y la proporción de los llamados “carbonatos” —con una ley inferior al 50 %— se incrementaba dentro del cómputo de la producción global.

Por otro, el ciclo depresivo de los precios del plomo iniciado hacia 1877, tras un largo periodo con precios por encima de las 20 libras/tonelada, se agudizaría al comenzar la década de 1890, hasta la caída de las cotizaciones del mercado de Londres en 1894 a las 9 libras/tonelada. La ampliación del mercado del plomo con la irrupción de los nuevos productores ultramarinos (Estados Unidos y Australia, ver cuadro 1), mantendría los precios por debajo de las 15 libras/tonelada hasta después de la guerra europea.

Esta situación de la demanda tuvo como respuesta la definitiva desaparición, ahora sí y ya entrado el nuevo siglo, del minifundio minero que se había mantenido hasta entonces. El mantenimiento de un laboreo rentable pasaba por aprovecharse de las economías derivadas del incremento de la escala de la producción y así poder incorporar la tecnología necesaria para la explotación en profundidad y el tratamiento de menas cada vez más pobres. En efecto, durante los diez años anteriores a la Primera Guerra Mundial se aplicarán en el distrito, y sobre todo, en la menos explotada zona de La Carolina, buena parte de las mejoras técnicas que caracterizaban la gran oleada de innovaciones que se produjo durante el último tercio del siglo XIX en el laboreo y el beneficio del plomo. La renovación técnica, cuyo símbolo sería el predominio de la electrificación (motorización eléctrica de las explotaciones, aplicación de la electrometalurgia en las fundiciones) se haría junto a un fuerte proceso de concentración empresarial que llevaría a la multinacional francesa “Peñarroya” a controlar, directa o indirectamente, la mayor parte del plomo andaluz<sup>28</sup>.

28. Nadal (1978).

## Conclusiones

La minería del plomo tardó en incorporar soluciones que ya formaban parte del paradigma tecnológico minero desde el siglo XVIII. La lentitud del proceso de intensificación de capital se relaciona con la constitución de un modelo de pequeña minería que por su adecuación a determinadas condiciones naturales, sociales y económicas, y en especial a la amplia oferta del factor trabajo<sup>29</sup> y por la sanción institucional que le proporciona la legislación que alumbró el nacimiento del sector, se mantendría hasta su práctica desaparición con la gran depresión finisecular que afectó a las cotizaciones de los metales en el mercado mundial.

Este modelo, minifundista en lo empresarial y precario en lo tecnológico, manifiesta una gran capacidad de adaptación, como se comprueba en Almagrera, donde a pesar de que bloqueará el desarrollo del distrito a largo plazo, reforma sus métodos de laboreo e inicia, incluso, una estimable mecanización “en pequeño”; o en Linares, donde el laboreo de rapiña ejerce una serie de tareas complementarias dentro, incluso, de explotaciones de mayores dimensiones y bien ordenadas, en un ejemplo de coexistencia de las viejas y las nuevas tecnologías que es propio de los primeros tiempos de la industrialización.

Desde una perspectiva más amplia, y dado que la minería consume un capital que no es reproducible, por lo que está condenada a una más o menos próxima extinción por el agotamiento de los recursos, habría que suscitar, siquiera, la cuestión de los efectos del desarrollo minero durante esta fase en orden a favorecer la introducción de nuevas tecnologías.

Se ha identificado este papel de difusión tecnológica como uno de los efectos positivos de la inversión extranjera en este sector y, en general, del desarrollo minero en España<sup>30</sup>. Sin embargo, Chastagneret nos ha advertido recientemente contra el abuso en el empleo de esta idea cuando se confunde el aprendizaje de técnicas modernas con su posibilidad real de empleo, o cuando se sobreestiman las transferencias tecnológicas a otros sectores<sup>31</sup>. Aunque el tema está sin estudiar, no parece que la mecanización, relativamente temprana de la minería andaluza, auspiciada por las necesidades de desagüe, haya generado una base técnica transferible a otras industrias o actividades económicas en la región<sup>32</sup>.

29. La abundancia de mano de obra fue especialmente reseñable en las cuencas mineras almerienses durante la mayor parte del siglo XIX. No hay que perder de vista que entre 1833 y 1857, la tasa acumulativa de crecimiento demográfico en la provincia almeriense fue del 1,3 % anual, muy superior a la andaluza, el 0,8 %, y a la española, el 0,9 %. Este dinamismo fue mucho mayor en las comarcas mineras: Sánchez Picón (1992), pp. 483-489. Así, no es de extrañar que en 1879 los salarios mineros almerienses se mantuvieran entre los más bajos de Andalucía, y, por ende, de España: casi un 30 % más bajos que los que se abonaban en las minas de Linares. André (1879).

30. Prados de la Escosura (1988), pp. 177-221.

31. Chastagneret (1994), pp. 70-71.

32. Tal vez pueden anotarse ciertas transferencias de la tecnología minera de excavación en la expansión que, durante la segunda mitad del siglo XIX, se detecta en las provincias áridas del Sureste (Almería y Murcia) de determinadas obras hidráulicas dirigidas a la extensión de los regadíos. Me refiero a la apertura de galerías para hacer aflorar acuíferos superficiales, impulsada por numerosas sociedades privadas por acciones. En cualquier caso, no se trataría de la aplicación del instrumental tecnológico más moderno de las explotaciones mineras.

Creo que el concepto de transferencia tecnológica, para que sea fértil y duradero, debe ser algo más que la mera incorporación de maquinaria o procedimientos técnicos a unos procesos de producción determinados. Lo que resulta determinante es la introducción del “conocimiento tecnológico no incorporado a la maquinaria y la organización social relacionada con la tecnología”<sup>33</sup>. En este sentido cabría interrogarse, por ejemplo, por el papel de estas mejoras tecnológicas mineras en la generación de externalidades como la constitución de un tejido industrial consistente y alternativo al previsible agotamiento minero, o la elevación del nivel de preparación de la fuerza de trabajo en la línea de una mejora del capital humano.

La experiencia de la minería del plomo en Andalucía no presenta, al respecto, un balance satisfactorio. En Almería no se apreciaron efectos significativos en ninguno de los ámbitos insinuados<sup>34</sup>. En las minas de Sierra Morena, y en especial en torno a las de Linares, sí se constituiría, mucho más tarde –ya pasado el ecuador del siglo XX–, y por iniciativa estatal, una cierta tradición de formación técnica superior relacionada con la actividad minera (centro de peritos de minas) como ampliación de la antigua Escuela de Capataces de Minas, fundada en la última década del siglo XIX. Está por determinar la influencia de la oferta de este personal especializado en la instalación de algunas ramas industriales en aquella zona, en particular la automoción, que en nuestros días agonizan, y que quizá encontraron más estímulo en la favorables rentas de localización de la comarca linarense de las que por contra, habrían carecido siempre los territorios almerienses.

En cualquier caso, y para el siglo XIX, por un lado, la lentitud en la aplicación de tecnologías más intensivas en capital dentro del sector, limitaría el desarrollo de una base de especialización y de conocimientos técnicos que hubiera podido transferirse a otras ramas industriales<sup>35</sup>. Por otro lado, y como ha recordado Rosenberg<sup>36</sup>, la capacidad de asimilación por el país receptor de la tecnología importada desde los países más adelantados en el proceso de industrialización, ha estado determinada, fundamentalmente, por su nivel educativo medio. Como se sabe, Andalucía, y dentro de ella las provincias mineras –particularmente Almería–, han soportado hasta fechas muy recientes unas elevadas tasas de analfabetismo que la situaban a la cabeza del país y que resultan, desde este punto de vista, un indicador fiable de las escasas posibilidades de aclimatación y adaptación creativa de las innovaciones tecnológicas.

33. Gómez Uranga y Sánchez Padrón (1992), p. 128.

34. Una muy tardía Escuela de Capataces de Minas comenzó a funcionar en la población de Vera –en las cercanías a Sierra Almagrera– en 1890, llegando a formar, durante la siguiente década, a unas docenas de titulados, antes de su definitiva clausura.

35. Berg (1987), p. 205.

36. Rosenberg (1993).



## BIBLIOGRAFÍA

- ANDRÉ, J.B. (1879), "Les mines de la Sierra Almagrera, de Linares et de quelques autres districts de l'Espagne", *Bulletin de l'Union des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain*. Année 1878-1879., pp. 79-134.
- BASALIA, George (1991), *La evolución de la tecnología*. Barcelona.
- BERG, Maxine (1987), *La era de las manufacturas, 1700-1820. Una nueva historia de la Revolución industrial británica*. Barcelona.
- BERNAL, Antonio-Miguel (1993), "Ingenieros-empresarios en el desarrollo del sector eléctrico español: Mengemor, 1904-1951", *Revista de Historia Industrial*, 3, pp. 93-126.
- CARRERAS, Albert (dir.) (1989), *Estadísticas históricas de España, siglos XIX-XX*. Madrid.
- CASTILLO MARTOS (dir.) (1994), *Minería y Metalurgia. Intercambio tecnológico y cultural entre América y Europa durante el periodo colonial español*, Sevilla-Bogotá, pp. 329-348.
- CAVANILLAS, R. (1846), "Memoria sobre el estado de la minería del reino en fin del año 1845", *Anales de Minas*, IV, pp. 403-506.
- CHASTAGNERET, Gérard (1972), "La législation de 1825 et l'évolution des activités minières", 1er. Coloquio de Historia Económica, Barcelona.
- (1985), *Le secteur minier dans l'économie espagnole au XIXe siècle*. Tesis de estado, Universidad de Provence.
- (1992), "Marsella en la economía internacional del plomo (mediados del XVII-mediados del XIX)", *Revista de Historia Industrial*, 1, 1992, pp. 11-38.
- (1994), "Minería y crecimiento económico en la España del XIX. Balance provisional y perspectivas de investigación", en Escudero y Pérez de Perceval (eds.), "Minería española, nuevas aportaciones", número monográfico de *Áreas*, 16, pp. 63-76.
- ELHUYAR, Fausto, "Memoria para la formación de una ley orgánica para gobierno de la minería en España", en *Anales de Minas*, Tomo I, 1838, pp. 1-155.
- ESCUADERO, Antonio (1992), "Trabajo y capital en las minas de Vizcaya", *Revista de Historia Industrial*, 1, pp. 95-124.
- (1994), "La minería vizcaína y la industrialización del señorío", en Homobono (dir.), *La cuenca minera vizcaína. Trabajo, patrimonio y cultura popular*, Madrid, pp. 27-44.
- EZQUERRA DEL BAYO, J. (1846), "Publicaciones extranjeras", *Anales de Minas*, IV, p. 509.
- FISHER, J. (1994), "Tentativas de modernizar la tecnología minera en el virreinato del Perú: la misión minera de Nordenflicht (1788-1810)", en Castillo Martos (dir.) (1994), pp. 329- 348.
- GARRIDO, L. (1990), *Riqueza y tragedia social: Historia de la clase obrera en la provincia de Jaén (1820-1939)*. Jaén, 2 vols.
- GÓMEZ URANGA, Mikel y SÁNCHEZ-PADRÓN, Miguel (1992), "El itinerario teórico de los enfoques actuales sobre la innovación, el aprendizaje y el cambio tecnológico: una aproximación", en Gómez Uranga, Sánchez Padrón y de la Puerta (comp.), *El cambio tecnológico hacia el nuevo milenio*, Barcelona, pp. 119-166.
- GONZÁLEZ LIANA, E. (1949), *El plomo en España*. Madrid.
- (1891), *Informe de la Comisión de Estudio del Desagüe de Almagrera*, Madrid, Imp. Vda. de Hernando.

- MALO DE MOLINA, M. (1889-1891), *Laboreo de Minas*, I y II, Cartagena.
- MESA Y ALVAREZ, Pedro de (1889-1890), "Memoria sobre la zona minera Linares-La Carolina. Del distrito de Jaén", *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, XL y XLI.
- MOKYR, J. (1993), *La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso económico*. Madrid.
- MUÑOZ DUEÑAS, María Dolores (1979), "Importancia del factor tecnológico en el crecimiento económico del distrito minero e Linares (1850-1881)", *Actas del I Congreso de Historia de Andalucía*, Córdoba, pp. 401-430.
- NADAL, J. (1972), "Industrialización y desindustrialización del sudeste español, 1817-1913", *Moneda y Crédito*, 120, pp. 3-80.
- (1975), *El fracaso de la Revolución Industrial en España, 1814-1913*. Barcelona
- (1978), "Peñarroya, una multinacional con nombre español", *Alta Dirección*, XIV, 77, pp. 73-83.
- (1983), "Andalucía, paraíso de los metales no ferrosos", *Historia de Andalucía*, VII, 2ªed., Barcelona, pp. 178-240.
- NARANJO DE LA ZARZA, E. (1885), *Las minas de Linares ante la crisis industrial*, Linares, Tip. Garrido, 36 pp.
- NÚÑEZ ROMERO-BALMAS, G. (1985), "Crecimiento sin desarrollo: la minería del distrito de Berja en la etapa de apogeo (1820-1850)", *Revista de Historia Económica*, III, 2, pp. 265-296.
- PALACIOS REMONDO, J. (1994), "Fausto y Juan José Delhuyar en Europa y su reflejo en la minería novohispana", en Castillo Martos (dir.) (1994), pp. 349-374.
- PÉREZ DE PERCEVAL Y VERDE, M.A. (1984), *Fundidores, mineros y comerciantes. La metalurgia de Sierra de Gádor, 1820-1850*. Almería.
- (1989), *La minería almeriense contemporánea (1800-1930)*. Almería.
- PETITGAND, M. (1862), "Observations sur l'industrie minérale et métallurgique du midi de l'Espagne en 1859", *Revue Universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts appliqués à l'industrie*, Liège, IX, pp.297-407.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L. (1988), *De imperio a nación. Crecimiento y atraso económico en España (1780-1930)*. Madrid.
- ROSENBERG, N. (1993), *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*. Barcelona.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, J. (1990), *De minería, metalúrgica y comercio de metales*. Universidad de Salamanca, 2 vols.
- SÁNCHEZ MASSIÁ, M. (1893), *Metalurgia del plomo*. Madrid. Imp. E. Teodoro.
- SÁNCHEZ PICÓN, A. (1983), *La minería del levante almeriense, 1838-1930*. Almería.
- (1992), *La integración de la economía almeriense en el mercado mundial (1778- 1936). Cambios económicos y negocios de exportación*. Almería.
- SITGES, J.B. (1879), *Tecnología popular de industria, artes y oficios*, Crónica de la Industria, Madrid.
- VÁZQUEZ DE PRADA, V. (1988), "La coyuntura de la minería y de la metalurgia europeas (Siglos XIII-XVIII)", *Revista de Historia Económica*, 2, pp. 257- 276.



## *Technological Models in Andalusian Lead Mining during the Nineteenth Century*

### ABSTRACT

*In the subsector of the mining of the Andalusian lead during the Nineteenth Century, one of the most important of the Spanish mining of the era, two different technological models lived together. On the one hand, in the framework of the "small mining penibética", an elemental technology that was using still with extent traditional energies, with a scarce mechanization and with an abundant labor employment; and, additionally, in the mines of Linares, in Sierra Morena, a greater technological modernization and a most intense utilization of the capital than coexists, nevertheless, with the systems survival of "laboreo" traditional until beginning of the Twentieth Century. The difficulties that delayed the full incorporation of the outstanding technological paradigms in the European mining of the Nineteenth Century to the Andalusian basins are being studying, as well as the social and economic conditions that promoted specific adjustments of the same.*

