

# Convergencia tecnológica y diversidad social. Mercados, centros de producción y cambio tecnológico en la industria del hierro europea, 1600-1850

● ANDERS FLORÉN

● GÖRAN RYDÉN

Uppsala University

## La industria del hierro en Europa

Durante la edad moderna la demanda de hierro aumentó de forma espectacular en Europa. Las exportaciones suecas, que se multiplicaron por nueve durante el siglo XVII, son un buen ejemplo de esta expansión. El consumo de hierro aumentó por diversos motivos: la urbanización, el desarrollo agrario, la expansión de la construcción naval (una actividad vinculada al comercio a larga distancia) y las continuas guerras, en las que los cañones de hierro fundido tuvieron un papel destacado, junto a otras armas fabricadas con hierro o acero. En aquella época los mercados en crecimiento eran los de Gran Bretaña y Holanda, países que, si bien estaban a la cabeza de la expansión económica mundial, carecían de una industria del hierro lo bastante potente como para satisfacer la creciente demanda interna<sup>1</sup>.

La expansión de la demanda era sólo una de las caras de los cambios que se estaban produciendo en el mercado. La otra era la homogeneización del producto. Los ferreros medievales habían producido una amplia variedad de hierro, de diversas formas y calidades. A partir del siglo XVI, la situación fue cambiando y el hierro en barras se fue imponiendo en los mercados. Con todo, se mantuvo una amplia gama de calidades y una gran variedad de denominaciones, en función de los distintos usos. Sin embargo, no es posible establecer una frontera clara entre hierro de alta y baja calidad, dado que ésta dependía en última instancia del fin al que el producto estuviera destinado<sup>2</sup>.

1. Cipolla (1965). En relación con el incremento de las exportaciones suecas de hierro, ver Hildebrand (1992), pp. 24-26. Sobre el incremento del consumo, puede verse Thomas (1993), pp. 14-17, y De Vries, J., y Van der Woude (1997), pp. 296-300.

2. Un estudio más general sobre la difusión del hierro en barras se puede hallar en Tylecote (1987), pp. 335-338.

El cambio tecnológico que se produjo en muchas regiones europeas está vinculado precisamente al predominio del hierro en barras en el mercado mundial. El método indirecto de fabricación de hierro (un proceso con dos etapas claramente diferenciadas: producción de arrabio y forja) había reemplazado al método directo. Aunque este último aún se siguió utilizando en algunas áreas, como el País Vasco y Hungría, por mencionar dos importantes regiones productoras<sup>3</sup>, lo cierto es que el método indirecto fue el que predominó en la industria del hierro europea hasta que se difundió la fabricación industrial del acero, en la segunda mitad del siglo XIX. Las similitudes tecnológicas entre las diferentes regiones productoras iban todavía más lejos, ya que el agua era la principal fuente de energía tanto en los hornos como en las forjas, y el carbón vegetal y el mineral de hierro eran las materias primas indispensables. Las técnicas de extracción del mineral y de producción del carbón vegetal, así como el diseño de hornos y forjas, podían variar de unas regiones otras, pero los aspectos comunes destacan claramente sobre las diferencias<sup>4</sup>.

Dentro del proceso indirecto y, más concretamente, en la fase de refinado del arrabio para obtener hierro maleable en barras, cabe distinguir dos métodos: el valón y el alemán. El método valón empleaba dos hornos. En el horno de afinado los obreros fundían y refinaban el arrabio hasta obtener un producto semirrefinado, llamado desbaste, que pasaba después al horno de recalentamiento, donde se calentaba otra vez antes de transformarlo en barras con la ayuda de martillos pilones hidráulicos. En el método alemán, ambas fases del proceso se efectuaban en el mismo horno. Con todo, no se deben exagerar las diferencias entre ambos métodos. De hecho, había técnicas que combinaban características de uno y otro y los forjadores estaban, al parecer, familiarizados con ambos. Además, es importante destacar la existencia, dentro de cada uno de los dos métodos, de variantes regionales o entre centros de producción. Por fin, a partir del siglo XVIII, los dos métodos sufrieron modificaciones en numerosos aspectos. Por ejemplo, los métodos Comtoise y Lancashire constituyeron dos variantes de carácter regional utilizadas a finales del siglo XVIII y en el siglo XIX<sup>5</sup>.

Si en la edad moderna existían ciertas similitudes entre las regiones europeas productoras de hierro en lo que a tecnología se refiere, no cabe decir lo mismo del entorno socioeconómico o político en que la actividad de producción de hierro estaba integrada. Desde el punto de vista socioeconómico, la industria del hierro compartía algunas características básicas con otras actividades protoindustriales, pues se movía en el límite entre el mundo agrario y el industrial. La extracción del

3. Para un análisis del desarrollo de estas dos regiones se puede consultar Paulinyi (1997) y Uriarte (1997).

4. Una breve introducción en Björkenstam (1991), y Tylecote (1987), pp. 325-335.

5. Un análisis más elaborado de algunos de estos métodos y de algunas de sus variantes en Bursell (1974), Morger (1985), Rydén (1991) y (en prensa), Claerr-Roussel (1995) y Leboutte (1984).

mineral, la producción del carbón vegetal y la dependencia del agua como fuente de energía vinculaban estrechamente esta industria al ámbito rural. Los propietarios de las ferrerías debían adquirir algún tipo de derecho de propiedad sobre los distintos recursos, bien a través del mercado, bien como renta feudal. Desde este punto de vista, el marco político adquiría una importancia esencial, ya que las acciones emprendidas por los propietarios de las ferrerías estaban basadas en las normas y/o las leyes. El trabajo en los hornos y las forjas constituía únicamente la fase «industrial» de la actividad y el herrero, además de los aspectos técnicos, debía adquirir conocimientos –astucia comercial incluida– e información sobre mercados, precios y calidades de las materias primas. En este contexto, las autoridades podían influir sobre su actividad a través del control de calidades y precios<sup>6</sup>.

Los trabajadores de la industria del hierro se pueden clasificar en dos categorías. Los que trabajaban en la mina, en la carbonera o en el transporte, eran por lo general campesinos, vinculados a la industria gracias a las oportunidades que ofrecía el modo de vida rural. Los trabajadores de los hornos y las forjas, un grupo muy reducido en relación al empleo total del sector, eran artesanos muy cualificados, cuya posición social dentro de la comunidad rural no era la misma en todas las regiones, al igual que su relación con los gremios urbanos. La organización social del trabajo en la ferrería y la posibilidad de que el patrono pudiera familiarizarse con los métodos de producción o supervisar el trabajo dependían de esas relaciones. Nuestro objetivo es estudiar los inicios de la ferrería industrial, en tanto que estructura socio-técnica. Una estructura formada por los distintos componentes imprescindibles para la producción del hierro, una cadena de producción cuyos eslabones se mantenían unidos mediante relaciones sociales. Estas relaciones dependían a su vez de las estructuras sociales rural y urbana, y estaban muy supeditadas a las dimensiones política de la sociedad. Es importante considerar, como punto de partida, que la organización social de la industria del hierro variaba de una región a otra y en nuestro trabajo analizaremos la introducción de nuevas tecnologías precisamente desde esa perspectiva.

Se trata de un análisis comparado de regiones con un marco socioeconómico y político distinto. En este contexto, Gran Bretaña y los Países Bajos son dos ejemplos de sociedades con economías de mercado desarrolladas y un poder central débil (muy especialmente en el caso de los Países Bajos). Rusia, con una estructura social dominada por las relaciones feudales y un Estado con una fuerte vocación centralista, está en el extremo opuesto. Suecia ocuparía una posición intermedia entre ambos extremos, con unas relaciones de mercado relativamente débiles y una administración central fuerte y bien integrada. Desde un punto de vista técnico,

6. La importancia de considerar el marco institucional cuando se analizan los inicios de la producción industrial ha sido subrayada recientemente por Ogilvie (1996). Para un análisis más general de la producción de hierro dentro de un esquema de protoindustria, Florén y Rydén (1992).

estas regiones representan también los dos métodos de forja mencionados. La forja valona predominaba en los Países Bajos y Gran Bretaña, mientras que la alemana lo hacía en Suecia y Rusia.

### **El cambio tecnológico en las primeras herrerías**

Está fuera de toda duda que, a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, Europa occidental vivió un proceso de cambio tecnológico acelerado. Desde el punto de vista geográfico, el origen de ese proceso, habitualmente denominado Revolución Industrial, se sitúa en Gran Bretaña. Durante mucho tiempo, la visión tradicional de la Revolución Industrial ha sido la de un proceso de cambio tecnológico realizado con éxito. Hace ya más de un siglo que Arnold Toynbee centró la cuestión al afirmar que el viejo orden «fue repentinamente reducido a escombros bajo las fuertes andanadas de la máquina de vapor y el telar mecánico» y que las innovaciones «destruyeron el viejo mundo y construyeron uno nuevo». Este punto de vista reaparece en cierta forma con David Landes en la década de los sesenta, al confirmar éste que: «La esencia de la Revolución Industrial fue una sucesión de cambios tecnológicos relacionados entre sí.» Más recientemente, Wrigley ha retomado este punto de vista, pues en su opinión la Revolución Industrial consistió en la introducción de una tecnología basada en el uso del carbón, y fue la época en que la «economía orgánica» fue sustituida por una «economía de base mineral»<sup>7</sup>.

Con frecuencia, los partidarios del anterior punto de vista han otorgado un papel destacado a la industria del hierro, dándole cierto carácter de símbolo de la tecnología y del cambio tecnológico vinculado al uso del carbón, viendo los cambios en el sector como complementarios a la introducción de la máquina de vapor. En este contexto, los empresarios Abraham Darby y Henry Cort serían los responsables de la utilización del coque para producir arrabio y de la introducción del pudelado<sup>8</sup>.

Tan estrecha relación entre cambio tecnológico y proceso de industrialización no significa que en los siglos que precedieron a las décadas centrales del setecientos, fecha en que se data el principio de la Revolución Industrial en Gran Bretaña, no se produjeran cambios en la tecnología utilizada o en la organización de la producción. Carlo Cipolla y otros autores han puesto de manifiesto aspectos importantes de los cambios tecnológicos que tuvieron lugar a partir de la alta edad media. Dos características importantes de ese periodo que cabe destacar son la expansión del molino de agua y del horno alto. Con todo, la Revolución Industrial,

7. Toynbee, citado en Cannadine (1984), p. 136; Landes (1969), p.1; Wrigley (1988).

8. El análisis clásico de este proceso es, por supuesto, Ashton (1924).

según la interpretación tradicional, supuso un cambio radical en el ritmo del progreso tecnológico<sup>9</sup>.

Desde principios de la década de 1970 ha venido recibiendo fortísimos ataques el punto de vista según el cual la Revolución Industrial marcó la ruptura con la sociedad anterior, ruptura en buena medida asociada a la introducción de nueva tecnología. Basándose en análisis econométricos, Nick Crafts y otros autores han sostenido que el crecimiento económico durante la Revolución Industrial fue mucho más lento de lo que sugerían cálculos anteriores y, lo que es más importante, que la difusión de la nueva tecnología en la industria fue mucho más lenta de lo que se suponía anteriormente<sup>10</sup>. Desde otro punto de vista, también los defensores de las teorías de la protoindustrialización han analizado en detalle las interpretaciones tradicionales de la industrialización. En última instancia, coinciden con los análisis cliométricos en que el proceso fue lento y gradual, aunque su aproximación al tema es totalmente distinta, ya que ven la industrialización como un proceso de cambio social, como una modificación gradual de la organización de la producción, en que el elemento esencial fue la interacción entre campo y ciudad, entre entorno agrario y entorno industrial. Desde ese punto de vista, el desarrollo tecnológico tendría una importancia menor en el proceso<sup>11</sup>.

Pese a estas últimas tendencias, el cambio tecnológico está todavía en el centro del debate sobre la industrialización, pero el significado del término ya no es el mismo. El concepto se ha ampliado, se ha hecho más profundo y ahora se inserta en un marco más amplio: la sociedad en su conjunto. Esta evolución conceptual podría sintetizarse como el paso de una «historia de las máquinas» a una «historia social de la tecnología». Si antes las máquinas y las fábricas se habían considerado como las «promotoras del cambio», los estudios más recientes sobre tecnología se insertan en un debate más abierto en torno a la evolución gradual desde la sociedad agraria a la sociedad industrial moderna.

Esta visión gradual de la industrialización ha hecho que el punto de ruptura, antes localizado a mediados del siglo XVIII en el caso británico, haya quedado difuminado. Los investigadores ya no distinguen claramente entre el cambio tecnológico «preindustrial» y el que se produjo durante la Revolución Industrial y parecen coincidir en que el desarrollo durante el periodo previo al siglo XVIII fue mucho más importante de lo que se suponía anteriormente, y en que el ritmo de cambio, a partir de mediados de ese siglo, fue mucho más lento de lo que sostiene, por ejemplo, David Landes<sup>12</sup>.

9. Cipolla (1965).

10. Crafts (1985), para un análisis del tema de la mayor lentitud del crecimiento; Hyde (1977) y Von Tunzelman (1978) y Van Neck (1979), sobre la mayor lentitud del desarrollo tecnológico en la industria del hierro y en el uso del vapor, respectivamente.

11. Sobre el desarrollo tecnológico en la protoindustrialización, Berg (1986).

12. Esta perspectiva gradual coincide bastante con los hallazgos de Crafts (1985).

Joel Mokyr ha contribuido de forma considerable a esta «reconducción» del debate, al haber destacado la importancia, no tanto del cambio tecnológico en sí, como de la «creatividad tecnológica», como él la denomina. Mokyr, como la mayoría de los investigadores, define el cambio tecnológico como «la capacidad de obtener más o mejor *output* con un nivel dado de ... *inputs*.» Pero esta perspectiva estructural es sustituida por una interpretación «orientada al agente», centrada en la creatividad tecnológica que, según Mokyr, «no es lo mismo que inventiva; incluye también el interés y la capacidad necesarios para reconocer y adoptar los inventos ajenos<sup>13</sup>.»

Mokyr distingue además entre lo que él denomina «macroinventos», «espectaculares avances que abren perspectivas tecnológicas desconocidas hasta entonces... y suponen un salto adelante sin continuidad con todo lo anterior», y los «microinventos», «mejoras adicionales aplicadas a tecnologías ya conocidas.» Con frecuencia, el nexo entre estas dos caras de la creatividad tecnológica no hay que buscarlo en el empresario, sino en los artesanos cualificados o los «trabajadores más dotados», que fueron capaces de transformar las ideas de los inventores en innovaciones de carácter práctico. Mokyr destaca de esta forma la importancia de la destreza y los métodos de trabajo<sup>14</sup>.

Maxine Berg ha señalado además que la tradicional tendencia a estudiar el cambio tecnológico desde una perspectiva «macro» proporciona una falsa percepción del proceso. Así, en una crítica dirigida a Wrigley, entre otros, Maxine Berg sostiene que las máquinas y las fábricas no fueron los únicos medios para incrementar la productividad, y destaca la conveniencia de ampliar los conceptos de innovación y cambio tecnológico. Según señala Maxine Berg, para mejorar la comprensión del proceso hay que estudiar los cambios en el modo de organizar la producción en su conjunto. Su concepto, más amplio, incluye lógicamente las máquinas, pero también «las herramientas, la destreza, los trucos y conocimientos del oficio... la innovación del producto, la creatividad comercial y el cambio en la organización<sup>15</sup>.»

Las páginas que siguen discurren por las mismas sendas que han transitado Berg y Mokyr, en la medida en que se analiza el cambio tecnológico desde una perspectiva amplia. No estudiamos la introducción de máquinas o de nuevos métodos de fabricar hierro en la Europa del periodo 1600-1850 como un proceso aislado. Por el contrario, tratamos de analizar los cambios que experimentó la producción de hierro en su conjunto durante ese periodo. Dado que nuestro interés se centra en la organización social de la producción, estudiamos, desde ese marco referencial, la interdependencia entre el cambio tecnológico, en su acepción tradicional, el desa-

13. En relación a este párrafo y el que sigue, Mokyr (1993), pp. 16-23.

14. Mokyr (1994), pp. 13-16.

15. Berg (1992), p. 56.

rrollo de los distintos mercados –de productos, materias primas y trabajo– y las condiciones en el centro de trabajo.

En cierto modo, un análisis de este tipo se podría considerar como una vuelta a los orígenes del debate sobre el cambio tecnológico. Según Adam Smith, el cambio tecnológico era el resultado de la división del trabajo o, en otras palabras, de la organización de la producción, lo que a su vez dependía de la ampliación de los mercados. Adam Smith estaba tratando un modelo con tres variables relacionadas: la organización de la producción, el cambio tecnológico y el mercado; en nuestro trabajo adoptamos un modelo similar.

### **La industria del hierro en el sur de los Países Bajos, 1600 -1850**

La primera expansión de la industria del hierro en el sur de los Países Bajos (es decir, en los distintos ducados semi-independientes bajo dominio de los Habsburgo y el obispado independiente de Lieja) se inició a finales del siglo XV y principios del XVI, impulsada desde poblaciones como Lieja, Huy y Namur, así como por los mercados urbanos en expansión de Flandes y Brabante y, por supuesto, de la metrópolis internacional de Amberes. Inicialmente, forjas y hornos eran propiedad colectiva de mercaderes o de compañías constituidas por mercaderes y trabajadores diestros en el oficio. Sin embargo, la línea de desarrollo dominante se orientaba hacia las ferrerías propiedad de un único mercader o de una familia de mercaderes<sup>16</sup>.

Durante el siglo XVI, el centro de esta industria estaba localizado en la región de Entre-Sambre-et-Meuse, un área situada entre los ríos Sambre y Mosa y dividida políticamente entre el ducado de Namur y Lieja. La estructura social de producción existente se podría definir como regional, con los hornos, las forjas y también los talleres de fabricación de clavos y otras especialidades metalúrgicas establecidos en áreas geográficas muy concretas, cuyos límites coincidían frecuentemente con los de la cuenca de algún río. Cada región producía su propio hierro en barras u otros productos más elaborados<sup>17</sup>.

A raíz de la guerra civil de finales del siglo XVI Amberes quedó aislada del resto del territorio, por lo que la industria del hierro entró en declive a principios del siglo XVII, sobre todo en el entorno de Lieja y Huy. Se produjo, no obstante, un segundo desarrollo de la industria más al sur, en el principado de Luxemburgo. El capital de Lieja tuvo un papel destacado en las primeras fases de la expansión, pero ésta adquirió su propia lógica basada en la estructura social luxemburguesa, de carácter más señorial. Los nuevos propietarios de las ferrerías luxemburguesas invirtieron sumas considerables en la adquisición de tierras y a menudo recibieron

16. LeJeune (1939), p. 243.

17. Hansotte (1984), pp. 41 y 49.

títulos nobiliarios. Durante este período, se produjo también la emigración de propietarios de ferrerías y trabajadores de origen valón de diversa cualificación a otras regiones europeas productoras de hierro, especialmente a Alemania, Francia, España y Suecia<sup>18</sup>.

La mayor parte de la producción de hierro en barras de Luxemburgo y Entre-Sambre-et-Meuse era transportada hasta los alrededores de Lieja para su posterior refinado y acabado en las florecientes industrias de clavos y armas. Durante el siglo XVIII, Lieja tuvo que competir por su posición hegemónica con Charleroi, en la Holanda austriaca. Gran parte del hierro en barras, con el fin de facilitar su utilización, se trabajaba en talleres especializados hasta obtener piezas de menores dimensiones. Para ello, el hierro en barras se recalentaba en hornos de carbón mineral, antes de laminarlo y cortarlo en molinos especializados. Estos molinos de corte surgieron probablemente en Lieja, y las primeras referencias de los mismos datan de la segunda mitad del siglo XVI<sup>19</sup>.

A menudo, los molinos de corte estaban arrendados o eran propiedad de empresarios semi-independientes y, como era tradicional en el *putting-out system*, el producto resultante era suministrado a fabricantes de clavos y otros artesanos del sector. Por lo general, la inversión en capital fijo por parte de los mercaderes parece haber sido inapreciable. Como es habitual en este tipo de industria rural, los productores estaban vinculados a los mercaderes por las deudas contraídas, y esa vinculación tendía a reforzarse por el frecuente recurso al pago en especie<sup>20</sup>.

Así pues, los cambios en la industria del hierro del sur de los Países Bajos durante el siglo XVII, se pueden considerar como una evolución desde una división del trabajo intra-regional a otra interregional, siendo en ambos casos el objetivo, no la producción de hierro en barras, sino la de productos más elaborados, principalmente clavos y armas. Son muchas las razones que explican el desarrollo de esta nueva estructura interregional de producción. Por el lado de la demanda, destaca la expansión del mercado de Amsterdam, cuyo rasgo más significativo fue el auge de la construcción naval. Por otra parte, como ya se ha mencionado, la estructura social de Luxemburgo era la más adecuada para acoger los procesos iniciales de esta industria, por no mencionar además el atractivo que para la producción de carbón vegetal a bajo coste tenían los extensos bosques de la región. Es probable que los propietarios de las ferrerías de Luxemburgo hicieran uso de sus derechos señoriales para facilitar la construcción de las ferrerías y para disponer de carbón vegetal y transportes a buen precio. En consecuencia, el marco institucional en estas zonas era especialmente adecuado para llevar a cabo los procesos iniciales de la cadena de producción<sup>21</sup>.

18. Bourguignon (1963); Hansotte (1974), p. 281; Florén (1994).

19. LeJeune (1939), p. 149.

20. Hasquin (1971); Hansotte (1972).

21. Florén (1994), p. 91.

Sin embargo, no se debe sobreestimar la importancia de los derechos feudales. Documentos contables del siglo XVIII detallan que tanto materias primas como servicios de transporte eran comprados a agrupaciones de campesinos<sup>22</sup>. Aunque no tan numeroso como en Brabante o Flandes, en las regiones productoras de hierro había también un proletariado rural que las ferrerías podían emplear para realizar tareas que requerían poca o ninguna cualificación<sup>23</sup>.

En relación a los eslabones finales de la cadena de producción, hay que señalar que los alrededores de Lieja y Charleroi, densamente poblados, tenían una estructura social que se adecuaba muy bien a las características del *putting-out system*. En primer lugar, ambas zonas tenían una considerable población de campesinos con poca o ninguna tierra, que podían producir en régimen de *putting-out* para la industria metalúrgica. Además de una estructura social adecuada, en las inmediaciones de ambas ciudades había también carbón en abundancia o, lo que es lo mismo, un recurso energético apto para la producción de clavos y armas que, en cambio, no se utilizaba en los hornos y las forjas. El carbón se empleaba también en los molinos de corte, y la difusión de esta innovación puede considerarse, a la vez, tanto causa como adaptación a la nueva organización territorial de la industria del hierro. Aunque en Luxemburgo y Namur hubo también molinos de corte, estaban de hecho muy vinculados a la organización social del sector de producción de clavos en Lieja y Charleroi.

En ninguno de los dos territorios mencionados participó el Estado en la creación de la estructura de relaciones que hemos descrito. Por el contrario, aunque inicialmente la frontera entre Lieja y los territorios bajo el poder de los Habsburgo no fue un obstáculo a la división del trabajo, a partir de mediados del siglo XVIII se volvió menos permeable por el control que ambos estados trataron de ejercer sobre las actividades comerciales<sup>24</sup>. En cierta forma, el problema se resolvió al ocupar Francia ambos territorios, a finales del siglo XVIII.

La estructura interregional se mantuvo intacta a lo largo del siglo XVIII, lo cual no significa que la tecnología utilizada no sufriera modificaciones, sino más bien que los cambios introducidos se debieron más a microinventos que a macroinventos. George Hansotte ha mostrado cómo se produjo un considerable crecimiento en la producción de los hornos a lo largo del siglo XVII, que se frenó, gradualmente, en siglos posteriores. Hansotte atribuye ese crecimiento no tanto al desarrollo tecnológico como al incremento en el número de horas trabajadas<sup>25</sup>. Tampoco Joel Mokyr

22. Hansotte (1977), pp. 38-40.

23. Moreaux y Ruwet (1973); Lis y Soly (1979), p. 15. También parece plausible que la industria del hierro tuviera un efecto demográfico positivo sobre este grupo al incrementar el número de matrimonios y reducir la edad de los contrayentes. Ver Dorban (1985), p. 26.

24. Hansotte (1980), p. 105.

25. Hansotte (1980), p. 69.

otorga gran importancia al posible impacto del cambio tecnológico en el sector durante ese periodo<sup>26</sup>.

Tanto los informes sobre la industria como los diarios de los viajeros muestran, a partir de mediados del siglo XVIII, un entorno industrial basado en unidades de producción descentralizadas. Por lo general, ni los hornos ni las forjas estaban integrados en establecimientos mayores. Los documentos mencionados proporcionan también una imagen detallada de las características técnicas de los hornos y de las forjas. Los hornos eran de piedra y, por lo general, no sobrepasaban los siete metros de altura. Las forjas tenían por lo general dos hornos de afino y uno de recalentamiento, pero también las había con un único horno de afino. Sin embargo, parece demostrado que algunas de ellas no trabajaban a plena capacidad. Las fuentes señalan con frecuencia que uno de los hornos permanecía inactivo, o que se trabajaba en él sólo durante el día<sup>27</sup>. En este contexto, parece más plausible que los incrementos de producción se debieran no tanto a desarrollos tecnológicos como a una utilización más eficiente de los métodos ya existentes, o de la propia mano de obra.

En cada horno trabajaban cuatro o cinco obreros cualificados que cobraban por jornada o por quincena. La plantilla de una forja podía tener entre seis y catorce forjadores, en función, entre otros factores, de las características técnicas de la propia forja y de si la jornada de trabajo cubría o no las veinticuatro horas. Los forjadores cobraban a tanto la pieza. Denis Woronoff ha estudiado las diferencias salariales entre el subsector francés del arrabio y el del hierro en barras y afirma que los patronos consideraban que remuneraban a los trabajadores de los hornos por su destreza, mientras que a los forjadores les compraban su producto<sup>28</sup>.

Desde esta perspectiva general, las diferencias regionales resultan bastante llamativas. En Luxemburgo, había industrias que tenían tanto hornos como forjas, estas últimas mejor equipadas y con más forjadores. Por lo general, en las forjas luxemburguesas trabajaban catorce forjadores, mientras las de otras partes de Valonia casi nunca empleaban a más de diez. La producción de las forjas de Luxemburgo era también mayor y generalmente se trabajaba de forma ininterrumpida, aplicando probablemente un «sistema formal de turnos», con equipos de trabajo que se sucedían unos a otros. Una de las posibles explicaciones de que se utilizara una forma de organización del trabajo tan rígida, podría ser que las herrerías carecían de alojamientos para los obreros y sus familias. A diferencia de otras regiones europeas, aquí los obreros de la industria del hierro estaban integrados en los pequeños núcleos rurales del entorno de las herrerías. Estos factores explican

26. Mokyř (1976), p. 51; Hansotte (1980).

27. Moreaux (1974). Entre los relatos de viajeros, destaca especialmente el diario inédito de Reinhold Rucker Angerstein (1755). Para un análisis más detallado del relato de Angerstein, ver Florén y Rydén (1996).

28. Woronoff (1984), p. 166.

que la producción y la plantilla fueran mayores en las forjas luxemburguesas, pero también parecen indicar una división del trabajo mucho más desarrollada, en comparación con las herrerías de otras áreas de los Países Bajos<sup>29</sup>.

Del análisis de los contratos realizados en los hornos y forjas de la zona de Huy y Lieja con trabajadores cualificados se desprende que durante el siglo XVI éstos disfrutaban de cierta autonomía. Hay indicios evidentes de una forma de hacer tradicional, según la cual los forjadores se empleaban también como carboneros o mineros y se encargaban ellos mismos de adquirir las materias primas. Esta situación evolucionó en siglos posteriores hacia estructuras más profesionalizadas que se podrían caracterizar como una variante centralizada de *putting-out system*. Pero incluso si eran los propios patronos los que suministraban la materia prima, las fuentes no mencionan la existencia de supervisores o de empleados especializados en el mantenimiento de las instalaciones. El hecho de que los trabajadores no se alojaran en la propia herrería es también una muestra más de su relativa autonomía y habría constituido una dificultad adicional para controlar de cerca su trabajo.

Sin embargo, el gran objetivo de la industria del hierro europea en aquellos años no era aumentar la producción sino reducir costes, especialmente los del carbón vegetal. Una de las soluciones aplicadas en Luxemburgo fue organizar mejor la silvicultura. Otra fue sustituir el carbón vegetal por carbón mineral en los hornos de recalentamiento. Como Luxemburgo no tenía minas de carbón, esta última alternativa se aplicó únicamente en los alrededores de Lieja y en la región de Entre-Sambre-et-Meuse. Como ya se ha apuntado, durante el siglo XVIII no había técnicos especializados o ingenieros vinculados a los centros de producción. Tampoco el Estado tomó medidas específicas para difundir nuevas tecnologías, o mejorar las existentes. Así pues, es probable que la mayor parte de los avances técnicos, de carácter local, surgieran a iniciativa de los propios trabajadores cualificados<sup>30</sup>.

Durante las últimas décadas del siglo XVIII en los alrededores de Charleroi y Lieja se llevaron a cabo algunos experimentos con carbón y coque, pero no dieron buen resultado. En Lieja, donde los experimentos se llevaron a cabo con apoyo estatal, el hierro obtenido no resultó adecuado ni para barras, ni para fundición. En la región de Charleroi, a finales de la década de 1770 se obtuvieron mejores resultados, pero los fabricantes locales se quejaron, alegando que el hierro tradicional era más adecuado que el nuevo producto para la fabricación de clavos<sup>31</sup>.

29. Estas conclusiones se basan sobre todo en estadísticas industriales. Florén (en prensa).

30. La situación era muy parecida en Gran Bretaña, no así en Suecia. Para un análisis más profundo ver Evans y Rydén (1998).

31. Hansotte (1980), p. 90.

Otro problema para la introducción del carbón en la industria del hierro era que la mayoría de las forjas no estaban situadas en las cuencas mineras cercanas a Lieja o Charleroi, sino más al sur, en Luxemburgo, donde no había yacimientos de carbón. Dada la complicada situación geopolítica, las comunicaciones entre Lieja y Luxemburgo estaban poco desarrolladas, por lo que transportar carbón desde las cuencas mencionadas hasta los hornos y las forjas resultaba caro. En consecuencia, la fundición con coque y el pudelado fueron rechazados por los productores locales, que prefirieron experimentar con el método Comtois y, por lo tanto, seguir utilizando carbón vegetal<sup>32</sup>. En la forja Comtois los procesos de refinado y recalentamiento dejaban de hacerse por separado, como en el método valón. Por el contrario, de modo similar a la forja alemana, todo el proceso se llevaba a cabo en un único horno. Este cambio tecnológico se explica porque el nuevo método resultaba más eficiente desde el punto de vista energético, ya que utilizaba menos carbón vegetal por unidad de hierro en barras, y también porque exigía una menor cantidad de mano de obra. Además, en las forjas Comtois los forjadores tenían que ser más polivalentes, hecho que permitía a los propietarios controlar mejor su trabajo<sup>33</sup>.

En síntesis, parece posible afirmar que la estructura protoindustrial y la división interregional del trabajo fueron un obstáculo para la introducción de tecnologías basadas en el carbón mineral. Tanto los hornos como las forjas estaban situados fuera de las cuencas mineras en las que acabó floreciendo el sector metalúrgico. Aunque en las forjas la utilización del carbón de piedra fue muy temprana, en las fases iniciales del proceso productivo no se generalizó hasta bien entrado el siglo XIX. La introducción de la fundición con carbón y el pudelado se produjo además a raíz de otros cambios importantes. En primer lugar, la utilización del carbón en la producción de arrabio y hierro en barras estuvo vinculada a la reorganización territorial de la industria. Cuando se levantaron los nuevos hornos altos alrededor de la década de 1820, se situaron en las cuencas mineras cercanas a Lieja y Charleroi. Este cambio no sólo supuso la introducción de hornos nuevos con tecnología más moderna, sino que también llevó aparejada la introducción del vapor y la sustitución de los antiguos molinos de corte hidráulicos por los nuevos, de vapor. El carbón mineral fue la principal fuente de energía de la nueva estructura industrial, dejando atrás al mismo tiempo al carbón vegetal y a la energía hidráulica<sup>34</sup>.

La segunda característica destacable de la introducción de tecnologías basadas en el carbón tiene relación con los cambios políticos que experimentó la región tras Waterloo. La región productora de hierro del sur de los Países Bajos dejó de estar

32. Hansotte (1980), p. 90. Con todo, los historiadores belgas han mostrado poco interés por el estudio de la difusión del método Comtoise en la región valona.

33. Woronoff (1984), p. 288; Belhoste (1994), p. 139.

34. Mokyř (1976), p. 55.

vinculada a Francia y, en su lugar, se unió durante quince años a las provincias del norte de los Países Bajos, formando un reino independiente. En 1830, se creó el reino de Bélgica, tal como lo conocemos en la actualidad. Estos cambios políticos tuvieron importantes consecuencias para el sector. Quizá lo más determinante fue el hecho de que la nueva estructura industrial recibió el apoyo decidido de la nueva unidad política, representada por el rey de los Países Bajos. Así, una de las plantas más importantes de las construidas en esos años, la Cockerill de Lieja, se fundó con el apoyo financiero del propio monarca<sup>35</sup>.

No obstante, una política activa por parte del Estado no era algo del todo nuevo en la región, ya que también durante la ocupación francesa se habían producido algunas iniciativas estatales en este sentido. A este respecto, fue especialmente importante la llegada a la región de los ingenieros. En Francia, la reorganización de la enseñanza técnica superior se produjo tras la Revolución, y la Escuela de Ingenieros de Minas data de la década de 1790. En Bélgica, en las primeras décadas del siglo XIX se estableció un programa educativo similar, en estrecha relación con la fundación de la empresa Cockerill en Lieja<sup>36</sup>.

Otra consecuencia de la nueva situación geopolítica fue la pérdida del mercado francés, muy rentable, que dejó de formar parte del mercado interior. En cierta medida, esta pérdida fue compensada por el imperio colonial holandés conforme iba aumentando la importancia del mercado mundial. De este modo, habiendo nacido básicamente para satisfacer la demanda de las industrias metalúrgicas de Lieja y Charleroi, la industria belga del hierro acabó dependiendo muy directamente de los mercados exteriores. Fue en este momento cuando el hierro belga se introdujo en los competitivos mercados internacionales, dominados por la industria británica<sup>37</sup>.

Estos dramáticos cambios determinarían el paisaje industrial de la Bélgica del siglo XIX, caracterizado por la fuerte concentración industrial en las áreas de Lieja y Charleroi y la desindustrialización de Luxemburgo. Con todo, hay que subrayar que cuando se produjeron estos cambios ya era patente que la iniciativa en la industria del hierro europea se había desplazado hacía tiempo desde el sur de los Países Bajos al otro lado del canal de la Mancha, con un aparato industrial mucho más dinámico. Un indicio claro de ello es que la transformación de la industria belga del hierro se hizo en buena medida con capital y mano de obra británicos. Así, el inglés John Cockerill acabaría siendo uno de los principales empresarios de la industria belga del hierro, mientras que

35. Mokyr (1976), p. 54.

36. A partir de 1825, se podían cursar ya estudios de ciencias aplicadas en Lieja y Gante. La posterior formalización de estos estudios daría lugar a la creación de una escuela técnica. *The University of Louvain 1425-1975* (1976), p. 207.

37. Durante el tránsito tecnológico al carbón y al vapor, se elevaron los aranceles que se aplicaban al hierro pudelado británico: véase Van Neck (1979), p. 122.

la introducción del pudelado fue más fácil gracias a la importante inmigración de pudeladores británicos<sup>38</sup>.

### La industria del hierro británica, 1600-1850

En su ascenso, iniciado en el siglo XVII, hacia la supremacía europea y posteriormente mundial, Gran Bretaña logró ocupar un lugar muy destacado en el mercado internacional del hierro. Ya en los albores del siglo XVI importaba hierro de España en una cantidad equivalente a su propia producción. En el siglo XVII la producción británica vivió su despegue definitivo, multiplicándose por diez a lo largo de la centuria, al tiempo que disminuía la proporción de hierro importado. Gran Bretaña, no obstante, siguió ocupando los primeros puestos entre los importadores de hierro de la época, juntamente con Holanda. Por otro lado, hacia finales de siglo era ya evidente el inminente traslado del centro de gravedad del comercio europeo desde Amsterdam a Londres y Gran Bretaña. Este cambio en el poder comercial se reflejó también en el mercado del hierro. Aunque el crecimiento de la producción británica redujo su ritmo durante el siglo XVII, no ocurrió lo mismo con el consumo, ampliándose progresivamente la brecha entre oferta y demanda nacional. A partir de la década de 1680 se aceleró la entrada de hierro del exterior y, mientras a mediados de siglo se importaban 3.000 toneladas, al final de la centuria se alcanzaba ya la cifra de 19.000<sup>39</sup>.

Esta tendencia se intensificó durante el siglo XVIII. Gran Bretaña reforzó su posición hegemónica en la economía mundial y vio incrementar su protagonismo en el mercado internacional de hierro. Aunque la producción de hierro en barras aumentó de 16.000 a 19.000 toneladas durante el período, el continuo crecimiento del consumo hizo que las importaciones británicas se dispararan a lo largo de la centuria. Las importaciones de hierro en barras alcanzaron las 25.000 toneladas en la década de 1730 y las 30.000 dos décadas más tarde, para llegar hasta las 45.000 toneladas en la última década del siglo. Aunque el hierro español mantuvo su importancia durante las primeras décadas del setecientos, Suecia pronto ocupó el primer puesto como suministrador de Gran Bretaña. Durante la primera mitad del siglo XVIII, el 80% del hierro en barras que importaba Gran Bretaña era de origen sueco. A partir de mediados de siglo, Rusia se convirtió en el único competidor de Suecia en el mercado británico y, después de la década de 1770, ya había sobrepasado a Suecia y alcanzaba cuotas de mercado cada vez mayores<sup>40</sup>.

38. Sobre la cuestión de los pudeladores británicos en la Europa continental, Fremdling (1991).

39. Riden (1977). Da una visión general de la industria del hierro británica, aunque las cifras de importación las toma de Uriarte (1992).

40. Hasta la fecha, el mejor estudio sobre las importaciones británicas de hierro es el de Hildebrand (1958). Un estudio más reciente, aunque limitado a las relaciones anglo-rusas, es Kaplan (1995).

El crecimiento del consumo de hierro en Gran Bretaña a partir de principios del siglo XVI está relacionado, por supuesto, con el desarrollo comercial general del país. Brinley Thomas señaló que la «revolución cromwelliana», iniciada en la década de 1640, fue el punto de partida de ese desarrollo, al fomentar un «mercantilismo agresivo y una expansión naval sin precedentes». La construcción naval demandaba clavos, argollas, anclas, etc., y al mismo tiempo aumentaban las necesidades de cañones, fusiles y proyectiles asociadas a un poder marítimo en expansión. La reconstrucción de Londres tras el gran incendio de 1666 y el crecimiento de la capital constituyeron también un gran estímulo para el sector metalúrgico, tanto en Gran Bretaña como en el exterior; y lo mismo cabe decir del desarrollo industrial generalizado de aquellos años. Pero por importantes que fueran todas esas fuentes de demanda, la agricultura seguía a la cabeza del consumo de hierro y éste se incrementaría aún más gracias al intenso desarrollo del sector<sup>41</sup>.

La importancia de Londres como mercado consumidor de hierro comenzó a ser perceptible ya desde finales del siglo XV. La introducción en Gran Bretaña del método indirecto de producción data de aquellos años. Los primeros hornos altos y las primeras forjas se levantaron bajo el patrocinio de la monarquía Tudor en los Wealds de Kent y Sussex, cerca de la capital. Se hicieron venir de Francia no menos de quinientos trabajadores de hornos y forjas para facilitar la introducción de la nueva tecnología. El Estado se hizo cargo de toda la operación, teniendo sin duda las miras puestas, al propiciar estos cambios, en el fomento de la construcción naval y de la fabricación de armas<sup>42</sup>.

Como ya se ha comentado, la transición en el siglo XVII desde un Estado absolutista a otro «agresivamente mercantilista» hizo que se incrementara el consumo de hierro en barras. La producción nacional no podía cubrir una demanda creciente y las importaciones se dispararon. El mercado, además de crecer, experimentó cambios en su organización territorial. Desde el siglo XVII, la región de Birmingham concentraría el grueso de las especialidades metalúrgicas: cuchillos, clavos, armas, etc. La región llegó a ser la principal suministradora del nuevo Imperio Británico en formación, que incluía el mercado de Londres y las colonias. Como resultado de ello, ciudades como Stourbridge, Dudley, Darlastone y Tipton crecieron considerablemente. Entre los factores que hicieron posible tal expansión regional destacan la abundancia de carbón y las buenas comunicaciones: el río Severn cruzaba la región, lo que facilitaba el transporte del producto hasta el puerto de Bristol. Otro factor de importancia es la situación de Birmingham, en las inmediaciones de la que era la principal región productora de hierro de Gran Bretaña en aquella época. Dos terceras

41. Thomas (1993), pp. 14-17.

42. Evans (1997a), pp. 122 y ss.

partes de la producción total de hierro británico provenían de los condados situados a lo largo del río Severn<sup>43</sup>.

La introducción en Gran Bretaña del método indirecto de producción en la última década del siglo XV se produjo bajo el predominio de una economía feudal. Los grandes terratenientes de la región de los Wealds vieron la producción de hierro como una oportunidad para aprovechar los bosques y yacimientos de sus propiedades. Con el mercado asegurado, gracias a la demanda estatal de armamento, laserrerías debieron haber sido un negocio lucrativo. La gestión diaria de la producción se encargaba a supervisores pertenecientes al aparato administrativo del señorío, mientras que el trabajo, en sentido estricto, era dirigido por asalariados especializados. A partir del siglo XVII la situación cambió y la producción pasó a ser organizada por fabricantes profesionales que arrendaban a los terratenientes los derechos de uso de bosques, minas y cursos de agua, y organizaban el proceso productivo en función de los recursos disponibles. El trabajo manual siguió estando a cargo de trabajadores asalariados que se encargaban de extraer el hierro en la mina, producir carbón vegetal en la carbonera, acarrear las materias primas, fundir el mineral y refinarlo. La clásica estructura tripartita del capitalismo británico, terrateniente-capitalista-asalariado, se implantó de este modo en la industria del hierro durante el siglo XVII<sup>44</sup>.

Por otro lado, a lo largo de la centuria no sólo se produjo la sustitución de la clase terrateniente por un grupo de fabricantes profesionales, sino que tuvo lugar además un proceso de concentración de la propiedad. Así, durante el siglo XVII, se fundaron varias «sociedades integradas» que controlaban totalmente la industria según una distribución regional. A través de estas sociedades, las minas y los bosques quedaban vinculados a los hornos altos, los hornos a las forjas, éstas a los molinos de corte y, en general, la producción de hierro a la metalurgia de transformación. Una de las sociedades más conocidas, «Ironworks in Partnership», propiedad de la familia Foley de Stourbridge, poseía y arrendaba centros de producción en todas las West Midlands<sup>45</sup>.

Aparte de esta forma de asociación, se conocen pocos detalles de la organización de la producción de hierro en Gran Bretaña y apenas nada del trabajo en sí. El método indirecto lo trajeron a Gran Bretaña trabajadores de origen valón, que emigraron a la isla desde Normandía y conocían bien la tecnología valona. Durante el siglo XVIII, las forjas británicas denominadas *double works* tenían por lo general

43. Pelham (1950); Johnson (1960); Court (1938); un estudio general de la región de Birmingham, en V.V.A.A. (1950) y, dentro de esta obra, en concreto, en Wise y Johnson (1950); Cherry (1993), pp. 33-59.

44. Para un análisis del papel de los terratenientes en la producción de hierro véase Raybold (1973) y (1984).

45. Johnson fue el primero en estudiar este tipo de sociedades. Ver sobre todo Johnson (1952). También Ince (1991) y Rydén (en prensa).

dos hornos de afino y uno de recalentamiento, aunque también eran relativamente habituales forjas de mayores dimensiones. En cada horno de la forja trabajaban tres obreros: *master finer* (maestro afinador), *bloom maker* (desbastador) y *apprentice* (aprendiz), en los hornos de afino; y *hammerman* (martillador), *hammerman's hand* (ayudante de martillador) y *apprentice* (aprendiz), en los hornos de recalentamiento. Por lo tanto, la plantilla total de los «double works» estaba compuesta únicamente por nueve personas, muy por debajo de las catorce de las forjas luxemburguesas o de las más de diez que empleaban en Suecia las forjas valonas, algo más pequeñas<sup>46</sup>.

Aunque los forjadores eran asalariados, no estamos ante una relación laboral como la típica de fases más maduras del capitalismo industrial. Los forjadores cobraban a tanto la pieza, más una prima adicional si la producción semanal era alta, pero el conjunto de la plantilla de la forja percibía más tarde una cantidad global para repartirse entre todos. Aunque no se conoce la forma en que distribuía esa remuneración, el material estudiado hasta ahora apunta a la existencia de alguna forma de subcontratación. La organización en los hornos altos era similar a la de las forjas: la producción dependía de un pequeño número de obreros cualificados que cobraban a tanto la pieza y, como los forjadores, trabajaban a tiempo completo. No ocurría lo mismo, probablemente, con la gran masa de trabajadores que llevaban a cabo las restantes actividades del proceso productivo (extraer mineral, talar árboles, hacer carbón vegetal, transportar materias primas y producción de un lugar a otro, etc.<sup>47</sup>).

A pesar de que se sabe relativamente poco sobre la organización de la producción y del trabajo en la industria del hierro británica, también en este caso (como antes en los Países Bajos) parece posible hablar de un *putting-out system* centralizado. Los trabajadores cualificados de los hornos y las forjas estaban «vinculados» a los fabricantes por algún acuerdo de subcontratación y probablemente disfrutaban de un alto grado de autonomía en su trabajo. En lo que a la rutina diaria se refiere se les dejaba solos y sin vigilancia en los centros de trabajo, por lo que podían elaborar el producto de la forma que les pareciera más oportuna. En la mayoría de los casos, las visitas del personal de administración y supervisión a los centros de producción eran escasas<sup>48</sup>.

Durante el siglo XVIII se amplió en Gran Bretaña la brecha entre oferta y demanda nacional, lo que puso a los fabricantes británicos en una difícil situación.

46. Las forjas valonas británicas se describen en Rydén (en prensa) y Evans y Rydén (1998). La información sobre las denominaciones utilizadas proviene de un estudio que está llevando a cabo Chris Evans, a quien agradecemos que nos haya permitido utilizarla en este trabajo.

47. Un estudio de los forjadores en Rydén (en prensa). El resto del sector no ha sido estudiado, pero se puede encontrar alguna información en el diario del «espía industrial» sueco Reinhold Angerstein.

48. Véase Rydén (en prensa) para un desarrollo más completo de este punto.

Las importaciones de hierro ruso que llegaban al mercado cubrían la expansión de la demanda y ponían además de manifiesto que los costes energéticos y laborales, tanto de los productores rusos como de sus competidores suecos, eran muy inferiores a los británicos. Con el fin de mantener los niveles de competitividad, los fabricantes británicos tenían que reducir costes y la manera de lograrlo era introducir cambios tecnológicos y de organización. De hecho, el proceso de reducción de costes se había iniciado ya en el siglo XVII. El carbón vegetal se había encarecido progresivamente a lo largo de todo ese siglo, hasta la década de 1680. Después, los precios se estancaron por diversos motivos. Según Michael Flinn y Georges Hammersley, es probable que el consumo de carbón vegetal por unidad de producto disminuyera durante ese período, tanto en los hornos como en las forjas. Además, a partir de finales del siglo XVII se hizo más frecuente el establecimiento de los llamados *coppice woods*, una forma más avanzada de silvicultura<sup>49</sup>.

Con todo, la principal respuesta al encarecimiento del carbón vegetal fue la relocalización de la industria y la transformación de las sociedades de ámbito regional en sociedades interregionales. Los hornos altos se trasladaron a zonas más remotas con extensos bosques vírgenes, en las costas de Gales, Cumbria y Escocia. De este modo, en las regiones más crecenas a los mercados (principalmente las West Midlands), el carbón vegetal era utilizado exclusivamente para la producción de hierro en barras. Durante el siglo XVIII, se intensificaron los esfuerzos para reducir los costes de producción. Como ya había hecho la industria del hierro de los Países Bajos, en los hornos de recalentamiento se sustituyó el carbón vegetal por carbón mineral, más económico, y como muchas forjas estaban situadas en las inmediaciones de las cuencas mineras, no hubo especiales dificultades para su suministro. Sin embargo, el avance tecnológico más destacado se produjo en 1709, en Coalbrookdale, cuando Abraham Darby empleó con éxito carbón mineral para producir arrabio. Sin embargo, el arrabio de coque no servía para producir hierro en barras, por lo que este macroinvento tuvo una importancia muy limitada hasta la segunda mitad del siglo. Darby se dedicó a producir sobre todo piezas fundidas finas<sup>50</sup>.

La tecnología de la industria del hierro británica no comenzó a cambiar realmente hasta la segunda mitad del siglo XVIII. El primer paso significativo se dio con la utilización de arrabio de coque para producir hierro en barras. A raíz de este avance y de la creciente demanda de hierro colado prosiguió el proceso de relocalización de la producción de arrabio, iniciado a principios del siglo XVIII. Shropshire, Gales del sur y, de forma gradual, también Black Country, regiones todas ellas ricas en carbón mineral, fueron las zonas elegidas para esta nueva

49. Flinn (1958); Hammersley (1973).

50. Ashton (1924) y Hyde (1977), estudian el éxito de la fusión con carbón mineral desde diversas perspectivas.

expansión tecnológica. Desplazado el carbón vegetal por el mineral en la producción de arrabio y una vez que el producto obtenido servía para fabricar hierro en barras, el siguiente paso, lógico dada la constante preocupación por los costes, sería tratar de hacer lo mismo en la actividad del refinado. La introducción del pudelado por Henry Cort en la década de 1780 ha sido vista de este modo, pero la historia no es tan simple. En primer lugar, hay que señalar que hasta principios del XIX el pudelado no tuvo un impacto realmente significativo en la industria del hierro. Richard Crawshay, un importante fabricante de Cyfarthfa, culminaría el trabajo iniciado por Cort años atrás. Por otra parte, ya antes de Cort se había tratado de utilizar carbón mineral en el refinado. Así, el método denominado *potting and stamping* data de la década de 1760 y, hacia 1788, la mitad de la producción británica de hierro en barras se obtenía aplicando ese método<sup>51</sup>.

El método valón tradicional, basado en el carbón vegetal, también parece haber evolucionado en ese período. El progreso era evidente en la década de 1820, cuando el metalúrgico sueco Gustaf Ekman visitó algunas forjas de Lancashire que aún empleaban aquel procedimiento. En Ulverstone y Backbarrow se habían sustituido los antiguos hornos de recalentamiento por hornos de soldadura alimentados con carbón mineral. También en algunas zonas del sur de Gales y Shropshire se producía todavía hierro con carbón vegetal, como complemento del pudelado. Del testimonio de los viajeros suecos de la época y de recientes investigaciones llevadas a cabo por Chris Evans se desprende que ya desde el siglo XVIII se había introducido una nueva organización del trabajo y la productividad había ido aumentando<sup>52</sup>.

A pesar del impacto del método *potting and stamping* en las últimas décadas del siglo XVIII y de las modificaciones experimentadas por el método valón, lo que realmente transformó la industria del hierro británica fue la difusión conjunta del pudelado y del laminado durante las guerras napoleónicas. En esa época fue cuando despegó de forma decidida la producción de hierro en barras y al final de las guerras napoleónicas se producían ya más de 100.000 toneladas, frente a las 32.000 de la década de 1780. Continuó también la redistribución territorial de la industria, iniciada ya con la difusión del método *potting and stamping*, desde las áreas tradicionales a lo largo del río Severn a las cuencas mineras de Shropshire, sur de Gales y Black Country. En 1806, estas áreas producían ya más del 70% del arrabio nacional<sup>53</sup>.

Para comprender plenamente el cambio tecnológico experimentado por la industria del hierro británica en el período anterior a 1850, hay que ampliar la perspectiva y estudiar el progreso económico general de Gran Bretaña y su ascenso

51. Hyde (1977), pp. 76-94 y 117-131. Ver también Evans (1994), sobre la introducción del carbón mineral en la producción de hierro en barra.

52. Evans (1997a) y (1997b). Ver también Tamm y Ekman (1833) y Rydén (1994).

53. Davies y Pollard (1988), p. 87; Birch (1967), p. 128.

a «superpotencia» mercantil del momento. Si en el siglo XVII Gran Bretaña rivalizaba con los Países Bajos por el dominio de los mares, a partir del XVIII ejercía su poder naval en solitario. Con el incremento del comercio, despegó también la industrialización y el siempre creciente consumo de hierro es un claro reflejo de ese proceso. Los británicos fueron a lo largo del siglo XVIII los mayores consumidores de hierro del mundo<sup>54</sup>.

El problema radicaba en que el país no tenía suficientes recursos para satisfacer la creciente demanda de hierro con producción nacional. En consecuencia, Gran Bretaña dependió desde muy pronto del hierro importado. Los británicos eran conscientes de esa situación al menos desde principios del siglo XVIII y la achacaban a la falta de competitividad del hierro nacional, al ser mucho más bajos los costes de producción de los competidores extranjeros. Tanto la mano de obra como la energía resultaban más caras en Gran Bretaña. Existía además la dificultad adicional, a la hora de competir con el hierro sueco, de la superior calidad de éste. Es indudable que existe una relación directa entre la situación del mercado británico de hierro y el cambio tecnológico que se produjo a partir de mediados del siglo XVIII. Para no perder terreno en un mercado tan competitivo, los fabricantes británicos se afanaron en reducir costes, sobre todo mediante la sustitución del carbón vegetal por carbón de piedra. Una investigación reciente ha mostrado la progresiva caída de los beneficios durante las cuatro últimas décadas del siglo XVIII en una de las principales sociedades, Stour Partnership. Esta tendencia debió haber sido un importante incentivo para reducir los costes de producción<sup>55</sup>.

Chris Evans, en un reciente artículo sobre la introducción del pudelado, describe los esfuerzos de los fabricantes británicos por reducir costes de producción como una forma de «rechazar» al «enemigo exterior», aunque, como señala, no era este su único objetivo. Según Chris Evans, los fabricantes vieron en el pudelado y probablemente también en otras innovaciones tecnológicas, «una oportunidad para reducir al «enemigo interior», constituido por los forjadores, cuyas secretas habilidades, elevada remuneración y movilidad personal, les dotaban de un sentimiento de independencia que molestaba a sus patronos<sup>56</sup>.»

Con el incremento de la producción británica de hierro en barras a raíz de la introducción del pudelado, se redujeron las importaciones y quedó patente que los fabricantes habían derrotado al «enemigo exterior». Sin embargo, no tuvieron tanto éxito con el «enemigo interior». Los forjadores fueron sustituidos por pudeladores, cingladores y laminadores, y éstos resultaron tan irreductibles como los propios forjadores.

54. Para una introducción al debate sobre la relación entre comercio e industrialización se puede consultar, por ejemplo, Engerman (1994); sobre consumo de hierro Harris (1988).

55. Evans y Rydén (1995); Evans (1994); Evans (1997a); Rydén (en prensa).

56. Evans (1994), p. 45.

Éxitos y fracasos aparte, está fuera de duda que a partir de la segunda mitad del siglo XVIII los fabricantes lograron abandonar los métodos de producción tradicionales y presentar batalla en dos frentes simultáneos: contra la competencia de los productores extranjeros y contra su propia fuerza de trabajo. Evans, al reintroducir los forjadores en el debate, se acerca a los planteamientos expuestos más arriba sobre la relación entre cambio tecnológico, mercado y organización de la producción, afirmando que el cambio tecnológico resolvería los problemas de los fabricantes, tanto los derivados de la organización de la producción, como los del mercado. Para cerrar esta sección nos gustaría señalar un aspecto poco estudiado de la industria británica del hierro: la producción en los hornos y forjas británicas era sobre todo una actividad reservada a trabajadores especializados, con oficio. Sólo ellos tenían la destreza y los conocimientos necesarios para producir hierro. ¿Cómo consiguieron los fabricantes imponer las nuevas tecnologías sin su apoyo? y, aún más importante, ¿cómo gestionaron los fabricantes el cambio tecnológico?

### La producción de hierro en Suecia, 1600-1850

Suecia era, junto con Rusia, uno de esos «enemigos exteriores», por lo que la introducción y difusión del pudelado en Gran Bretaña trajo consigo consecuencias negativas para la industria del hierro sueco. Si bien durante los siglos XVII y XVIII los bajos costes de producción del hierro sueco fueron una seria amenaza para los fabricantes británicos, después de las guerras napoleónicas la situación dio un vuelco. Desde mediados del siglo XVII Gran Bretaña había sido el principal mercado del hierro en barras sueco, superando en importancia a Holanda y Amsterdam. Durante el siglo XVIII, más de la mitad de las exportaciones suecas se habían dirigido al mercado británico. Aparte de éste, los únicos mercados de cierta entidad estaban situados en el Báltico y en el Mediterráneo<sup>57</sup>.

Aunque perdieron terreno ante el hierro ruso en el mercado británico durante la segunda mitad del siglo XVIII, las exportaciones suecas de hierro en barras no disminuyeron en términos absolutos. Si a mediados de siglo las exportaciones a Gran Bretaña sumaban unas 40.000 toneladas, en la década de 1790 ascendían ya a 49.000. Con las guerras llegó la crisis. No solo se hizo más difícil trasladar el hierro desde Estocolmo y Gotemburgo, sino que además el pudelado se extendía en Gran Bretaña. Por si esto fuera poco, los aranceles británicos sobre el hierro en barras aumentaron significativamente, de 2,81 libras por tonelada en 1795 a 6,49 en 1813. A raíz de este incremento las exportaciones suecas de hierro en barras a Gran Bretaña cayeron de forma dramática y el único producto que siguió siendo

57. Hildebrand (1992); Müller, L. (s.f.).

competitivo fue el hierro de calidad, producido en el oeste de Suecia con el método valón y utilizado para fabricar acero, sobre todo en Sheffield<sup>58</sup>.

Sin embargo, en torno al 90% del hierro en barras sueco se producía con el método alemán y era de una calidad mediocre. El mercado británico se decantó por el hierro pudelado, más económico que el forjado aplicando el método alemán. La situación de la industria del hierro sueca era muy grave, pero aún lo hubiera sido más de no ser por la expansión del mercado americano después de Waterloo. Las exportaciones al otro lado del Atlántico despegaron durante la guerra para alcanzar su cifra más alta en las décadas de 1820 y 1830, en que llegaron a superar las 20.000 toneladas anuales<sup>59</sup>.

Esto dio un respiro a la industria del hierro sueca, que los fabricantes aprovecharon para llevar a cabo la reestructuración del sector. Además, la evolución del mercado británico no resultaba del todo imprevista. Espías industriales suecos enviaban puntualmente informes sobre lo que estaba ocurriendo en Gran Bretaña y, ya en 1789, Sven Rinman, un afamado metalúrgico sueco, había descrito el pudelado en su *Bergverks lexicon*. De hecho, aparte de Gran Bretaña, Suecia fue uno de los primeros países que ensayaron este método, ya en 1811. Los experimentos prosiguieron hasta bien entrada la década de 1830, pero al carecer Suecia de carbón mineral las tentativas se saldaron con un fracaso. Con todo, unos pocos fabricantes introdujeron el pudelado a escala comercial en la década de 1840, utilizando leña o carbón mineral importado<sup>60</sup>.

La solución de los problemas a los que se enfrentaba el sector llegaría por otras vías. Tras Waterloo, aumentaron los viajes a Gran Bretaña de técnicos y metalúrgicos y los suecos pudieron analizar *in situ* los progresos de la producción británica de hierro. El pudelado y la fundición con coque fueron, obviamente, objeto de admiración, y los suecos pudieron estudiar y copiar la máquina de vapor y otros avances de la mecánica. Durante ese período se introdujeron en Suecia los grandes martillos pilones británicos impulsados por energía hidráulica y también los sopletes mecánicos y la inyección de aire caliente. A finales de la década de 1820, un joven metalúrgico sueco llamado Gustaf Ekman viajó a Gran Bretaña. Visitó todos los grandes centros de producción de hierro del sur de Gales y de Black Country, pero también se desplazó hasta las pequeñaserrerías de Furness, donde aún se trabajaba con el antiguo método basado en el carbón vegetal. Allí pudo apreciar el método valón modificado, en el que se habían sustituido los antiguos hornos de recalentamiento por hornos alimentados por carbón, y los martillos por cilindros de laminación<sup>61</sup>.

58. Rydén (1997).

59. Rydén (1997).

60. Rinman (1788-1789); Rydén (en prensa).

61. Rydén (1994).

Para Ekman, ésa era la solución para los problemas de la industria del hierro sueca ya que, pese a tratarse de un método basado en el carbón vegetal, permitía obtener hierro de mejor calidad, podía ser combinado con el laminado y hacía posible organizar la producción de un modo más industrial. Con todo, la introducción de la innovación en Suecia fue más lenta de lo que Ekman preveía. Los ensayos del nuevo procedimiento (denominado «método anglo-valón»), empezaron a realizarse ya a principios de la década de 1830, pero el método no se difundió por el país hasta mediados de la década siguiente. Para entonces su denominación había cambiado y era conocido como «método de forja Lancashire». Los problemas que hubo que resolver se debieron a las dificultades para organizar la producción de forma industrial y conseguir un combustible adecuado para los hornos de soldadura. Ekman estaba entre los que opinaban que los obreros británicos trabajaban más rápido y estaban más acostumbrados a adaptarse a las exigencias del proceso productivo<sup>62</sup>. El método Lancashire se difundió rápidamente en Suecia, sustituyendo el antiguo método alemán. El hierro obtenido con el nuevo método era de mejor calidad y logró recuperar terreno en el mercado británico. La industria del acero de Sheffield demandaba un material de gran calidad, y durante mucho tiempo sus mejores productos habían sido obtenidos utilizando exclusivamente hierro sueco producido con el método valón. Cuando en el siglo XIX aumentó la demanda de acero de Sheffield, la producción sueca con método valón resultó inadecuada y fue sustituida por hierro producido con el método Lancashire.

La industria sueca del hierro cambió de forma dramática durante la primera mitad del siglo XIX. Un nuevo método de forja sustituyó al antiguo procedimiento de fabricación de hierro en barras, pero también se produjeron cambios en la producción de arrabio con la introducción de los hornos de calcinación, la inyección de aire caliente y las mejoras en el diseño de los hornos. La nueva tecnología se acompañó además de cambios en la organización de la producción, que cabría considerar como un primer paso hacia una forma más industrial de organizar la producción del hierro en Suecia. En este contexto, es lógico pensar que fueron los cambios en el mercado internacional de hierro en barras los que impulsaron las modificaciones mencionadas. A las puertas del nuevo siglo, los fabricantes suecos tenían ante sí un panorama preocupante y, como ya antes hicieran sus competidores británicos, no tenían otra alternativa que reducir los costes y/o aumentar la calidad para no ser desplazados de un mercado tan competitivo como el del hierro.

Esto no significa que la industria sueca del hierro hubiera estado estancada y no hubiera experimentado cambios importantes, organizativos o tecnológicos, antes del siglo XIX. La producción de hierro en barras se estableció en Suecia durante el siglo XVI, pero el método indirecto tenía una larga historia anterior, ya que la existencia de hornos altos se remonta a la edad media. El arrabio producido en

62. Rydén (1994).

épocas anteriores se refinaba para producir hierro de tipo *osmund*, que se exportaba a las ciudades hanseáticas del Báltico. Sin embargo, Gustaf Vasa, el poderoso rey de Suecia, convencido de la viabilidad y de las ventajas de elaborar hierro de más calidad, fomentó la inmigración de martilladores alemanes. Las primeras forjas para producir hierro en barras pertenecían a la Corona y, al igual que en Gran Bretaña, la nueva tecnología se difundió bajo el patrocinio real<sup>63</sup>.

Con todo, el tránsito desde el hierro *osmund* hasta la producción de hierro en barras se prolongó casi un siglo y, hasta bien entrado el siglo XVII, la mayor parte de la exportación sueca de hierro no estaba todavía constituida por hierro en barras. La evolución de la producción está relacionada con los cambios en la estructura social del sector. Desde la edad media, la industria sueca del hierro estaba controlada por el campesinado. Campesinos libres de la región de Bergslagen habían extraído tradicionalmente el mineral de hierro, producido el carbón vegetal, obtenido el arrabio y, finalmente, elaborado el hierro *osmund*. La situación cambió algo a partir del siglo XVI, debido al interés de la Corona por participar en esta industria, y los cambios se intensificaron en el siglo XVII. Agrupaciones de mercaderes urbanos habían intervenido en la industria del hierro desde el principio, en la medida en que controlaban el comercio, pero a partir de principios del siglo XVII comenzaron a intervenir más de cerca en la producción, adquiriendo las forjas y construyendo otras nuevas por cuenta propia. Había surgido un nuevo grupo en el sector: los fabricantes<sup>64</sup>.

El más conocido de los fabricantes suecos fue Louis De Geer, un mercader de origen valón afincado en Amsterdam. De Geer había ayudado a la Corona sueca a financiar las guerras en el continente europeo y recibió a cambio varias ferrerías propiedad de la Corona. Durante el segundo cuarto del siglo XVII, De Geer y otros fabricantes trajeron a Suecia, desde el sur de los Países Bajos, grupos muy numerosos de obreros con y sin cualificación. Estos inmigrantes trajeron consigo sus conocimientos y, entre otras técnicas, el método de forja valón, que, aplicado al mineral de hierro de Dannemora, acabó produciendo el hierro en barras más apreciado de Europa<sup>65</sup>.

El Estado apoyó el desarrollo de esta industria a través de la creación del *Bergskollegium* (Consejo de Minas), e instauró una nueva política que establecía una clara separación entre los campesinos, encargados de la extracción del mineral y de la producción del arrabio y los fabricantes, responsables de organizar la producción de hierro en barras. Esta división social del trabajo se complementaría con una redistribución territorial según la cual los hornos altos se situarían junto a

63. Para una introducción a los inicios de la producción del hierro en Suecia, Magnusson (1997); también Hildebrand (1992).

64. Hildebrand (1992); Florén y Rydén (1997).

65. Florén (1997).

las minas, mientras que las forjas se levantarían fuera de las cuencas mineras. Se trataba, en suma, de ahorrar recursos en la producción de carbón vegetal. El objetivo de esta política era fomentar las exportaciones suecas de hierro en barras y, al mismo tiempo, mantener a niveles moderados los costes de producción. A juzgar por la evolución de las exportaciones, que crecieron de forma extraordinaria, la nueva política dio muy buen resultado<sup>66</sup>.

Las exportaciones aumentaron de forma estable hasta mediados del siglo XVIII, cuando el apoyo real a la industria del hierro dio un vuelco. La Corona introdujo entonces un sistema de cuotas máximas en la producción de hierro en barras. Se asignó a cada forja un tope de producción y no se autorizó la construcción de nuevas instalaciones. La explicación más extendida de este cambio de política es que se pretendía, por una parte, reducir la presión sobre el carbón vegetal, cuyos precios se habían disparado y, por otra, limitar la cantidad de hierro en barras que circulaba en los mercados internacionales, para de este modo percibir rentas de monopolio. Con todo, ninguna de estas explicaciones resulta del todo satisfactoria, en especial la última, ya que se basa en una falsa presunción sobre la naturaleza del mercado<sup>67</sup>.

Con todo, durante la segunda mitad del siglo XVIII tanto la producción como las exportaciones aumentaron ligeramente, ya que el sistema de regulación era relativamente flexible, aunque sin duda supuso una clara restricción para el desarrollo de la actividad. Esto, sin embargo, no significó el estancamiento del sector, ya que se introdujeron cambios significativos durante ese período. En 1747, los fabricantes se unieron para formar la *Jernkontoret*, una asociación destinada a defender sus intereses. Sus actividades perseguían tres fines distintos: actuar de forma colectiva en la esfera pública, funcionar como banco de crédito para sus asociados y, finalmente, fomentar la investigación en tecnología y producción<sup>68</sup>.

La asociación se tomó muy en serio este último aspecto, apoyando activamente, por ejemplo, la introducción del método Lancashire. Durante el siglo XVIII, fomentó el cambio tecnológico de un modo algo más pasivo, enviando espías industriales a Gran Bretaña y otros países y publicando y haciendo llegar a sus asociados libros y folletos con información técnica. También contrató especialistas para enseñar a los campesinos que producían arrabio cómo mejorar la calidad del producto. No en vano la producción de arrabio se consideraba en aquellos años el eslabón más débil del cambio productivo<sup>69</sup>.

La estructura social de la industria, que databa del siglo XVII, no sufrió grandes cambios hasta mediados del XVIII, y los campesinos siguieron encargados de

66. Lindqist (1984); Isacson (1998); Karlsson (1990).

67. Hildebrand (1992); Florén y Rydén (1996).

68. Boëthius y Kromnow (1947-1968), es la obra clásica sobre la Asociación de Fabricantes de Hierro.

69. Boëthius y Kromnow (1947-1968), parte III, 1.

suministrar el arrabio a los fabricantes. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo se comenzaron a apreciar signos de fractura en el sistema, al hacerse los fabricantes gradualmente con el control de la producción de arrabio. Esta evolución se aceleró durante el siglo XIX, a raíz del cambio tecnológico ya comentado y de la simultánea homogeneización de la industria. Los hornos altos pasaron a compartir instalaciones con las forjas y, más tarde, con las plantas de laminación<sup>70</sup>.

La industria sueca del hierro estaba orientada a la exportación de hierro en barras y sus objetivos no cambiaron con la redefinición de la política sectorial de mediados del siglo XVIII ni con los problemas causados por las guerras napoleónicas. La orientación comercial incidió lógicamente en la organización de la producción y en el progreso tecnológico, como también lo hicieron los cambios en las políticas aplicadas y los problemas del mercado. Durante el siglo XVII, la industria sueca del hierro estaba dispersa en un gran número de pequeñas minas, hornos y forjas. En algunos casos, la producción de hierro en barras se llevaba a cabo en forjas muy pequeñas que tenían un único horno y un solo martillo pilón impulsado por energía hidráulica y, por toda plantilla, un pequeño grupo de forjadores que probablemente trabajaban sólo durante el día y unos pocos meses al año. Por lo general, en cada horno trabajaban tres personas: el maestro, un ayudante forjador y un aprendiz.

A medida que crecía la demanda en el mercado internacional y que aumentaban las exportaciones de hierro sueco, las forjas se fueron acercando al nivel óptimo de ocupación de la mano de obra. Además, las forjas fueron ampliadas y en el siglo XVIII la instalación media disponía ya de dos hornos y un martillo pilón hidráulico. Las forjas situadas en las regiones orientales de Suecia, donde se trabajaba con el método valón, tenían también dos hornos y un martillo, pero, en el caso de los hornos, se trataba de uno de afino y otro de recalentamiento. Las plantillas eran, sin embargo, más numerosas que en la forja alemana, pues tenían unos diez hombres. Es probable que la organización del trabajo fuera bastante ineficiente, sin turnos y con paros estacionales, lo que podría explicar la ausencia de cambios tecnológicos de importancia durante ese siglo, pues para aumentar la producción bastaba con alargar la jornada o la temporada de trabajo.

Antes del siglo XIX, apenas cabe registrar alguna tentativa de cambio en la organización del trabajo. En las últimas décadas en que se aplicó el método alemán, sin embargo, se produjeron cambios de importancia. Los equipos de trabajo se ampliaron a cuatro personas y se introdujeron algunos cambios tecnológicos menores: la inyección de aire caliente y martillos pilones más pesados. Las transformaciones más importantes, sin embargo, se produjeron con la difusión del método Lancashire. Las forjas aumentaron su tamaño y el número de hornos que

70. Para un análisis más elaborado del contenido de este párrafo y los que siguen, Florén y Rydén (en prensa).

contenían y se desarrolló cierta división del trabajo. Pronto se combinó el método Lancashire con el laminado y, a mediados del siglo XIX, se crearon las primeras instalaciones centralizadas de Suecia, con hornos altos, forjas Lancashire y cilindros de laminación.

### **El desarrollo de la industria del hierro rusa, 1600-1850**

En la década de 1690, Pedro el Grande trató de establecer una industria de hierro de gran escala en los recientemente colonizados Urales. Estos planes hay que considerarlos a la luz de la situación política en el norte de Europa, donde Rusia importaba grandes cantidades de hierro de Suecia, su rival por antonomasia, mientras trataba de fortalecer su posición en Europa. El Estado tomó parte activa en esta empresa y creó, por propia iniciativa, muchos centros de producción a gran escala. También creó un organismo inspirado en el *Bergskollegium* sueco para regular la industria del hierro. El sector en Rusia producía sobre todo hierro en barras, del que una parte se refinaba *in situ*, pero la mayoría se llevaba al oeste de Rusia para su exportación, o posterior procesamiento en las fábricas de armas de Tula o en las gigantescas instalaciones de Systerbeck en Ingermanland<sup>71</sup>.

Sin embargo, la industria rusa del hierro no se puso en marcha con estas iniciativas del Estado. Durante el siglo XVII la producción se concentraba sobre todo en las regiones occidentales del reino y en Tula, al sur de Moscú. Se trataba de una industria de dimensiones reducidas y caracterizada por la diversidad social de los agentes que intervenían. Los campesinos locales utilizaban mineral, principalmente de origen lacustre o sedimentario, para producir hierro semirrefinado en hornos primitivos. El producto lo vendían a las ferrerías que lo refinaban y convertían en hierro en barras con la ayuda de martillos pilones hidráulicos.

El desplazamiento de la industria rusa del hierro hacia los Urales supuso una ruptura radical con el sistema de producción tradicional, tanto en el ámbito social como en el técnico. Para organizar esta industria en las tierras vírgenes siberianas hubo de hacerse frente a enormes problemas, entre ellos uno nada banal: la atracción de la mano de obra. Por lo general, los campesinos se reclutaban a la fuerza, con modos feudales. Se trataba de siervos vinculados a las ferrerías, o campesinos del Estado adscritos a esta industria, que pagaban sus impuestos trabajando en las ferrerías propiedad del zar o de agentes privados. La adscripción suponía que la mano de obra campesina dejaba sus pueblos de origen durante un período, que con frecuencia se alargaba varios años, para trabajar en la producción de hierro, casi siempre en el bosque o la mina. En las ferrerías, la producción se organizaba a gran escala, separando las distintas actividades y controlando estrictamente que se

71. La siguiente argumentación está basada en Florén y Rydén (en prensa).

llevaran a cabo de acuerdo con lo previsto. Durante el siglo XVIII, se trató de asignar al campesinado reclutado por medio de la fuerza tareas que exigían una menor cualificación técnica, quedando el trabajo en los hornos reservado a obreros especializados.

El reclutamiento de trabajadores cualificados resultó aún más difícil. Desde los primeros años de la expansión en los Urales, los forjadores y los trabajadores de los hornos se traían sobre todo de la región de Tula, para aprovechar sus conocimientos y oficio y asegurar de este modo el éxito de los nuevos establecimientos. Nikita Demidov fue uno de estos trabajadores cualificados, que adquirió un gran protagonismo en esta fase de transición, ya que se convirtió en uno de los mayores propietarios de ferrerías, junto con el Estado. Pero tanto Demidov como su familia constituyen una excepción, ya que la mayoría de los obreros cualificados no sólo no llegaron tan alto, sino que perdieron a efectos legales su autonomía, entraron a formar parte de los equipos de trabajo de las ferrerías y quedaron sometidos a una estricto control. Cada equipo tenían un encargado, responsable de los aspectos técnicos, y un supervisor con autoridad sobre cuestiones administrativas y contables. Las ferrerías disponían además de mano de obra auxiliar: carpinteros, herreros, acarreadores, etc., vinculados a las tareas de cada horno o forja.

Durante los últimos años del siglo XVIII, muchas ferrerías del Estado fueron cedidas a la aristocracia. Se trataba, sin embargo, de unos derechos de propiedad condicionados, ya que el beneficiario de la *posessionnye* estaba obligado a emplear las tierras y sus pobladores como factores de producción de la ferrería adjudicada. De esta forma quedaron garantizados los intereses nacionales, al asegurarse el desarrollo del sector, pero a costa de la progresiva regionalización de la industria. Esta situación dio lugar a una estructura cerrada de distritos mineros independientes (*gornozavodkii okruga*). De este modo, durante la primera mitad del siglo XIX, la industria rusa del hierro se convirtió, de forma más intensa incluso que en épocas anteriores, en parte integral de una economía feudal.

La dimensión e integración de las ferrerías rusas resulta sorprendente si las comparamos con la situación en las restantes regiones analizadas en este trabajo. En muchos casos, hornos y forjas formaban un complejo industrial, frecuentemente con dos altos hornos, uno de ellos de reserva, y varias forjas con cuatro o más hornos de forja. Como, por otra parte, en la segunda mitad del siglo XVIII, las forjas se construyeron muy a menudo con piedra o ladrillo, la dimensión de las mismas aumentó. Además, en aquella época las forjas rusas tenían ya un martillo pilón por horno.

El rápido incremento de la producción durante el siglo XVIII se produjo sin ningún desarrollo técnico importante en los hornos o las forjas. Sin embargo, durante la primera mitad del siglo XIX se aceleró el proceso de cambio tecnológico. El tamaño de las forjas aumentó, llegando en algunos casos a contar con más de veinte hornos, se introdujo la inyección de aire caliente y se comenzó a experimentar

con el pudelado y el método Comptoise. Aún así, la evolución fue lenta y discontinua. El pudelado, por ejemplo, no tuvo un impacto significativo en la región de los Urales hasta la segunda mitad del siglo XIX. Lo mismo cabe decir de otros avances, pues hasta 1848, Nizhnii-Tagil, la principal cuenca minera, no sustituyó el método alemán por el método Comtoise.

Así pues, la industria rusa del hierro alcanzó en su desarrollo mayores dimensiones y un perfil más industrial que las de otras áreas, pero a la vez mantuvo un carácter más arcaico, en la medida en que la estructura social se basaba en relaciones de carácter feudal. Este rasgo resulta fundamental para explicar la relativa lentitud del cambio tecnológico en un sector orientado a la exportación y que, como en los casos belga y sueco, se sintió también amenazado, a partir del siglo XIX, por el pudelado británico. Rusia respondió a esa amenaza de modo *sui generis*: redujo los costes de producción reforzando las cadenas de la servidumbre. La creación y consolidación de las regiones mineras (*gornozavodkiiie okruga*) puede ser analizada desde esta perspectiva. Así pues, la organización feudal de la industria es la clave para explicar por qué la transformación tecnológica de la industria del hierro rusa comenzó más tarde que en Bélgica y Suecia.

Sin embargo, no está tan claro que el modo «feudal» de organizar la producción haya de ser considerado como un freno al cambio tecnológico en los centros de producción. Una característica importante de este modo de producción es que el conocimiento era visto como una propiedad de los fabricantes. Es posible que este derecho de propiedad sobre los conocimientos haya facilitado de algún modo el cambio tecnológico. La temprana aparición en Rusia de estudios formales de ingeniería de minas habría que analizarla en ese contexto, pues refleja la necesidad de formar encargados y técnicos especialistas para supervisar el trabajo en las forjas.

Sin profundizar más en las causas del lento desarrollo tecnológico de la industria del hierro rusa durante el siglo XIX, resulta evidente que su producción fue perdiendo terreno en los mercados internacionales. Pese a haber sido el principal proveedor del mercado británico durante la segunda mitad del siglo XVIII, tras las guerras napoleónicas Rusia retenía únicamente una pequeña cuota del mismo. Si la industria sueca, en parecida situación, dio con nuevos mercados al otro lado del Atlántico, la rusa «se salvó» gracias a la ampliación del consumo interior a partir de la década de 1830.

## Conclusión

Las cuatro regiones productoras de hierro aquí comentadas representan diversas realidades socio-económicas, políticas y técnicas. A lo largo del periodo que abarca este trabajo, cada región fue viviendo su propia edad de oro. Dado que todas ellas exportaban hierro en barras a los mercados europeos, sus diferentes desarrollos

estuvieron interrelacionados a escala europea. Esta relación de interdependencia es patente en aspectos relacionados con el desarrollo técnico de la industria, aunque el proceso no siempre consistió en la difusión de la tecnología entre regiones.

La expansión de la industria del hierro del sur de los Países Bajos resultó muy afectada por las guerras y la nueva situación geopolítica de finales del siglo XVI. El sector se recuperó durante el siglo XVII a través de un proceso de redistribución territorial, que concentró en Luxemburgo la producción de hierro en barras, mientras las distintas especialidades metalúrgicas permanecían en las inmediaciones de Lieja. En la misma época se produjo también una emigración de fabricantes y trabajadores de la industria del hierro de la región hacia otras áreas de Europa a las que aportaron tecnología, especialmente el método de forja valón y el molino de corte.

Durante los siglos XVII y XVIII, el hierro sueco mantuvo una posición dominante en el mercado, haciendo incluso peligrar la producción local en Gran Bretaña y los Países Bajos. En el siglo XVIII, estas dos áreas trataron de proteger sus respectivos mercados interiores con aranceles. A pesar de la competencia del hierro importado, ambas naciones tenían una producción nacional pujante, si bien la de Gran Bretaña no era capaz de cubrir la demanda interior y la de los Países Bajos producía un hierro de calidad mediocre. En Rusia, en cambio, la situación era crítica durante el siglo XVII. La primitiva industria de la Rusia occidental no podía en absoluto satisfacer la creciente demanda de un Estado en expansión. La situación era aún más incierta en la medida en que la mayor parte del hierro importado provenía de Suecia, el más feroz enemigo de la expansión rusa. El desarrollo de la producción de hierro en los Urales hay que analizarlo teniendo en cuenta este contexto político.

Durante los últimos años del siglo XVIII, el hierro ruso logró un protagonismo destacado en el mercado británico, donde competía con éxito con la producción sueca y también con la local. La competencia por el mercado británico puso en marcha un proceso orientado básicamente a la reducción de costes. En Gran Bretaña, esta competencia propició la introducción de la tecnología basada en el carbón mineral ya a finales del siglo XVIII, con lo que el hierro sueco y ruso tuvieron que competir con el hierro pudelado británico, más barato. Tras la expansión consiguiente de la industria del hierro británica, la producción de hierro en el resto de Europa, incluyendo Bélgica, tuvo que adaptarse a una nueva situación marcada por el liderazgo británico en el mercado internacional. Las regiones estudiadas respondieron de modo diverso a este reto. Suecia optó por una tecnología basada en el carbón vegetal: el método de forja Lancashire. Por su parte, las ferrerías rusas respondieron modificando, no la tecnología, sino las condiciones sociales del proceso de producción. Por último, Bélgica, con grandes reservas de carbón, siguió el ejemplo británico y, desde la década de 1820, la expansión de su industria se basó en el carbón mineral.

Hemos mostrado en este trabajo que la industria y el mercado del hierro europeos entre 1600 y 1850 estaban conectados por vínculos relativamente flexibles formando un sistema integrado y que los cambios en una parte del sistema afectaban al resto. El análisis del cambio tecnológico debe por lo tanto insertarse en un marco mucho más amplio, que incluya el desarrollo del mercado europeo del hierro, ya que cuando una región adoptaba un nuevo método de producción más económico ello incidía en todo el sistema. Sin embargo, las respuestas que daban las otras regiones no eran idénticas y, por otro lado, podían tener naturaleza política, y no sólo social o técnica.

Esta interdependencia en el mercado europeo se puede considerar como un sistema de carácter estructural. Sin embargo, al analizar este sistema, hemos utilizado el concepto de forma algo distinta, ya que más que al mercado hemos aludido a la estructura de la producción. Desde este punto de vista, la división interregional del trabajo que se produce en la industria del hierro en el sur de los Países Bajos y también en de Suecia o Gran Bretaña serían importantes desarrollos en ese ámbito. Si en el caso sueco el Estado fomentó el proceso, en Gran Bretaña y el sur de los Países Bajos éste se produjo de forma espontánea, a partir de cambios en el mercado. En Rusia, por otra parte, el proceso que tuvo lugar parece que debe ser considerado más como una regionalización que como una división regional del trabajo.

A partir de finales del siglo XVIII, la estructura interregional y descentralizada perdió vigor de forma progresiva en Gran Bretaña, en el sur de los Países Bajos y en Suecia, a medida que se iban creando unidades de producción centralizadas. En los dos primeros casos, este proceso supuso también el paso de una industria basada en el carbón vegetal a otra basada en el carbón mineral. En Gran Bretaña, el cambio fue bastante rápido y produjo además una redistribución territorial de la industria del hierro, que se desplazó hacia las cuencas de Shropshire, Staffordshire y sur de Gales. En el sur de los Países Bajos, por el contrario, el proceso fue mucho más lento, entre otras razones porque la estructura protoindustrial fue un obstáculo importante para el desarrollo. Cuando finalmente se impuso la nueva tecnología, ello dio lugar a una profunda desindustrialización de las regiones tradicionalmente productoras de hierro, mientras la industria basada en la tecnología del carbón mineral se expandía por las cuencas carboníferas cercanas a Lieja y Charleroi.

Dado que reducir costes era la mayor preocupación de los fabricantes del siglo XVIII, el desarrollo de una estructura interregional en el sur de los Países Bajos, Gran Bretaña y Suecia podría considerarse la respuesta a esa preocupación. La división espacial suavizó la competencia por el carbón vegetal, lo que a su vez permitió moderar los precios. También hay que considerar, por supuesto, el cambio tecnológico como una forma de reducir costes. La introducción de los hornos de fusión con carbón mineral y la sustitución del carbón vegetal por el mineral en los

hornos de recalentamiento para laminación, así como el desarrollo de los métodos Comtoise y Lancashire, deben analizarse en ese contexto.

Otra característica importante de la industria del hierro europea durante el siglo XVIII fue el aumento de la producción, que no se debió tanto a grandes avances tecnológicos como a un cambio gradual en la organización social de la producción en hornos y forjas. Parece plausible afirmar que, en la segunda mitad del siglo XVIII, la organización de la producción en todas las regiones analizadas en este trabajo era poco eficiente y que fue la prolongación de la jornada de trabajo lo que permitió aumentar la producción. A partir de las guerras napoleónicas esta posibilidad dejó de ser factible en muchos lugares, por lo que el cambio tecnológico se impuso como la única alternativa posible, no sólo para reducir costes, sino también para aumentar la producción.

Para poder reorganizar la producción, introducir avances tecnológicos y nuevos métodos de trabajo, los fabricantes debían conocer a fondo el proceso productivo. Las enseñanzas técnicas, reorganizadas en Rusia, Bélgica y Suecia a principios del siglo XIX, tuvieron un papel destacado en las últimas etapas del desarrollo de la industria del hierro. Hasta esa época, todo dependía de las relaciones entre los fabricantes y los trabajadores cualificados, que eran los que poseían la destreza y los conocimientos necesarios para sacar adelante la producción. En ese contexto, resultaba prácticamente imposible introducir algún cambio tecnológico que no contara con el apoyo de los trabajadores. A partir de mediados del siglo XVIII, los fabricantes se enfrentaron al reto de adquirir conocimientos como condición previa para poder fomentar el cambio tecnológico y, en ese contexto, los derechos de propiedad sobre los conocimientos adquirieron especial importancia.

Una vez bajo control de los fabricantes, los conocimientos adquiridos sirvieron para reducir el poder de los trabajadores cualificados en el ámbito de la producción. La introducción de los talleres de laminación en la región de Lieja, a principios del siglo XIX, puso fin al conflicto permanente entre *putters-out* y fabricantes de clavos semi-independientes, que se prolongaba desde finales del XVIII. Por ello, la introducción de tecnologías basadas en el carbón mineral se puede considerar también un instrumento para reforzar el control de la mano de obra.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANGERSTEIN R. R. (1755), *Den nederländska resan*, Jernkontorets Arkiv, Estocolmo.
- ASHTON, T.S. (1924), *Iron and Steel in the Industrial Revolution*, Manchester.
- BELHOSTE, J-F. et al. (eds.) (1994), *La métallurgie comtoise*, Besançon.
- BERG, M. (1986), *The Age of Manufactures 1700-1820*, Oxford.

- BERG, M. (1992), «Revisions and Revolutions: Technology and Productivity Change in Manufacture in Eighteenth-century England», en Mathias, P., y Davis, J. A. (eds.), *Innovation and Technology in Europe. From Eighteenth Century to the Present Day*, Oxford.
- BIRCH, A. (1967), *The Economic History of the British Iron & Steel Industry 1784-1879*, Londres.
- BJÖRKENSTAM, N. (1991), *Västeuropeisk Järnframställning under medeltiden*, Estocolmo.
- BOËTHIUS, B. y KROMNOW, Å. (1947-1968), *Jernkontorets Historia*, vol. I-III, Estocolmo.
- BOURGUIGNON, M. (1963), «La Sidérurgie, industrie commune des pays d'entre Meuse et Rhin», *Anciens Pays et assemblées d'États*.
- BURSELL, B. (1974), *Träskoadel*, Estocolmo.
- CANNADINE, D. (1984), «The Present and the Past in the English Industrial Revolution 1880-1980», *Past and Present*.
- CIPOLLA, C. (1965), *Guns and Sails in the Early Phase of European Expansion, 1400-1700*, Londres.
- CLAERR-ROUSSEL, C. (1995), «The "Comptois" Process of Iron Production: The Birth and Development of New Methods during the Eighteenth Century», en Magnusson, G. (ed.).
- COURT, W.H.B. (1938), *The Rise of the Midland Industries 1600-1838*, Oxford.
- CRAFTS, N. (1985), *British Economic Growth during the Industrial Revolution*, Oxford.
- CHERRY, G. (1993), *Birmingham. A Study in Geography, History and Planning*, Chichester.
- DAVIES, R.S.W. y POLLARD, S. (1988), «The Iron Industry, 1750-1850», en Feinstein, C. y Pollard, S. (eds.), *Studies in Capital Formation in the United Kingdom 1750-1920*, Oxford.
- DE VRIES, J. y VAN DER WOUDE, A. (1997), *The First Modern Economy: Success, Failure and Perseverance of the Dutch Economy 1500-1815*, Cambridge.
- DORBAN, M. (1985), «La sidérurgie luxembourgeoise au XVIII<sup>e</sup> siècle», en *La sidérurgie aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles: aspects techniques, économiques et sociaux*, Louvière.
- ENGERMAN, S. (1994), «Mercantilism and Overseas Trade, 1700-1800», en Floud, R. y McCloskey, D. (eds.).
- EVANS, C. (1994), «Iron Puddling: The Quest for a New Technology in Eighteenth-century Industry», *Llafur*.
- (1997a), «The Corporate Culture of British Iron Industry, 1650-1830», en Rydén, G. (ed.).
- (1997b), «Work and Workloads During Industrialisation: The experience of Forgemen in the British iron industry 1750-1850», ensayo inédito, Universidad de Glamorgan.
- EVANS, C. y RYDÉN, G. (1995), «Iron in Sweden and Britain: Interdependence and Difference», en Magnusson, G. (ed.).
- (1998), «Kinship and the Transmission of Skills: Bar Iron Production in Britain and Sweden, 1500-1800», en Berg, M. y Bruland, K. (eds.), *Technological Revolutions in Europe*, Aldershot.
- FLINN, M.W. (1958), «The Growth of the English Iron Industry 1660-1760», *Economic History Review*, Vol. XI.

- FLORÉN, A. (1994), «Social Organization of Work and Labour Conflicts in Proto-industrial Iron Production in Sweden, Belgium and Russia», en Lis, C., Lucassen, J., y Soly, H. (eds.), *Before the unions. Wage Earners and Collective Actions in Europe, 1300-1850*, Cambridge.
- (1997), «Vallonen som metafor. Reflektioner kring arbete och etnicitet», *Dædalus*.
- (en prensa), *Vallonskt järn industriell utveckling i de södra Nederländerna före industrialiseringen*.
- FLORÉN, A. y RYDÉN, G. (1992), *Arbete, hushåll och region. Tankar om industrialiseringsprocesser och den sveska järnhanteringen*, Uppsala.
- (1996), «A Journey into the Market Society. A Swedish Pre-industrial Spy in the Middle of the Eighteenth Century», en Björk, R. y Molin, K. (eds.), *Societies Made up of History. Essays in Historiography, Intellectual History Professionalisation, Historical Social Theory & Proto-industrialisation*, Uppsala.
- (1997), «Social Organisation of the Swedish Bar Iron Production, 1600-1860», en Rydén (ed.).
- (en prensa), «The Social Organisation of Work at Mines, Furnaces and Forges», en Ågren, M. (ed.), *Ironmaking societies. The development of the Iron Industry in Sweden and Russia, 1600-1900*, Oxford.
- FLOUD, R., y McCLOSKEY, D. (eds.) (1994), *The Economic History of Britain since 1700, Volume 1: 1700-1860*, Cambridge.
- FREMDLING, R. (1991), «The Puddler - a Craftsman's Skill and the Spread of New Technology in Belgium, France and Germany», *The Journal of European Economic History*, vol., 20.
- HAMMERSLEY, G. (1973), «The Charcoal Iron Industry and its Fuel», *Economic History Review*, Vol. XXVI.
- HANSOTTE, G. (1972), *La clouterie liégeoise et la question ouvrière au XVIII<sup>e</sup> siècle*, Bruselas.
- (1974), «La métallurgie Wallonne au XVI<sup>e</sup> et dans la première moitié du XVII<sup>e</sup> siècle», en Kellenbenz, H. (ed.), *Schwerpunkte der Eisengewinnung und Eisenverarbeitung in Europa 1500-1650*, Böhlau Verlag.
- (1977), «Un compte des Fourneaux d'Ansembourg et des Forges de Septfontaines, 1761-1764», *Bulletin Trimestriel de L'institut Archéologique du Luxembourg*.
- (1980), *La métallurgie et le commerce international du fer dans les Pays-Bas autrichiens et la Principauté de Liège pendant la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle*, Bruselas.
- (1984), «Implantation géographique de la métallurgie», en Dorban, M., y Petit, R. (eds.), *Implantations industrielles, mutations des sociétés et du paysage*, Bruselas.
- HARRIS, J.R. (1988), *The British Iron Industry 1700-1850*, Londres.
- HASQUIN, H. (1971), *Une mutation, le pays de Charleroi aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles*, Bruselas.
- HILDEBRAND, K-G. (1958), «Foreign Markets for Swedish Iron in the 18th Century», *The Scandinavian Economic History Review*, Vol. VI, No. 1.
- HILDEBRAND, K-G. (1992), *Swedish Iron in the Seventeenth and Eighteenth Centuries. Export Industry Before the Industrialization*, Estocolmo.
- HYDE, C. (1977), *Technological Change and the British Iron Industry 1700-1870*, Princeton.
- INCE, L. (1991), *The Knight Family and the British Iron Industry 1695-1902*.

- ISACSON, M. (1998), «Bergskollegium och den tidigindustriella järnhanteringen», *Dædalus Tekniska Museets Årsbok*.
- JOHNSON, B.L.C. (1952), «The Foley Partnerships: The Iron Industry at the End of the Charcoal Era», *Economic History Review*, Second Series, VI.
- (1960), «The Midland Iron Industry in the Eighteenth Century. The Background to the Successful Use of coke in Iron Smelting», *Business History*, Vol. 2.
- KAPLAN, H. (1995), *Russian Overseas Commerce with Great Britain. During the Reign of Catherine II*, Filadelfia.
- KARLSSON, P.-A. (1990), *Järnbruken och ståndssamhället. Institutionell och atitydmässig konflikt under Sveriges tidiga industrialisering*, Estocolmo.
- LANDES, D. (1969), *The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge.
- LEBOUTTE, R. (1984), *La grosse forge Wallonne*, Lieja.
- LEJEUNE, J. (1939), *La formation du capitalisme moderne dans la principauté de Liège au XVI<sup>e</sup> siècle*, Lieja.
- LINDQIST, S. (1984), *Technology on Trial. The Introduction of Steam Power Technology into Sweden, 1715-1736*, Uppsala.
- LIS, C., y SOLY, H. (1979), *Poverty and Capitalism in Pre-industrial Europe*, New Jersey.
- MAGNUSSON, G. (ed.) (1995), *The Importance of Ironmaking. Technical Innovation and Social Change*, Estocolmo.
- (1997), «Bergsmän, arbetare, bönder, gruvor, hyttor och oxar. Kring den äldsta industrialiseringen av Sverige», *Dædalus*.
- MOKYR, J. (1976), *Industrialization in the Low Countries 1795-1850*, Yale University Press.
- (1993), «Editor's Introduction: The New Economic History and the Industrial Revolution», en Mokyr, J. (ed.), *The British Industrial Revolution. An Economic Perspective*, Boulders, pp. 16-23.
- (1994), «Technological Change, 1700-1830», en Floud, R., y McCloskey, D. (eds.).
- MOREAUX, P. (ed.) (1974), *La statistique industrielle dans les Pays-Bas autrichiens à l'époque de Marie-Thérèse*, vols. 1-2, Bryssel.
- MORGER, K. (1985), *Skebo Bruk Teknisk och social förändring vid ett järnbruk under 1870-talet*. Norrtälje.
- MOUREAUX, P. y RUWET, J. (1973), «Rester districts, Les Pays-Bas de 1421 à 1794», en Genicot, L. (ed.), *Histoire de la Wallonie*, Toulouse.
- MÜLLER, L. (s. f.), «The Role of the Merchant Network. A Case History of two Swedish Trading Houses, 1650-1800», en Lesger, C. y Nordengraaf, L. (eds.), *Entrepreneurs and Entrepreneurship in Early Modern Times. Merchants and Industrialists within the Orbit of the Dutch Staple Market*, La Haya, Hollandse Historische Reeks 24.
- OGILVIE, S.C. (1996), «Social Institutions and Protoindustrialisation», en Ogilvie, S.C. y Cerman, M. (eds.), *European Proto-industrialization*, Cambridge.
- PAULINYI, A. (1997), «Ironmaking in Slovaquia Before the Industrialisation (16th to 18th Century)», en Rydén, G. (ed.).

- PELHAM, R. A. (1950), «The West Midland Iron Industry and the American Market in the 18th Century», *University of Birmingham Historical Journal*, Vol. II, No. 2.
- RAYBOLD, T.J. (1973), *The Economic Emergence of the Black Country, A Study of the Dudley Estate*, Newton Abbot.
- (1984), «Aristocratic Landowners and the Industrial Revolution: The Black Country Experience c. 1760-1840», *Midland History*, vol. IX.
- RIDEN, P. (1977), «Output of the British Iron Industry Before 1870», en *Economic History Review*, XXX.
- RINMAN, S. (1788-1789), *Bergwerkslexicon*, Estocolmo.
- RYDÉN, G. (1991), *Hammarlag och hushåll. Om relationen mellan smidesarbetet och smedshushållen vid Tore Petrés brukskomplex 1830-1850*, Uppsala.
- (1994), «Gustaf Ekman, Jernkontoret och lancashiresmidet – Ett inlägg i synen på teknisk utveckling», *Polhem. Tidskrift för teknikhistoria*.
- (1997), «Mästersmedernas uttåg? Den sveska Järnhanteringens förändring före götstålets entré», en *Svenskt järn under 2500 år: Från gruvpigor och smedsdrängar till operatörer*, Dædalus, Tekniska Museets Årsbok, Estocolmo.
- (ed.) (1997), *The Social Organisation of the European Industry 1600-1900*, Estocolmo.
- (en prensa), *Production and Work in the British Iron Trade in the Eighteenth Century - A Swedish Perspective*, Uppsala.
- TAMM, A.G. y EKMAN, G. (1833), «Anteckningar öfver Främmande Länders Jernhandtering», *Jernkontorets Annaler, Supplement*.
- The University of Louvain 1425-1975* (1976), Presses Universitaires de Louvain.
- THOMAS, B (1993), *The Industrial Revolution and the Atlantic Economy. Select Essays*, Londres.
- TYLECOTE (1987), *The Early History of Metallurgy in Europe*, Nueva York.
- URIARTE, R. (1992), «Anglo-Spanish Trade Through the Port of Bilbao During the Second Half of the Eighteenth Century: Some Preliminary Findings», *International Journal of Maritime History*, IV, No. 2.
- (1997), «Preindustrial Ironmaking and Social Organisation in the Basque Country», en Rydén, G. (ed.),
- V.V.A.A. (1950), *Birmingham and its Regional Setting. A Scientific Survey*, Birmingham.
- VAN NECK, A. (1979), *Les débuts de la machine à vapeur dans l'industrie belge 1800-1850*, Bruselas.
- VON TUNZELMAN, G. N. (1978), *Steam Power and British Industrialization to 1860*, Oxford.
- WISE, M.J. y JOHNSON, B.L.C. (1950), «The Changing Regional Pattern During the Eighteenth Century», en V.V.A.A.
- WORONOFF, D. (1984), *L'industrie sidérurgique en France pendant la révolution et l'empire*, Paris.
- WRIGLEY, E. A. (1988), *Continuity, Chance and Change. The Character of the Industrial Revolution in England*, Cambridge.



*Technological Similarities and Social Diversity. Markets, Workplaces and Technological Change in the European Iron Industry 1600-1850*

ABSTRACT

*This article deals with technological change within the European iron industry during early industrialisation. This could be studied from a narrow perspective focusing on new technological «artefact» brought into use during the period. In this study a more wide approach has instead been preferred. We have enlarged the discussion on technological change in two directions. Firstly we have dealt with the problem in the broader framework of the socio-political setting. We are comparing the development of different European regions using basically the same technology but differing in social and political structures. Secondly we deal with technological change in connection with development on the international market for bar iron and ways of organising work on the shopfloor level. We are thus trying to connect analysis of technological change with the development of the market, work related power structures and the socio-political level. Our study is based on research from the Low Countries, Britain, Sweden and Russia.*

