

Transferencias tecnológicas en la minería del hierro española (1850-1936)

A. Escudero

Universidad de Alicante. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
Carretera San Vicente s/n - 03690 San Vicente del Raspeig. Alicante
escudero@ua.es

RESUMEN

El trabajo estudia las vías de transferencia tecnológica en la minería del hierro española y está dividido en tres partes. Realizo primero algunas consideraciones generales sobre la tecnología minera y sus vías de transferencia durante la Revolución Industrial. Analizo después la evolución del laboreo entre 1850 y 1936 citando las innovaciones y sus vías de transferencia y presento unas conclusiones que no concuerdan con las de algunos colegas que han sostenido que la tecnología minera de la Revolución Industrial llegó a España de la mano de las compañías extranjeras.

Palabras clave: minería, tecnología minera

Technology transfers in the spanish iron mining (1850-1936)

ABSTRACT

This paper deals about the ways of transfer the technology in the Spanish iron mining industry and is divided into three parts. First, some general issues are discussed, regarding mining technology and the ways it was transferred during the Industrial Revolution. Second, the evolution of this mining activity, between 1850 and 1936, is analysed, specially focused on innovations and which were his way of transfer. Finally, I present some conclusions in which I express my disagreement with some of my colleagues. Those who believe that the mining technologies of the Industrial Revolution came to Spain thanks to foreign companies.

Key words: mining, mining technology

Este trabajo forma parte de otro más amplio y todavía inédito sobre las transferencias tecnológicas que recibió la minería española entre mediados del siglo XIX y la década de 1930. El artículo se ciñe al mineral de hierro y está dividido en tres partes. En la primera, realizo algunas consideraciones generales sobre la tecnología minera y sus vías de transferencia durante la Revolución Industrial. Estudio luego la evolución del sistema de laboreo con una triple finalidad: conocer las innovaciones tecnológicas, sus vías de transferencia y también si la tecnología y las destrezas mineras (*know-how*) se difundieron a otros sectores de la economía española. El trabajo termina con unas conclusiones que entroncan con el debate que "pesimistas" y "optimistas" han mantenido sobre el papel que la minería jugó en el crecimiento de la economía española entre la década de 1880 y la Primera Guerra Mundial.

La tecnología minera y sus vías de transferencia durante la revolución industrial

Las técnicas mineras del Renacimiento fueron descubiertas en las regiones situadas al norte de los Alpes y al este del Rhin. La tabla 1 recoge esas innovaciones a las que se sumó el descubrimiento en Méjico en 1554 por Bartolomé de Medina de la amalgama del mercurio con menas argentíferas para la obtención de plata. Durante la Edad Moderna, la nueva tecnología se difundió por el resto de Europa y por América gracias a dos libros (*De Re Metallica*, de "Agrícola"; *Descripción de venas metálicas*, de Ercker) y, sobre todo, por la contratación de técnicos llamados "alemanes" (alemanes, sajones, flamencos, eslovacos y bohemios)¹. Otra vía de transferencia posterior fue la

¹ Sánchez Gómez (1989), pp. 176-181.

creación a fines del XVIII de las primeras Escuelas de Minas siguiendo el modelo de la de Freiberg. La minería anterior a la Revolución Industrial ha sido calificada de "orgánica" porque empleaba energía animada e hidráulica y porque consumía madera en la fortificación y carbón vegetal en la metalurgia de primera fusión.

Las técnicas alemanas fueron sustituidas por las británicas durante la Revolución Industrial². El cuadro 2 recoge las principales innovaciones. Se observa que la nueva tecnología se benefició de los progresos en el vapor, ingeniería de la construcción, maquinaria y química. Todo ello hizo que la minería pasara a ser "inorgánica" al sustituirse la energía animada por la inanimada; la madera por la mampostería, hormigón y hierro y el carbón vegetal por el mineral.

² Véase la clásica obra dirigida por Singer (1958). También Derry-Williams (1986) o Mokyr (1993).

Las innovaciones fundamentales de la conocida como Segunda Revolución Industrial fueron dos y no provinieron de Inglaterra, sino de Alemania y de los Estados Unidos: maquinaria movida con electricidad y diesel y nuevos procesos de concentración de menas que permitieron explotar las de baja ley metálica (concentración eléctrica, hidrometalurgia y síntesis).

Entre fines del XVIII y la década de 1830, la tecnología inglesa se extendió por otros países mediante la emigración clandestina de trabajadores especializados, el espionaje industrial y el contrabando de máquinas ya que el gobierno británico no permitió la libre salida de técnicos y de maquinaria hasta 1825 y 1842 respectivamente. Las vías de transferencia tecnológica se multiplicaron durante la Segunda Revolución Industrial: empresas multinacionales, contratación de ingenieros extranjeros, creación de escuelas de ingenieros y subalternos, viajes de

LABORES	INNOVACIONES "ALEMANAS"
DESAGÜE	-GRANDES MÁQUINAS DE BOMBEO MOVIDAS CON ENERGÍA HIDRÁULICA.
ARRANQUE	-ARRANQUE POR FUEGO ("FIRE SETTING") O CON PÓLVORA.
VENTILACIÓN	- FUELLES MOVIDOS CON ENERGÍA ANIMAL O HIDRÁULICA.
FORTIFICACIÓN	- PRIMEROS PASOS DE LA TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA. - USO DE LA BRÚJULA PARA LABOREO SUBTERRÁNEO ORDENADO. - ENTIBACIÓN O MAMPOSTERÍA CAPAZ DE SOSTENER ENORMES GALERÍAS POR LAS QUE TRANSITABAN ANIMALES.
ILUMINACIÓN	- VELAS DE SEBO.
ACARREO A EXTERIOR	- TRANSPORTE HORIZONTAL CON VAGONETAS SOBRE RAÍLES DE MADERA. - TRANSPORTE VERTICAL UTILIZANDO LA MISMA MAQUINARIA DE DRENAJE ACOPLÁNDOLE BOLSAS DE CUERO.
PREPARACIÓN DE MENAS	- MAQUINARIA DE TRITURACIÓN ACCIONADA CON ENERGÍA ANIMAL O HIDRÁULICA. - CONCENTRACIÓN POR LAVADO.
METALURGIA DE PRIMERA FUSIÓN	- HORNOS AL CARBÓN VEGETAL.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Sánchez Gómez (1989) y Singer (1958)

Tabla 1: Innovaciones tecnológicas en minería durante el renacimiento
Table 1: Technical mining innovations during Renaissance

LABORES	INNOVACIONES
PROSPECCIÓN	- SONDAS A VAPOR.
DESAGÜE	- BOMBAS A VAPOR.
ARRANQUE	- NUEVOS EXPLOSIVOS (ALGODÓN-PÓLVORA, DINAMITA, GELATINA DETONADORA). - MARTILLOS A VAPOR DESPUÉS DE 1850.
VENTILACIÓN	- FUELLES A VAPOR.
FORTIFICACIÓN	- AVANCES EN LA TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA. - PERFECCIONAMIENTO DE ENTIBACIÓN Y MAM POSTERÍA. - HORMIGÓN Y HIERRO DULCE.
ILUMINACIÓN	- LÁMPARAS DE ACEITE CON CRISTAL.
GASES EXPLOSIVOS	- LÁMPARA DE SEGURIDAD DE DAVY.
ACARREO MINA-SUPERFICIE	- TRANSPORTE EN HORIZONTAL CON VAGONES SOBRE RAÍLES DE HIERRO. - TRANSPORTE EN VERTICAL CON POLEAS A VAPOR. - ASCENSORES A VAPOR ("MAN ENGINE").
PREPARACIÓN DE MENAS	- MAQUINARIA A VAPOR PARA CRIBAR. - MAQUINARIA A VAPOR PARA TRITURAR. - MAQUINARIA A VAPOR PARA CONCENTRACIÓN POR LAVADO.
TRANSPORTE	- DRAGAS A VAPOR DESPUÉS DE 1850. - BOCAMINA-FERROCARRIL: MAQUINARIA A VAPOR (PLANOS INCLINADOS, CADENAS SIN FIN, CABLES AÉREOS). - FERROCARRIL. - EMBARCADEROS MECÁNICOS.
METALURGIA DE PRIMERA FUSIÓN	- HORNOS CON CARBÓN MINERAL.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Singer (1958), Derry-Williams (1986) y Mokyr (1993)

Tabla 2: Innovaciones tecnológicas en minería durante la revolución industrial
Table 2: Technical mining innovations during Industrial Revolution

empresarios y técnicos, libros, revistas, exposiciones y agencias comerciales para la venta de maquinaria.

La teoría neoclásica explica la difusión de la tecnología por el precio relativo de los factores, de manera que los empresarios sustituirán trabajo por capital o capital obsoleto por otro nuevo según la rentabilidad obtenida por cada factor. Admitiendo que ésta es una causa necesaria, autores como

Abramovitz, Mokyr y Rosenberg la consideran insuficiente ya que la propia Historia demuestra que la difusión requiere de otros elementos explicativos³. En primer lugar, de una previa capacidad de absorción por parte de los países rezagados, esto es, cierto nivel

³ Abramovitz (1986). Mokyr (1993). Rosenberg (1976 y 1982).

de desarrollo, determinado capital humano, empresarios y marco institucional proclive a la recepción de nuevas tecnologías. Por otro lado, los procesos de difusión tecnológica no siempre han sido rápidos y uniformes, sino que se han caracterizado en muchos casos por su lentitud, por la convivencia de viejas y nuevas tecnologías o por la adaptación de éstas a las condiciones del país y/o empresa receptores, merced a una amplia gama de circunstancias entre las que Rosenberg ha destacado la flexibilidad de las nuevas tecnologías para acomodarse a la dotación de factores, la existencia o no de tecnologías complementarias a las punteras o el perfeccionamiento de las viejas tecnologías.

Transferencias tecnológicas en la minería del hierro

Desde mediados del siglo XIX, las minas de Somorrostro comenzaron a explotarse mediante un nuevo sistema de laboreo que luego se extendió por otras cuencas españolas. Una descripción del laboreo anterior parece oportuna para calibrar mejor el cambio tecnológico.

Laboreo de minas en Vizcaya (siglo XVII-década de 1840)

La minería vizcaína anterior al *boom* de la década de 1870 ha sido estudiada por Rafael Uriarte, de manera

que todo lo que digo a continuación se basa en dos de sus publicaciones que reseño en la nota 4 y que no vuelvo a citar en este epígrafe para no incurrir en reiteración⁴.

La propiedad de las minas de Vizcaya fue comunal hasta después de la Primera Guerra Carlista ya que sólo entonces entró en vigor la ley minera de 1825. Durante los meses de mayo a octubre, cuadrillas de tres a cinco campesinos explotaban las minas recurriendo al crédito de los comerciantes de mineral (*Verlagssystem*). Los trabajadores extraían vena dulce demandada por las ferrerías vascas y de la cornisa británica. Este mineral de muy bajo punto de fusión era el único que se podía beneficiar mediante el sistema siderúrgico directo y se hallaba en estratos inferiores a los del campanil y rubio, por lo que su extracción era subterránea.

Descubierto un filón por su afloramiento, las cuadrillas abrían un pozo de escasa profundidad que fortificaban mediante el sistema de pilares y cámaras - columnas de la propia roca sostenían el techo -, construyendo también zanjas para el desagüe vertical. La iluminación se realizaba con velas de sebo y el mineral se arrancaba de tres formas según la dureza de la roca: con pólvora, con fuego (*fire-setting*) o bien a brazo mediante almádenas, picos y cuñas. Los mineros cargaban los trozos en cestos y los depositaban en un cabestrante que los sacaba a la superficie tira-

⁴ Uriarte (1988 y 1994).

ARRANQUE →	ACARREO A SUPERFICIE →	TAQUEO →	TRANSPORTE A BUQUE
SUBTERRÁNEO (SOCAVONES POCO PROFUNDOS)	CABESTRANTES TIRADOS DESDE EL EXTERIOR POR BUEYES	MANUAL: PICOS Y CUÑAS	- CARROS - GABARRAS
-FORTIFICACIÓN: PILARES Y CÁMARAS - ILUMINACIÓN: VELAS DE SEBO. - ARRANQUE: . FIRE-SETTING . PÓLVORA . MANUAL (ALMÁDENAS, PICOS Y CUÑAS) - DESAGÜE: ZANJAS VERTICALES			

Fuente: Uriarte (1988 y 1994)

Tabla 3: Sistema de laboreo de minas en Vizcaya (Siglo XVII-1840)
Table 3: Mining method used in Biscay (17th century – 1840)

do desde el exterior por bueyes. Tras un taqueo manual con picos y cuñas para trocear la mena, ésta se cargaba en carros de bueyes o mulas que la transportaban a los embarcaderos de Portugalete y Musques, donde era amontonada. Como los barcos no podían acceder a los muelles al no estar dragada la ría del Nervión, la vena se cargaba con cestos en gabarras que la conducían hasta los fondeaderos. El sistema de laboreo - esquematizado en la tabla 3 - era extensivo, es decir, los socavones se abandonaban para explotar otros cuando la explotación se encarecía.

En Vizcaya se conocían desde el siglo XVI las técnicas descubiertas durante el Renacimiento (cuadro 1). Esta tecnología llegó a España y América gracias a la contratación de técnicos "alemanes", pero, como ha demostrado Fernández de Pinedo, la vía de transferencia hacia Vizcaya no fue ésta, sino los conocimientos que muchos hidalgos vascos vinculados a la burocracia de los Austrias obtuvieron de sus estancias en las regiones centroeuropeas del Imperio⁵. Ahora bien, sólo dos de las innovaciones señaladas en la tabla 1 fueron adoptadas en Somorrostro - *fire-setting* y pólvora - ya que las demás no se adecuaban a la geología del criadero ni a las condiciones institucionales y económicas de la época. La vena dulce se hallaba, en efecto, a poca profundidad, de manera que los ingenios "alemanes" de desagüe, entibado o ventilación eran innecesarios. Por otro lado, la propiedad comunal gestó un laboreo minifundista que resultaba técnica y económicamente incompatible con una maquinaria diseñada para la explotación a gran escala. Finalmente - y pese a lo arcaico de la tecnología utilizada -, las minas producían lo suficiente para abastecer una demanda pequeña dada la escasa producción de las ferrerías y la prohibición foral de exportar la vena fuera de Castilla.

Introducción en Vizcaya de la tecnología minera de la Revolución Industrial (1840-1870)

Durante las décadas de 1840 y 1850, se crearon en Asturias y País Vasco varias fábricas dotadas de altos hornos al coque y hornos de pudelación⁶. Los nuevos altos hornos podían beneficiar minerales de hierro de mayor punto de fusión que la vena. Ello creó una demanda de campaniles y rubios vizcaínos por parte

de estas fábricas y también de las francesas. Para abastecer esa demanda, era preciso, sin embargo, sustituir la propiedad comunal por la privada y permitir la exportación de los minerales. Los comerciantes de menas ya habían logrado en 1827 que la Diputación de Vizcaya aprobara un reglamento que toleraba la convivencia del laboreo comunal con las denuncias, pero fue después de la Guerra Carlista cuando se abrió el camino de la privatización del criadero al entrar en vigor la ley minera de 1825. Unos años más tarde, el arancel de 1849 permitió la libre exportación de los minerales y, aunque la presión de los ferrones logró que las menas fueran gravadas en 1852 con un impuesto, en 1862 se volvió a establecer la franquicia⁷.

Mediando el nuevo marco institucional, un grupo de comerciantes bilbaínos privatizó parte del criadero en una primera oleada de registros que transcurrió entre 1841 y la promulgación de la ley minera de 1868 (entre otros, Allende, Castaños, Chávarri, Durañona, Ibarra, Lezama, Llano y Mier). Estos empresarios y la Diputación del Señorío introdujeron un nuevo sistema de laboreo y de transporte que permitió incrementar la producción de la cuenca desde las 10.000 toneladas de principios de siglo a las 200.000 que se extrajeron en 1870. El sistema presentó tres innovaciones: explotación a cielo abierto, sustitución de la pólvora por la dinamita y construcción por la Diputación de un plano inclinado, un ferrocarril y un embarcadero desde las minas de Triano al Nervión⁸. La nueva tecnología se conoció en Bilbao gracias a ingenieros de Minas formados en la Escuela de Madrid ya que, entre 1840 y la década de 1870, no hubo ingenieros extranjeros trabajando en la cuenca vizcaína⁹.

A la altura de 1850, las minas se laboreaban a cielo abierto utilizando pólvora; siete años después del invento de Nobel de 1866 se creó en Galdácano la "*Sociedad la Dinamita*" para fabricarla y, en los años

⁷ Todo lo dicho procede de Uriarte (1988).

⁸ Todo lo dicho procede de Uriarte (1988).

⁹ La Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid se fundó en 1835 a instancias del Director General de Minas Fausto de Elhuyar. Éste envió a Inglaterra a cinco estudiantes de la antigua escuela de Almadén para que luego se convirtieran en profesores de la nueva escuela (Lorenzo Gómez Pardo, Isidro Sainz de Baranda, Joaquín Ezquerro del Bayo, Rafael Amar de la Torre y Felipe Bauzá). Gracias a su magisterio, los estudiantes conocieron las nuevas tecnologías británicas que sustituyeron a las alemanas durante la Revolución Industrial. El manual de Ezquerro del Bayo *Elementos de Laboreo de Minas* publicado en 1839 rinde cuenta, por ejemplo, de la nueva maquinaria movida a vapor para la extracción y transporte de minerales y de la nueva metalurgia al coque. Sobre la Escuela de Minas y la cualificación de los ingenieros españoles, Chastagnaret (2000) y Muñoz Dueñas (1992 y 1999).

⁵ Esos conocimientos sirvieron a algunos de esos hidalgos para explotar minas en el Potosí. Fernández de Pinedo (1994).

⁶ En Asturias, Asturias Mining, Duro y Gil. En el País Vasco, Bolueta, El Carmen, La Merced, San Pedro de Araya y San Martín de Beasain.

cincuenta y sesenta, tres empresarios solicitaron permisos para construir planos inclinados y ferrocarriles con embarcaderos. El primero fue Francisco Alberdi, que en 1856 consiguió la concesión del de Triano. Tras una serie de enfrentamientos entre Alberdi y las autoridades del Señorío, que se negaron a admitir la concesión por el presumible monopolio que conllevaría, la Diputación se hizo cargo de la construcción del ferrocarril, inaugurado en su primera fase en 1865. Carlos Aguirre consiguió en 1869 la concesión del ferrocarril de Galdames y los Ibarra otra un año después para unir sus minas de Somorrostro con Luchana¹⁰. Como se verá más adelante, ambas concesiones fueron traspasadas en la década de 1870 a la *Bilbao Iron Ore* y a la *Orconera Iron Ore*.

La tecnología minera vizcaína y sus vías de transferencia entre la década de 1870 y 1936

La información sobre tecnología de este epígrafe procede de mi libro *Minería e Industrialización de Vizcaya* y la que concierne a las vías de transferencia la he obtenido de cuatro fuentes primarias, las *Estadísticas Mineras*, la *Revista Minera*, el *Boletín Minero* y el *Boletín Minero e Industrial* (véase el apartado Fuentes del apéndice).

La demanda externa de mineral de hierro vizcaíno experimentó un *boom* desde la década de 1870 a 1913 gracias a los descubrimientos Bessemer y Martin Siemens ácido porque estos aceros que sustituyeron al hierro dulce requerían de arrabio sin fósforo y las menas vascas carecían de esta impureza. Ello desembocó en la creación de grandes sociedades extranjeras y españolas durante las décadas de 1870 y 1880 así como en la constitución de más de 100 pequeñas empresas marginales al calor de los altos precios de la coyuntura 1896-1913.

Entre 1871 y 1876, se crearon cuatro grandes compañías financiadas por fábricas siderúrgicas inglesas, francesas, belgas, alemanas y por *Ibarra Hermanos* para concentrarlas verticalmente con sus altos hornos. Se trata de *Bilbao Iron Ore*, *Luchana Mining*, *Orconera Iron Ore* y *Franco-Belga des Mines de Somorrostro*. Estas sociedades construyeron medios de transporte bocamina - ferrocarril y cuatro ferrocarriles con embarcaderos, dos de ellos, el de la *Bilbao Iron Ore* y el de la *Orconera*, mediante el traspaso de las concesiones que habían obtenido anteriormente Aguirre y los Ibarra. Simultáneamente, un grupo de grandes mineros vascos y extranjeros instaló transportes bocamina - ferrocarril, alquilando los ferroca-

riles de las empresas arriba citadas y el de la Diputación para el transporte a buque¹¹. A fines de siglo aparecieron, como dije, más de 100 empresas marginales que arrendaban los medios de transporte boca-mina-ferrocarril y ferrocarril-embarcadero.

La tabla 4 esquematiza el sistema de laboreo utilizado entre la década de 1870 y principios del siglo XX y también contiene un glosario de la maquinaria. El laboreo se organizó del siguiente modo:

- 1) Prospección mediante métodos superficiales directos e indirectos, pero también con sondeos que permitieron cubicar grandes masas de carbonatos por debajo de campaniles y rubios.
- 2) Explotación a cielo abierto mediante bancos de 20 a 30 metros de altura. La perforación de frentes de los bancos se efectuaba con barrena y maza. Cargado el barrenado con dinamita, se procedía a la voladura.
- 3) Los grandes bloques de roca eran luego troceados, o, como se dice en minería, taqueados. Un primer taqueo lo realizaban barrenadores que dinamitaban los bloques hasta reducirlos a trozos de unos 0,5 metros, límite económico para el uso de explosivos. Comenzaba entonces un segundo taqueo a brazo. Los peones rompían con mazas el mineral reduciéndolo a gruesos (de 3 a 10 centímetros de diámetro), procediéndose luego a su clasificación manual por tamaños. Hasta fines del XIX, las llamadas chirtas - tierras con menudos de rubios y con un 60% de estéril - se amontonaban en escombreras dada la abundancia de gruesos, pero desde entonces comenzaron a deslodarse mediante trómeles. También los estratos inferiores de carbonato comenzaron a explotarse a fines del XIX, aunque este mineral debía luego ser calcinado en hornos para, eliminado el anhídrido carbónico, convertirlo en óxido.
- 4) Rubios, tierras mineralizadas y carbonatos eran cargados con cestos en planos inclinados, cadenas sin fin o tranvías aéreos que conducían los rubios directamente a ferrocarril y los otros minerales a trómeles y hornos de calcinar.
- 5) La última operación era la del transporte ferroviario y embarque. Los vagones llegaban a palafitos situados por encima del nivel de la ría donde se descargaban lateralmente en tolvas conectadas con vertederas a través de las que resbalaban hacia buques de hasta 2000 toneladas ya que el Nervión se dragó en la década de 1880.

¹⁰ Para todo ello, Ormaechea Hernáiz (1989) y Díaz Morlán (2002).

¹¹ Se trata de estos grandes mineros: Allende, Amezaga, Arana, Castaños, Chávarri, Durañona, Echevarrieta, Ibarra Hermanos, Larruzea, Lezama, Martínez Rivas, Luis Núñez, Ocharán, Somonte, Taramona, Mac Lennan, Levison, Kreizner y Rochet).

GLOSARIO:

ARRANQUE A CIELO ABIERTO. →	TROCEO Y SELECCIÓN (CAMPANILES Y RUBIOS). PRIMERA CARGA →	LAVADO Y CALCINACIÓN (CHIRTAS Y CARBONATOS)→	TRANSPORTE BOCAMINA – FERROCARRIL →	TRANSPORTE A BUQUE Y EMBARQUE.
BARRENADO. DINAMITA.	TAQUEO A BRAZO. CARGA CON CESTOS.	TRÓMELES. HORNOS DE CALCINACIÓN.	PLANOS INCLINADOS. CADENAS SIN FIN. TRANVÍAS AÉREOS.	FERROCARRIL. EMBARCADEROS MECÁNICOS.

PLANOS INCLINADOS: Ferrocarriles de muy corto recorrido capaces de salvar grandes pendientes en los que las vagonetas bajan llenas de mineral y suben vacías arrastradas mediante un cable enganchado a sus bajos y movido con energía de vapor.

CADENAS SIN FIN: Planos inclinados en los que las vagonetas se enganchan en su parte superior a cadenas movidas a vapor, estableciéndose así un sistema de acarreo continuo.

TRANVÍA AÉREO: Caballete sobre el que penden cables movidos a vapor a los que se enganchan los baldes existiendo un flujo continuo de éstos. Eran capaces de salvar enormes desniveles topográficos. Su tendido no requería de explanaciones y circulaban por encima de las vías de transporte terrestre.

TRÓMEL: Cilindro giratorio de chapa movido a vapor y provisto de hélices en su interior. Por medio de mangueras, se obligaba a las “chirtas” a alimentar la máquina. Éstas ascendían empujadas por las hélices, mientras que el agua, cargada de ganga soluble, descendía en sentido contrario gracias a la inclinación que se daba al aparato.

HORNO DE CALCINACIÓN: Cubas de ladrillo refractario con anillos metálicos externos para evitar su resquebrajamiento. En ellas, los carbonatos se calentaban con carbón y aire obtenido de ventiladores a vapor, eliminándose el CO₂ y transformándose los carbonatos en óxidos.

Fuente: Escudero (1998)

Tabla 4: Laboreo de minas en Vizcaya (década de 1870-principios del siglo XX)
 Table 4: Mining methods used in Biscay (from the 1870 decade to the beginning of 20th century)

El sistema de laboreo fue el mismo que los ingenieros españoles habían difundido entre 1840 y 1870, si bien es cierto que se incorporó nueva maquinaria para el transporte boca-mina- ferrocarril (cadenas sin fin y tranvías aéreos) y también para el lavado y calcinación (trómeles y hornos). Veamos ahora cuáles fueron las innovaciones incorporadas al laboreo desde principios del siglo XX hasta 1936:

- A) Barrenado y primer taqueo.- Se introdujeron progresivamente martillos perforadores a vapor desde 1903 para ambas operaciones y, tras la Primera Guerra Mundial, todas las empresas compraron martillos eléctricos.
- B) Carga y desescombreo.- Algunas de las grandes

- compañías adquirieron excavadoras eléctricas y diesel en la década de 1920 para la carga de gruesos y desescombreo y carga de chirtas. Hacia 1928, existían 15 trabajando en los pocos cotos existentes en Vizcaya, los de la *Orconera*, Franco-Belga, Lezama, Luis Núñez y Morro.
- C) Lavado-calcinación.- La mayoría de los trómeles y hornos de calcinación fueron electrificados tras la Primera Guerra Mundial.
 ¿Cuáles fueron las vías de transferencia tecnológica durante el *boom* del sector (1876-1913) y después? Como se verá en la parte final del trabajo, uno de los argumentos esgrimidos por los “optimistas” es que las minas españolas hubieran quedado ociosas

durante el último tercio del XIX de no haber intervenido las empresas extranjeras y sus ingenieros ya que fueron éstos quienes introdujeron nuevas tecnologías desconocidas en España¹². Esto no fue así en el hierro ni tampoco en las piritas, galápagos o mercurio, pero ahora debo ceñirme al caso de la minería férrea.

Es cierto que las empresas extranjeras que laborearon minas en Vizcaya constituyeron una vía de transferencia, pero ni la tecnología de la Revolución Industrial llegó a Bilbao gracias a ellas, ni tampoco fueron luego la principal vía de transferencia. Ya vimos que la tecnología de la Revolución Industrial se introdujo entre 1840 y 1870 gracias a ingenieros formados en la Escuela de Madrid. Pues bien, entre la década de 1870 y 1936, la principal vía de transferencia continuó siendo ésta porque los ingenieros españoles que trabajaban en las empresas vascas estuvieron informados de las innovaciones gracias a sus viajes a Inglaterra y Alemania; a los libros y revistas adquiridos por la Jefatura y el Círculo Minero (*Annales des Mines, The Journal of Iron and Steel Institute, Revista Minera, Boletín de Minas y Metalurgia*) y también a las agencias comerciales de fabricantes extranjeros de maquinaria establecidas en Bilbao, que, además, los contrataban como representantes. Baste con citar algunas: la americana *Allied Machinery*, representada por el ingeniero Luis Astaquia; las alemanas *Friederich* y *Buycirus*, representadas por los ingenieros Félix de Aranguren y Ramón de Arancibia; las inglesas *Ruston, Holman Brothers* y *Worthington*, representadas por la empresa *Llodio, Egusquiza y Cía.* y por el ingeniero Ramón Miquelanera. Así pues, la tecnología puntera siempre fue conocida en Bilbao por los ingenieros extranjeros y españoles y cada empresa la adoptó en función de sus posibilidades y necesidades. Trataré de demostrarlo con algunas pruebas.

Los dos primeros tranvías aéreos fueron comprados por la empresa de Martínez Rivas y por la de Cristóbal Murrieta en 1872 y 1875. Ambas tenían ingenieros españoles que recomendaron su adquisición, si bien es cierto que los tranvías fueron montados bajo la dirección de un ingeniero británico enviado por la casa Hodgson. La *Franco Belga* fue la primera empresa que instaló una cadena sin fin en 1883. Los primeros trómeles y hornos de calcinación los montaron dos sociedades españolas en las que trabajaban ingenieros de la Escuela de Madrid. Se trata de la Compañía de Setares, propiedad de Ramón de la Sota, que en 1891 compró varios tróme-

les a la casa alemana Humbolt, y de la empresa de Mac Lennan, inglés afincado en Bilbao desde la década de 1870, que construyó un horno de calcinación como los que existían en Cleveland después de un viaje realizado por su ingeniero jefe a esta región. No puedo documentar qué empresa fue pionera en la introducción de martillos perforadores a vapor o eléctricos. Sí que sé, en cambio, que las primeras excavadoras las compraron después de la Primera Guerra Mundial Ramón de la Sota para sus minas de Setares y Víctor Chávarri para las de *La Dícido*, sociedad británica que había adquirido en 1912. Creo que todo ello avala que, en el caso que nos ocupa, la empresa multinacional no constituyó la principal vía de transferencia tecnológica porque, de las innovaciones mencionadas, sólo la de las cadenas sin fin fue incorporada por una de las cuatro grandes sociedades foráneas afincadas en Vizcaya.

Difusión de la tecnología y de las destrezas (know-how) al resto de la minería del hierro española y a otros sectores

El aumento de la demanda internacional de minerales de hierro hizo que se explotaran otros yacimientos además de los vizcaínos (Santander, Penibética y Sierra Menera, en Teruel). La difusión de tecnología y *know-how* a estas cuencas – la mayoría laboreadas a cielo abierto – se realizó por la doble vía de empresas vascas dirigidas por ingenieros españoles y compañías extranjeras. Citaré las principales. En el caso de Santander, la *Setares*, propiedad de Sota y Aznar, y dos foráneas, la *Dícido* y la *Orconera*. En el de la Penibética, dos extranjeras (*The Alquife Mines* y *The Soria Mining*) y otras de capital vasco (*Amezola Hermanos, Chávarri, Lecoq y Cía., Viuda de Gandarias, Uriarte y Cía.* y *Sierra Alhamilla*, de Sota y Aznar). En Teruel, los yacimientos de Sierra Menera fueron explotados por la empresa del mismo nombre fundada en 1900 por Sota y Aznar. Merece la pena destacar, finalmente, que hubo una zona de la Penibética donde el mineral de hierro se explotó con técnicas anteriores a la Revolución Industrial hasta 1913. Se trata de la Sierra de Cartagena, donde cuadrillas de cinco a seis “participes” arrancaban la mena con picos o dinamita y la acarreaman con fuerza de sangre. Estas explotaciones marginales eran rentables siempre que los precios f.o.b. superaran las 12 pesetas y prueban que los procesos de difusión de nuevas tecnologías no son siempre rápidos, pudiendo darse situaciones de dualismo tecnológico por razones en este caso económicas (altos precios del mineral entre 1890-1913), geológicas (yacimientos

¹² Tortella (1981,1994), Coll (1985), Prados (1988).

Profesiones	Número	Porcentaje sobre el total
Capataces	459	3,8
Barrenadores	739	6,2
Peones	9087	77
Pinches	910	7,7
Guardas	138	1,1
Listeros	70	0,5
Carpinteros	134	1,1
Herreros	133	1,1
Maquinistas	68	0,5
Fogoneros	22	0,1
Albañiles	40	0,3
Total	11.800	100

Fuente: Escudero, A. (1988)

Tabla 5: Estructura profesional de los trabajadores de las minas de Vizcaya (1910)
Table 5: Occupational structure of workers in the Biscay mines (1910)

superficiales o de escasa profundidad) e institucionales (propiedad minifundista)¹³.

Resta por saber si la minería del hierro benefició a otros sectores de la economía española por la doble vía de difusión de tecnologías y *know-how*. Mi opinión es pesimista. El sistema de laboreo era tan sencillo que no pudo generar externalidades sobre sectores que requerían tecnologías más complicadas, de manera que sólo debió de favorecer la construcción de obras públicas (barrenado mecánico, explosivos y dragas). En cuanto al *know-how*, la tabla 7 muestra el número de obreros empleados en las minas de Vizcaya y su cualificación profesional en 1910, año de máximo empleo en el sector. Huelga decir que la estructura profesional de las otras cuencas de mineral de hierro era similar.

El 87% de los trabajadores no poseía cualificación alguna (peones, pinches, guardas y listeros), de manera que no pudo haber difusión de sus destrezas por la sencilla razón de que no existieron. Otro caso es el de barrenadores, maquinistas y, por supuesto, personal administrativo de las empresas mineras e ingenieros. Éstos sí que pudieron transferir *know-how* a otros sectores, pero, en todo caso, el balance resultaría pobre porque la tecnología empleada en las minas de hierro fue muy intensiva en mano de obra no cualificada, no formándose, por lo tanto, capital humano.

Conclusiones

El artículo arroja estas conclusiones:

- 1^a) Desde la década de 1840, Vizcaya poseía eso que Abramovitz ha denominado "capacidad previa de absorción de nuevas tecnologías" (empresarios, ingenieros de minas y medio institucional adecuado después de la supresión de la legislación minera foral).
- 2^a) La tecnología minera de la Revolución Industrial no llegó a Vizcaya de la mano de las empresas foráneas (*Orconera, Franco Belga, Luchana Mining y Bilbao Iron Ore*). Estas compañías se instalaron en la década de 1870 cuando, desde la de 1840, los ingenieros de la Jefatura de Minas de Bilbao habían divulgado entre los empresarios la necesidad de introducir esa tecnología. De hecho, el laboreo a cielo abierto con dinamita se generalizó en los años 50 y, en 1865, la Diputación del Señorío instaló el primer plano inclinado y el primer ferrocarril minero.
- 3^a) Tampoco las innovaciones posteriores (tranvías aéreos, trómeles, hornos de calcinación, martillos perforadores y dragas) fueron introducidas por las empresas multinacionales, sino por compañías españolas en las que trabajaban ingenieros formados en la Escuela de Madrid. La única excepción fue la primera cadena sin fin, instalada en 1883 por la *Franco Belga*.
- 4^a) Todo ello significa que la principal vía de transferencia tecnológica fue el conocimiento que los ingenieros españoles poseían de las innovaciones

¹³ Pérez de Perceval (2003).

a través de viajes, libros, revistas y agencias comerciales de maquinaria minera ubicadas en Bilbao. Así pues, la tecnología puntera siempre fue conocida en Vizcaya por los ingenieros españoles y extranjeros y las empresas la introdujeron o no en función de sus posibilidades y necesidades.

5^a) La difusión de la tecnología minera a otras cuencas españolas de mineral de hierro (Santander, Penibética, Teruel) se realizó por la doble vía de empresas vascas y extranjeras. Ello no obstante, en la Sierra de Cartagena, el laboreo se realizó hasta la Primera Guerra Mundial de modo "preindustrial" (arranque con picos o explosivos y acarreo con fuerza de sangre) por razones económicas, geológicas e institucionales arriba expuestas. Este dualismo ratifica que los procesos de difusión tecnológica no son siempre rápidos y uniformes.

6^a) La tecnología empleada en el laboreo del mineral de hierro fue sencilla y no tuvo externalidades sobre sectores de la economía española salvo, quizás, en la construcción de obras públicas (barrenado, explosivos y dragas). Tampoco pudo ser importante la difusión de *know-how* a otros sectores porque la minería férrica formó muy poco capital humano. Uno y otro hecho contrastan con lo que ocurrió en otros sectores de la industria española donde también fueron importantes las inversiones de capital extranjero. Por ejemplo, el naval y las empresas mixtas de fabricación de bienes de equipo y de material eléctrico surgidas al calor de las Leyes de Protección a la Industria Nacional¹⁴.

Estas conclusiones entroncan con el debate "pesimistas" - "optimistas" en un doble sentido¹⁵:

a) Para defender lo acertado de una política económica que facilitó que la inmensa mayoría de los minerales españoles fueran explotados por empresas extranjeras, los "optimistas" han aducido este contrafactual: de no haber intervenido el capital foráneo, las minas hubieran quedado ociosas porque España carecía de empresarios e ingenieros capaces de introducir la moderna tecnología minera. Como he tratado de demostrar, es muy discutible que los yacimientos férricos hubieran quedado ociosos porque en España existían empresarios e ingenieros y porque la tecnología minera era sencilla – en otro trabajo continuación de éste intentaré demostrar que también es muy discutible que hubieran quedado sin explotar el plomo y las piritas-

b) Los "optimistas" tienen razón cuando afirman que el "modelo colonial" de la minería española reportó beneficios al país. Generó empleo. Tuvo efectos de arrastre sobre una industria de explosivos que a la larga se nacionalizó. Contribuyó al desarrollo de la marina mercante, aunque no en sus orígenes, sino sólo desde fines del XIX. También promovió una importante acumulación de capital en Vizcaya, pero muy inferior a la propuesta por González Portilla y desde luego incapaz de haber financiado la industrialización del Señorío. Sin embargo – y como argumenté más largamente en un trabajo publicado en 1996 -, estos hechos me parecen modestos frente a los negativos¹⁶. La minería no tuvo prácticamente efectos de arrastre sobre la industria española. Promovió una escasa acumulación de capital en el conjunto del país. Como contrapartida, las ganancias de las compañías foráneas fueron muy superiores a sus beneficios contables dado el elevado valor invisible transferido al acero, al ácido sulfúrico, al cobre refinado y al cinc de las industrias europeas que concentraron verticalmente sus fábricas con minas españolas. El transporte marítimo de las menas estuvo "colonizado" y no explica el origen de la moderna flota de vapor española. A la vista del valor retenido en Vizcaya (un 73%), el de las piritas (22-33%) es sencillamente "colonial". La aportación del sector a la balanza por cuenta corriente no debió de ser tan positiva como insinúan los "optimistas" si reducimos el saldo de la balanza comercial por la existencia de precios preferenciales y los valores retenidos. Es asimismo probable que las exportaciones mineras deterioraran nuestra relación de intercambio dada la existencia de precios preferenciales. Finalmente, la economía española pagó un extraordinario coste de oportunidad al haber sido tenue la presión fiscal sobre los beneficios mineros y, sobre todo, al no haberse gravado con un arancel óptimo unas exportaciones de demanda inelástica.

Pues bien, a estos hechos negativos que señalé en 1996 debe añadirse que no hubo difusión de la tecnología y del *know-how* de la minería del hierro a otros sectores de la economía española. Andrés Sánchez Picón ha demostrado que en el plomo ocurrió lo mismo y, en otro trabajo, trataré de argumentar que el caso de las piritas no fue distinto¹⁷.

¹⁴ Como han demostrado Lozano (1997) y Betrán (1999), en ambos casos hubo difusión de la tecnología y del *know-how* a otros sectores de la economía española.

¹⁵ Un análisis de ese debate en Escudero (1996).

¹⁶ Escudero (1996).

¹⁷ Sánchez Picón (1995) ha encontrado sólo una excepción: la excavación y apertura de acuíferos para el regadío en Almería y Murcia.

Fuentes

Estadísticas Mineras de España
Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería
Boletín Minero. Órgano de la Cámara Minera de Vizcaya
Boletín Minero e Industrial. Órgano de la Cámara Minera de Vizcaya y de la Liga Vizcaína de Productores

Referencias

- Abramovitz, M. 1986. Catching-up, Forging Ahead and Falling Behind". *Journal of Economic History*, 46 (2), 386-406.
- Betrán, C. 1999. La transferencia de tecnología en España en el primer tercio del siglo XX: el papel de la industria de bienes de equipo. *Revista de Historia Industrial*, 15, 41-82.
- Coll, S. 1985. El sector minero. *Información Comercial Española*, 623, 83-96.
- Chastagnaret, G. 2000. *L'Espagne, puissance minière dans l'Europe su XIXe siècle*. Casa de Velázquez, Madrid.
- Derry, T.J. y Williams, I. 1986. *Historia de la Tecnología*. Siglo XXI de España, Madrid.
- Díaz Morlán, P. 2002. *Los Ybarra. Una dinastía de empresarios (1801-2001)*. Marcial Pons, Madrid.
- Escudero, A. 1996. Pesimistas y optimistas ante el boom minero. *Revista de Historia Industrial*, 10, 69-92.
- Escudero, A. 1998. *Minería e industrialización de Vizcaya*. Crítica, Barcelona.
- Fernández de Pinedo, E. 1994. Influencias recíprocas de las técnicas extractivas entre la minería vasca y la americana en la Edad Moderna. En: Escudero, A. y Pérez de Perceval, M.A. (eds), *Minería española. Nuevas aportaciones. Áreas*. *Revista de Ciencias Sociales, Murcia*, 33-60.
- Lozano, A. 1997. Estado, importación de tecnología y nacionalización de la construcción naval militar en España: la SECN, 1909-1935. En: López, S. y Valdaliso, J.M. (eds), *¿Qué inventen ellos? Tecnología, empresa y cambio económico en la España contemporánea*. Alianza, Madrid, 281-303.
- Malo de Molina, A. 1905. *Laboreo de minas*. Est. Tip. Marcial, Ventura, Cartagena.
- Mokyr, J. 1993. *La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso económico*. Alianza, Madrid.
- Moncada, G. 1902. *Elementos de laboreo de minas*. Imp. José Requena, Cartagena.
- Muñoz Dueñas, M.D. 1992. La formación de una elite minera: la Escuela de Minas de España. *Mélanges de la Casa de Velázquez*, XXVIII, 3, Madrid.
- Muñoz Dueñas, M.D. 1999. Minería e industria: ingenieros ingleses en España, 1870-1920". En: Gutiérrez M. (coord.), *Doctor Jordi Nadal. La industrialización y el desarrollo económico de España*. Barcelona, 874-890.
- Ormaechea Hernáiz, A.M. 1989. *Ferrocarriles en Euskadi, 1855-1936*. Ferrocarriles Vascos, Bilbao.
- Pérez de Perceval, M.A. 2003. Historia de la minería metálica murciana. En: Esteve, M.A., Lloréis, M. y Martínez, C. (eds.), *Los recursos naturales de la Región de Murcia. Un análisis interdisciplinar*. Universidad de Murcia, Murcia, 297-302.
- Prados, L. 1988. *De Imperio a nación*. Alianza, Madrid.
- Rosenberg, N. 1976. *Perspectives on Thecnology*. Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. 1982. *Inside the Black Box: Thecnology and Economics*. Cambridge University Press.
- Sánchez Gómez, J. 1989. *De Minería, Metalurgia y comercio de metales. La minería no férrica en el Reino de Castilla, 1450-1610*. Universidad de Salamanca e ITGE, Salamanca.
- Sánchez Picón, A. 1995. Modelos tecnológicos en la minería del plomo andaluza durante el siglo XIX. *Revista de Historia Industrial*, 7, 11-37.
- Singer, Ch. Holmyard, E. J., Hall A. R. y Williams T. I. (eds) 1954-1978. *A history of technology*. 7 tomos. Oxford.
- Tortella, G. 1981. La economía española, 1830-1900. En: Tuñón de Lara, M. (ed), *Historia de España. Labor, Barcelona*, t. 8, 9-167.
- Tortella, G. 1994. *El desarrollo de la España contemporánea. Historia Económica de los siglos XIX y XX*. Alianza, Madrid.
- Uriarte, R. 1988. *Estructura, desarrollo y crisis de la siderurgia tradicional vizcaína (1700-1840)*. Universidad del País vasco, Bilbao.
- Uriarte, R. 1994. La minería del hierro en el País Vasco durante el Antiguo Régimen. En: Escudero, A. y Pérez de Perceval, M.A. (eds), *Minería española. Nuevas aportaciones. Áreas*. *Revista de Ciencias Sociales, Murcia*, 47-60.

Recibido: febrero 2008

Aceptado: julio 2008

