CAPÍTULO 11

DE LA FERRERÍA AL ALTO HORNO: EL CAMBIO TÉCNICO EN LA SIDERURGIA ESPAÑOLA (1650-1822)[1]

I. LA ADOPCIÓN DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA EN LA FABRICACIÓN DEL HIERRO

En términos generales, se ha admitido que la energía hidráulica se utilizaba en España desde principios del siglo XIV (y posiblemente incluso cincuenta años antes) para accionar los fuelles y los grandes martillos de las ferrerías. El hierro obtenido en los hornos bajos de las ferrerías era posteriormente trabajado en otro lugar y martillado a mano en una fragua para convertirlo en barras o herramientas. Hacia 1550 los martillos hidráulicos también se utilizaban para transformar el hierro bruto en barras o herramientas. Este nuevo martinete hidráulico era mucho más pequeño que los de las ferrerías. Este invento ya era conocido en los Países Bajos en el año 1525. Anteriormente, en 1514, un italiano llamado Juan Tomás Fabricario había recibido una patente real para importar a España *un martillo de agua*, pero fue impugnada por Marcos Zumalabe, ciudadano de una de las villas vizcaínas, quien en 1525 afirmó que ya había desarrollado un martillo similar para trabajar el cobre y el hierro[2]. Un segundo martinete se construyó en la

[1] Traducción de «From the Bloomery to the Blast-furnace: Technical Change in Spain Iron-making (1650-1822)», *Journal of European Economic History*, XVII (1), 1988, pp. 7-31.

[2] ITURRIZA (1967), 1, p. 109 nota.

misma ciudad en 1549[3] y hay dos referencias más al uso de martinetes que datan de 1540[4]. En 1550 los martinetes hidráulicos ya se utilizaban ampliamente en Guipúzcoa[5], mientras que recientes hallazgos de archivos confirman que las «ferrerías genovesas» (martinetes) estaban aumentando rápidamente en la región comprendida entre las provincias de Vizcaya y Álava entre los años 1564-65[6]. Todo parece indicar que los martinetes hidráulicos se conocían en España a comienzos del siglo XVI y que su uso, tal y como en el resto de Europa, se generalizó a mediados de siglo. Todo apunta a que la invención procedía de Italia, y, más concretamente, de Génova.

Desde el punto de vista técnico, el martinete puede considerarse una evolución de los grandes martillos de forja convencionales, que fue posible gracias al empleo de la energía hidráulica. La velocidad con la que el martinete podía golpear el yunque era mucho mayor que la del mazo convencional de la ferrería porque contaba con hasta un 50 por 100 más de levas, mientras que la rueda más grande (conocida como *rueda mayor)* también hacía funcionar el fuelle, aunque la cabeza del martinete pesaba, por supuesto, mucho menos que el mazo convencional de la ferrería. ¿Para qué se utilizaba? Las fuentes de principios del siglo XVII muestran que los martinetes se utilizaban principalmente para trabajar grandes piezas de hierro de las grandes ferrerías mayores y transformarlas en barras más pequeñas, hierro plano, clavos, palancas, etc.[7][8]. Anteriormente, esto se había hecho totalmente a mano, por lo que la introducción del martinete aumentó en gran medida la productividad de los trabajadores del hierro[9]. Una vez adoptado el martinete, todo el proceso de fabricación de barras de hierro se llevó a cabo

---

[3] Heros (1926), p. 492. Poco antes, en 1542, los monjes de la Abadía de Cenarruza (Vizcaya) obtuvieron permiso para construir una presa que abasteciera a la ferrería menor de Oroncue. ADV, Archivo de la Colegiata de Santa María de Cenarruza, Libro Becerro 2, fol. 11. Este documento no solo ilustra que las ferrerías utilizaban fuelles accionados por molinos de agua, sino que contiene la primera referencia explícita a una «forja menor».

[4] «Es fama, que desde el año de 1540 se pusieron las herrerías a la genovesa, de la forma que ahora [1693] labran y que antes servía el agua no con tanto ingenio». Henao (1894), II, p. 105 nota. Un manuscrito de finales del siglo XVIII repite palabra por palabra la descripción publicada por Henao: «en el año 1540 se pusieron las ferrerías con Rueda mayor y martinete a la genovesa, habiéndose aumentado considerablemente con esta nueva máquina su número y el de los quintales que cada una labraba». AHN, Consejos suprimidos, leg. 3068, núm. 2.

[5] Uriarte (1988); Carrión (1987).

[6] Según un texto de 1570-71, «… que el dicho Pedro de Novia aya de dar la dicha ferrería como está suso dicho, a la genobesa como al presente se usan e andan las ferrerias de seis años poco mas o menos a esta parte». Vázquez de Prada (1973), p. 666.

[7] Cipolla (1966), pp. 38-41.

[8] Las ferrerías menores «que llaman martinetes, y andan con agua, a donde se achica el fierro grande, y se hace el sutil o platineta, y los arcos de fierro, clavazón, palanquetas, porras, mazos y otras casas menudas con mucha perfección». Isasti (1850), p. 158.

[9] «Las herrerías menores como V.S. habra advertido se incroducieror pa ayuda de los oficiales de nra tierra pr. antes a brazos les costtava y gran travajo cortar y traher el fierro que eso[es] como sale de las herrerías mayores, ha [al] estado q. con el pudieran hacer las obras de

utilizando la fuerza hidráulica, y una de las razones de ello radicó casi con toda seguridad en los intentos de los maestros ferrones por responder al aumento de la demanda, los precios y los salarios a lo largo del siglo XVI. La expansión agrícola y la conquista de las Américas habían provocado un aumento de la demanda de carros, clavos, anclas, cadenas y armas, mientras que la *Recopilación de las Indias* (Ley 51, sección 26, art. 3) había otorgado a los herreros españoles el monopolio de los mercados de las Indias y había prohibido la importación de hierro o de artículos de hierro procedentes de Lieja.

Esta transformación técnica coincidió con la expansión de la fabricación de hierro en las provincias vascas en el periodo comprendido entre 1500 y 1566. A partir de entonces, el progreso se hizo más difícil, principalmente a causa de las guerras de religión y la revuelta de los Países Bajos. Parece que hubo cierto respiro en vísperas de la Gran Armada (1588), pero su derrota dificultó aún más la vida del comercio español en el norte de Europa a partir de dicho momento. Este hecho afectó negativamente a la producción de hierro en las provincias vascas y marcó el inicio de un prolongado periodo de recesión[10].

II. LOS PRIMEROS ALTOS HORNOS: RESISTENCIA A LA INNOVACIÓN EN EL MÉTODO DIRECTO DE FABRICACIÓN DEL HIERRO Y EN LA PRODUCCIÓN DE HIERRO LIGERO Y LA INFLUENCIA DE ITALIA Y FLANDES

Hasta el siglo XV, la siderurgia española evolucionó técnicamente de forma similar a la de otros países europeos, con la diferencia de que el método directo se conservó durante más tiempo. El hierro colado producido en los altos hornos debía hacerse maleable con posterioridad mediante refinado. No obstante, como también podía ser utilizado para fabricar cañones y balas de cañón, su importancia militar era considerable. Ya en 1536, se fabricaban en España balas de hierro colado, probablemente en una ferrería u horno menor de cuba en Eugui, en el reino de Navarra, aunque a un coste mucho más elevado que las importadas de Italia. Sin embargo, como consecuencia de la guerra del Atlántico, a partir de 1588 se intentó construir un nuevo establecimiento más cerca del mar para reducir los elevados costes de transporte. A pesar de estas iniciativas, se siguieron realizando inversiones en Eugui, donde, a finales de siglo, no solo se fabricaban proyectiles de hierro colado, sino también armaduras. Para producir un quintal

---

qualqra suerte que fuesen…». Carta fechada el 11 de abril de 1619. RAH, col. Vargas Ponce, vol. 20. fol. 129.

[10] Bilbao (1972). Hansotte (1972), p. 32, se refiere a «la eliminación de la competencia vascongada tras la derrota de la Armada».

de proyectiles, el horno principal necesitaba tres quintales de mineral y 2,1 cargas de carbón vegetal, mientras que las balas también se producían a partir de una segunda fundición en un horno más pequeño. Los proyectiles se enviaban después a Fuenterrabía, en la costa de Guipúzcoa. Al menos, una parte de la mano de obra era local, pero cuando se trataba de fabricar corazas y cascos ligeros era necesario buscar trabajadores cualificados en Milán. Esto sugiere que la productividad de los trabajadores locales era baja y el coste de sus productos elevado. En Italia se producían cuatro cascos por trabajador, el doble que los trabajadores españoles, mientras que estos últimos utilizaban mucho más carbón vegetal: «para que aprendan más fácilmente es necesario que vean [cómo trabajan los italianos]». En 1601 llegaron cinco «armeros» milaneses, pero a pesar de su ayuda la producción no mejoró y los productos siguieron siendo caros. Sin embargo, esto no se debía únicamente a las deficiencias de los trabajadores, ya que las materias primas también debían transportarse a la fundición desde Guipúzcoa. Para superar este inconveniente, la producción de armaduras se trasladó a Guipúzcoa, pero la fábrica de Eugui seguía produciendo proyectiles en 1617, aunque tras la muerte de los artesanos milaneses nadie era capaz de fundir proyectiles con éxito. En 1637 se volvieron a producir balas en Eugui, pero al año siguiente parece que se abandonó el establecimiento en favor de los de Liérganes-La Cavada y de Molina de Aragón[11], lo que marcó el fin de la influencia italiana en la fundición de metales en España.

Desde finales del siglo XVI, los principales centros de producción de hierro y acero de Europa se encontraban en los Países Bajos y en Alemania. En 1603, un grupo de Lieja intentó fabricar cañones de hierro colado en España, pero sin éxito. Poco después, un empleado vasco del rey de España en los Países Bajos llamado Ortuño de Ugarte informaba de que, en colaboración con un tal Jean Curtius, había examinado las «máquinas de agua y las fraguas del dicho condado de Lieja, y entre ellas hemos notado varias que se adecuaban perfectamente a las necesidades del reino de España. Una de ellas es una máquina que sacará, reducirá y luego cortará el hierro en barras grandes o pequeñas con gran velocidad. Estamos convencidos de que de esta manera dos hombres pueden hacer más en veinticuatro horas de lo que pueden hacer cien en nuestras propias tierras… La otra máquina extrae el hierro y el cobre por medio de alambres de una manera que resulta altamente desconocida en nuestras piezas…». El informe continuaba afirmando que estas y otras máquinas permitían a los enemigos del rey exportar productos de hierro que encontraban un mercado preparado en Suecia y Portugal, y que «envían cargamentos enteros a las Indias por medio

[11] Carrasco y Sáiz (1889), pp. 219, 226, 222, 223, 227, 228, 229 y 230.

de sus agentes, ya que gracias a dichas máquinas pueden producirlos a un coste mucho menor que los habitantes de España»[12].

La «nueva maquinaria» que se estaba describiendo era una fandería. En 1590, un alemán había recibido permiso del rey para construir en Vizcaya una máquina que cortara barras de metal[13], pero las autoridades provinciales se mostraron hostiles. Los esfuerzos de Ugarte y Curtius, a los que se unieron los de un tal Juan Bautista de Ararrazabal, no tuvieron mayor éxito. La primera referencia a algo parecido a una fandería en Zumaya (Guipúzcoa) data de 1626[14], pero también fue prohibida por las autoridades provinciales por contravenir las leyes contra la creación de monopolios. Anteriormente, en 1590, habían argumentado que, si se permitía el funcionamiento de la máquina, daría lugar a un elevado desempleo entre los artesanos de esta industria.

Otros intentos de modernización también se produjeron en este periodo, y en 1618 el gobierno del Señorío de Vizcaya prohibió el uso del carbón mineral y su extracción y la importación de carbón de ultramar, alegando que esto perjudicaría el crecimiento de los bosques[15]. Un destino similar aguardaba a los intentos de sustituir los fuelles de cuero por tubos utilizados para introducir aire en el horno de hierro (trompas eólicas). En 1633, un indiano llamado Pablo Antonio de Rivadeneyra, que había trabajado en Perú, recibió del rey una concesión de cincuenta años para construir trompas eólicas, que afirmaba haber inventado, con el fin de fundir todo tipo de minerales en hornos ventilados por aire forzado a través de agua contenida en recipientes de madera[16]. Rivadeneyra vendió la mitad de la concesión a un funcionario real del valle vizcaíno de Gordejuela llamado Antonio de Salazar, quien a su vez la vendió a los obreros de la ferrería local y a las autoridades provinciales. El propio Antonio de Salazar era propietario de una ferrería mayor e intentó utilizar en ella una trompa eólica[17], y muchos otros maestros ferrones vecinos también intentaron imitar la innovación hacia 1638, aunque sin éxito. Para funcionar, las trompas necesitaban una buena conducción de agua y, en términos generales, las ferrerías vizcaínas solo tenían presas de poca altura. Pero las fuentes también sugieren que el consumo de carbón vegetal era mucho mayor que con los fuelles de cuero convencionales. A pesar de estos problemas, que ya eran evidentes en 1641, los propietarios de las ferrerías decidieron enviar una delegación a Génova para estudiar los procesos de fabrica-

---

[12] Bruselas, 30 junio 1613. Van de Casteele (1885), pp. 417-8.

[13] Sagarminaga y Areitio (1928), iii, p. 67.

[14] En su *Compendio,* que fue escrito hacia 1626, Isasti (1850), p. 235, cuenta que en Oiquina hubo una fandería «particular ingenio para tirar el fierro, invencion de Flamencos, del doctor Ubillos».

[15] Sagarminaga (1892), i, p. 346.

[16] ACJG, Escrituras del Señorío de Vizcaya, reg. 2, núm. 2.

[17] *Ibid.*, reg. 3, núm. 2.

ción del hierro con vistas a importarlos al País Vasco. Pero esta fue la última ocasión en la que se consideró a Italia como el modelo a imitar. En el siglo XVIII todavía existían algunas trompas que abastecían a las ferrerías más sencillas, pero la mayoría utilizaban fuelles de cuero y, a diferencia de Cataluña, la trompa no gozaba de gran aceptación[18].

Curtius tuvo más suerte con la introducción de altos hornos, pero no en la región vasca. En 1592, la provincia de Guipúzcoa intentó contratar a un extranjero llamado Juan Andrea Rodri para establecer una fundición para fabricar artillería de hierro colado, balas y pólvora[19], pero Jean Curtius, de Lieja, fue el primero en instalar los nuevos altos hornos que se estaban desarrollando en el norte de Europa en Liérganes, en la provincia de Santander, donde en 1628 ya estaban funcionando dos y se encargaban de la producción de armas. Hacia 1637 se construyeron otros dos altos hornos en La Cavada, cerca de Liérganes[20]. En 1640 se proyectaron otros altos hornos para fundir balas en Molina de Aragón, que entraron en producción dos años más tarde. Estos últimos se mantuvieron activos hasta la época de las guerras contra Luis XIV, mientras que los altos hornos de Liérganes y La Cavada siguieron produciendo cañones y proyectiles para el ejército y la armada españoles hasta finales del siglo XIX. Tanto en Liérganes como en Molina de Aragón, la mano de obra procedía de Flandes[21] y los establecimientos pudieron sobrevivir gracias a los contratos estatales.

¿Por qué las innovaciones que tuvieron lugar en Liérganes-La Cavada y Molina de Aragón no se adoptaron en otras partes de España y, especialmente, en el País Vasco? No fue porque la gente no estuviera al tanto de los avances. Ortuño, por ejemplo, era vasco y vivió en Vizcaya durante gran parte de su vida y poseía fincas allí, mientras que la fundición de Santander estaba a menos de cien kilómetros y adquiría la mayor parte de sus minerales en bruto en el País Vasco. El principal factor que determinó la no adopción de los nuevos altos hornos fue, sin embargo, la calidad de los minerales, y los mejores procedían de Somorrostro (Vizcaya) que abastecía a la mayoría de las ferrerías del norte de España. Sin embargo, según lo expresado por un extranjero que visitó las ferrerías vascas en 1670: «No son altos hornos, ya que el mineral se funde con facilidad»[22]. El mineral no necesitaba calentarse a temperaturas muy elevadas para hacerse maleable, por lo que no había necesidad de utilizar altos hornos.

---

[18] Labayru (1968), v, p. 313. Sobre Cataluña, véase Maluquer de Motes (1984), p. 22.
[19] RJGG, 1592, pp. 33-4.
[20] Alcalá-Zamora (1974), pp. 85-7.
[21] *Ibid.*, pp. 89-90.
[22] Historical Metallurgy Group of the Swedish Ironmaster's Association, ed. (l982), p. 170.

Sin embargo, la hostilidad al uso del carbón mineral para alimentar las fraguas y la no adopción de las fanderías, cuando permitían una mayor productividad, tenían su origen en factores sociales. No solo en el País Vasco, sino en todo el norte de España, la venta de madera para la fabricación de carbón vegetal proporcionaba importantes ingresos a las comunidades locales y a los pequeños terratenientes. Los mismos pequeños propietarios eran a menudo propietarios de ferrerías y también formaban parte de las asambleas locales y provinciales encargadas de redactar las leyes y reglamentos provinciales. Dado que ya existían grandes problemas de deforestación, parece probable que los intereses que estaban en juego en la economía forestal se mostraran reacios a aumentar la competencia al carbón vegetal, que fácilmente podría verse completamente desplazado, algo que ya había ocurrido en la región de Lieja como muchos sin duda sabían.

A finales del siglo XVI también creció la preocupación sobre el elevadísimo precio de los cereales con respecto a otros productos, y especialmente los de ferretería, mientras que en 1619 también se citaba la competencia de Lieja como un problema importante que amenazaba con privar a los productores vascos de barras de hierro de sus mercados tradicionales[23]. Se trataba de problemas típicos de un modelo «maltusiano» de desarrollo. La incapacidad de aumentar la producción de alimentos a un ritmo comparable al del crecimiento demográfico hizo que los precios de los alimentos subieran más que los de otros productos. La subida de los precios de los alimentos obligó a un mayor número de personas a dedicar una mayor parte de sus ingresos a las necesidades de subsistencia, con la correspondiente disminución de la demanda de otros bienes, especialmente de productos manufacturados. Pero esto significaba que, en el mismo momento en que la demanda de productos manufacturados disminuía, sus precios también subían bajo la presión de unos salarios más altos, que a su vez eran consecuencia del aumento de los precios de los alimentos. Para encontrar compradores, los productores de productos artesanales tuvieron que bajar sus precios o, al menos, asegurarse de que sus incrementos de precios se mantuvieran por debajo de los de los alimentos. Esto podía lograrse bien bajando los salarios, bien mejorando la productividad.

Por esta razón, el debate sobre si los salarios españoles seguían el mismo patrón que los de otros países europeos en este periodo se ha desarrollado a menudo en un contexto equivocado, ya que la evolución de los salarios en los oficios del hierro debe compararse primero con lo que ocurría en otras ocupaciones, incluida la agricultura, así como con grupos comparables en el extranjero. Las fuentes castellanas de principios del siglo XVII muestran que los salarios de los

[23] Labayru (1968), V, p. 106; Sagarmínaga (1892), I, p. 352; RAH, Colección Vargas Ponce, vol. 20, fols. 129-30 y 144-5; RJGG, 1623, p. 44.

trabajadores manufactureros y artesanos eran elevados en comparación con otros países porque escaseaban. Sin embargo, las consecuencias de una mano de obra relativamente costosa variaban según la naturaleza del producto. En los casos en que los elevados costes laborales eran el principal factor determinante de los precios, los productos españoles solían ser poco competitivos y exorbitantemente caros. Sin embargo, cuando el coste de las materias primas también era elevado, existía la posibilidad de desarrollo. A principios del siglo XVII, Sancho de Moncada intentó establecer una lista de productos según el grado en que su precio estaba determinado por el coste de la mano de obra y de los materiales. En el caso de la seda, las proporciones eran mitad y mitad, mientras que, para los artículos de lana, lino, cáñamo, hierro y algodón, así como para los tejidos de fantasía de oro y plata, el coste se derivaba de una parte del coste de la materia prima y de diez a doce partes de costes de la mano de obra y fabricación. Un último grupo lo formaban las producciones en las que los costes de material eran insignificantes y el precio venía determinado en su totalidad por los insumos de mano de obra y habilidad (por ejemplo, papel, pintura, objetos de madera esculpida, etc.), razón por la cual eran difíciles de producir en España[24].

El desarrollo posterior de las manufacturas españolas sugiere que Moncada estaba en lo cierto. La fabricación de seda siguió creciendo, mientras que la producción de lana disminuyó, a pesar de que había abundantes suministros de materias primas para ambas. La producción de metales pesados sobrevivió, mientras que las industrias siderúrgicas más ligeras, en las que el grado de valor añadido era mayor, declinaron.

Si aceptamos el argumento de Moncada, por tanto, no habría sido posible ajustarse a las nuevas condiciones del mercado bajando los salarios. La única salida era mejorar la productividad adoptando métodos como el que, como habían señalado Ortuño y Curtius sin rodeos, permitiría a dos hombres producir en veinticuatro horas la misma cantidad que hubieran podido hacer cien personas con los métodos tradicionales de las provincias vascas. Una vez más, la experiencia de Lieja es instructiva. La región de Lieja solo pudo hacer frente a la crisis de 1566 y seguir abasteciendo a los Países Bajos de clavos metálicos a precios competitivos a escala internacional gracias a sus fanderías. La exportación de clavos mantuvo alta la demanda de hierro en barras, y mantuvo en plena producción los altos hornos y los talleres de acabado de Habay[25]. Pero, como hemos visto, este no fue el camino seguido por los productores de hierro y metales ligeros en España, ni tampoco por la mayoría de los sectores artesanales de la Península.

---

[24] MONCADA (1974), p. 110.
[25] HANSOTTE (1972), pp. 32-3.

Durante los periodos de depresión y recesión económica, la competencia internacional se hizo aún más feroz. En esta situación, el alto nivel de los salarios de los artesanos habría colocado a los productores españoles en una situación de especial desventaja, incluso si hubieran disfrutado de niveles de desarrollo técnico comparables a los de sus competidores extranjeros, que no fue el caso. La única solución era el proteccionismo y tratar de crear un sistema eficaz para evitar el contrabando. En el caso de la industria del hierro, esto provocó el colapso de la producción de hierro y manufacturas metálicas, que dependía de elevados insumos de mano de obra, y las únicas industrias ligeras que sobrevivieron (como la industria de armas de fuego de Guipúzcoa) fueron las que estaban estrechamente vinculadas a la demanda estatal. La producción de hierro bruto también se vio amenazada, pero no desapareció gracias a la excelente calidad de los minerales de hierro españoles y a la abundancia de bosques, así como a ciertas medidas de protección relativas a las colonias (como la adoptada el 22 de noviembre de 1621). Pero la razón principal fue que, en este caso, el coste de las materias primas superó con creces al de la mano de obra, como se desprende del cuadro 11.1.

CUADRO 11.1. *Dos estimaciones del coste de producción de un quintal (73,8 kg) de hierro producido en Guipúzcoa hacia 1670*

	Reales	*%*	*Reales*	*%*
Minerales	9	37,50	7,5	28,30
Madera	1	4,16	0,5	1,88
Carbón vegetal	6	25,00	10,5	39,62
Salarios por quintal	4	16,66	3,5	13,20
Alquileres por quintal	2	8,33	2,0	7,54
Gastos generales	2	8,33	2,5	9,43
	24		26,5	

No se indica el tipo de ferrería utilizada, pero las cifras se refieren probablemente a dos grandes ferrerías.
Fuente: HISTORICAL METALLURGY GROUP OF THE SWEDISH IRONMASTER'S ASSOCIATION, ed. (1982), pp. 162 y 172.

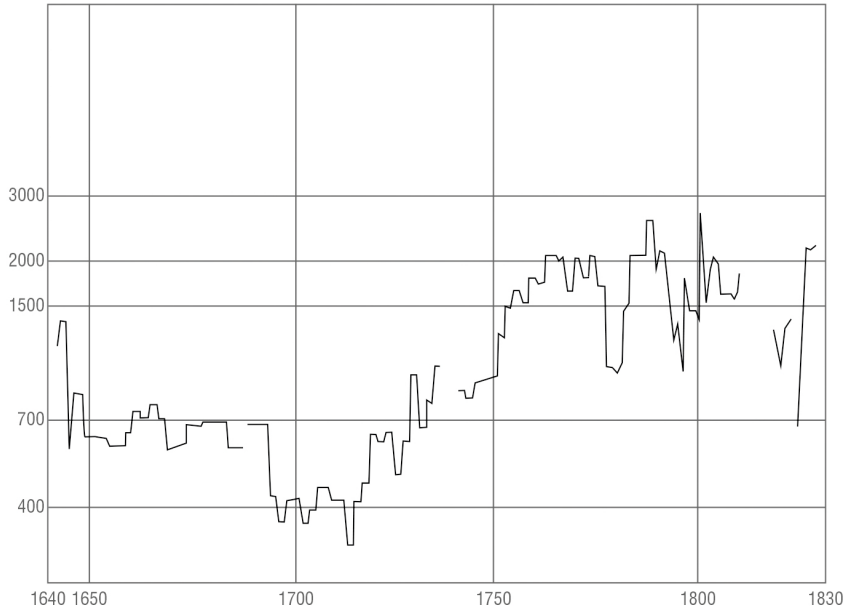
III. LA NUEVA FERRERÍA: «LA TIRADERA»

Una fuente inestimable para medir la evolución de la producción de hierro en el norte de España a partir de 1640 son los registros de la hacienda sobre el impuesto sobre el mineral de hierro exportado desde

Vizcaya, que era el principal proveedor de las ferrerías de Guipúzcoa, Santander y Asturias, así como de Galicia y Navarra. Las cifras de recaudación fiscal (basadas en una cantidad fija por quintal) muestran que la recesión alcanzó su punto más bajo entre finales del siglo XVII y principios del XVIII (véase el Gráfico 11.1). Fue en esos mismos años cuando también se produjeron importantes cambios en la estructura de las ferrerías, aunque estos no modificaron por completo el proceso de fabricación del hierro.

En el siglo XVII existían dos tipos de establecimientos. Los primeros eran conocidos como mayores por su tamaño y se utilizaban para convertir el mineral en hierro bruto (tochos) y después en lingotes de hierro dulce (ferrerías).

GRÁFICO 11.1 *Impuestos recaudados por la exportación de mineral de hierro de Vizcaya a Guipúzcoa, Navarra, Santander, Asturias y Galicia (miles de maravedís)*



Las segundas eran mucho más pequeñas y se llamaban *minores* o *sotiles* y era aquí donde los lingotes se convertían en barras. En las primeras trabajaban cuatro operarios —un tirador, dos fundidores y un aprestador— y en las segundas solo dos: un calentador y un tirador (el primero calentaba los lingotes mientras que el segundo trabajaba

el metal con el martinete para convertirlo en barras más pequeñas). Ya en 1652 se observó, sin embargo, que muchas de las ferrerías más pequeñas producían también hierro en bruto a partir de minerales y lo convertían en lingotes y barras,[26] lo que indica que se estaba intentando integrar los dos procesos de fundición y trabajo del hierro en un único establecimiento. Poco después, parece que muchas de las ferrerías mayores empezaron también a producir su propio hierro en barras sin utilizar las forjas más pequeñas, aunque las barras seguían siendo generalmente más grandes y pesadas. Las ferrerías que llevaron a cabo este experimento se conocían como *cearrolas,* pero los resultados no fueron satisfactorios y, poco después, se produjo un nuevo cambio cuando se construyeron nuevas ferrerías con un nuevo horno catalán más pequeño que producía la colada de hierro a partir de mineral y luego lo trabajaba en barras. Los nuevos establecimientos (tiraderas) producían un hierro de mejor calidad[27] y su desarrollo puede establecerse claramente a partir de fuentes muy diversas. Hacia 1750, la diferencia entre los establecimientos convencionales «grandes» y «pequeños» había desaparecido casi por completo, mientras que otro cambio provino de la introducción de martinetes aún más ligeros que permitieron producir artículos de mejor calidad y más finos como clavos y efectos navales[28].

Del estudio detallado de los 52 establecimientos que funcionaban tanto en 1752 como en 1643 se desprende que las 52 ferrerías (*tiraderas)* que funcionaban en 1752 eran el resultado de la modificación de los 72 establecimientos que funcionaban en 1643 (39 de los cuales eran ferrerías mayores y 33 ferrerías menores). Se calcula que las 52 ferrerías (tiraderas) que funcionaban en 1752 producían 2 461 toneladas de hierro en barras al año, es decir, 47,3 toneladas por centro. Cada ferrería empleaba a cuatro obreros. Suponiendo que los 39 estableci-

---

[26] ADV*,* Libro de Decretos 1645 a 57, fols. 190v y 191.

[27] Villarreal de Berriz (1973), p. 48. Esta es la referencia más clara: «pero desde fines del Siglo pasado dieron en ponerlas mayores, a las que llaman C*ear-olas,* que funden, y tiran, sin valerse de las Herrerias menores, labrando un hierro muy gruesso, de dos arrobas y media [28,75 k], y mas cada barra; y aun todavia [c. 1736] ay algunas Herrerias de estas; pero las mas se han reducido a Herrerias menores, en que hacen fundiciones de cinco arrobas [57,5 k] y tiran las barras de buena proporcion, porque siendo los mazos menores, que en Cear-olas, y todo no tan torpe, ni fuerte, se hace todo con mas curiosidad: y el aver dexado el antiguo modo de labrar tocho, ha sido porque el hierro no era tan bueno, y después que se ha establecido esta forma es mejor el hierro: a estas Herrerias llaman Tiraderas». En Guizpúzcoa este proceso había comenzado antes de 1670, pero las referencias no son muy abundantes. Se mencionan ferrerías que utilizaban dos hogares abiertos —refiriéndose probablemente a fraguas grandes y pequeñas— y otras que estaban dotadas de un solo hogar, es decir, la tradicional fragua pequeña. En estas últimas, la producción estaba limitada porque «fundían de noche y forjaban de día». Historical Metallurgy Group of the Swedish Ironmaster's Association, ed. (l982), p. 170.

[28] Con referencia a los martinetes de Guizpúzcoa en 1752: «En ellos se trabajan clavos, pernos, rejaduras, cavilla, planchuela y otros géneros de fierros». Archivo Municipal de Hernani*,* sección C, neg. 5 III, libro 4, Agradezco a R. Uriarte la documentación.

mientos grandes y los 33 pequeños que funcionaban en 1643 tuvieran la misma capacidad, habrían convertido en barras, con cierta pérdida de peso, 1 844,7 t de hierro.[29] Los contratos que se conservan muestran que las ferrerías mayores vizcaínas empleaban a cuatro hombres cada una, mientras que en las forjas más pequeñas solo había dos trabajadores. Para producir 1 844,7 t de hierro en barras en 1643 se necesitaban 222 obreros (39 x 4 + 33 x 2), lo que da una producción de 8,3 toneladas *per cápita*, mientras que los 208 obreros empleados en 1752 (52 x 4) producían 11,8 toneladas de media cada uno.

Las nuevas ferrerías (tiraderas) utilizaban carbón vegetal en igual o menor cantidad. Las fuentes para el siglo XVII no son abundantes, pero sabemos que el hierro producido en las grandes ferrerías debía recalentarse en las forjas de menor tamaño. Los textos de principios del siglo XVII sugieren que se necesitaban entre 106 y 106,25 quintales de lingotes de hierro dulce y 42 cargas de carbón vegetal para producir 100 quintales de hierro en barras. Es probable que el consumo de carbón vegetal se redujera gracias a la integración de ambos procesos en las nuevas ferrerías (*tiraderas)*.

Las nuevas ferrerías no solo redujeron la necesidad de capital variable, sino que también disminuyeron las necesidades de capital fijo. A partir de la muestra que hemos tomado, las necesidades de capital tanto de los 39 establecimientos más grandes como de los 33 más pequeños en 1643 eran prácticamente las mismas, tanto en términos de edificios como de equipamiento (39 martillos grandes y 33 martinetes). Con la reducción del número de centros de 72 a 52 entre 1643 y 1752 se redujeron las necesidades de edificios, suministros de agua y martillos. Como consecuencia, también disminuyeron los gastos generales y de gestión, a pesar de que la maquinaria de madera se averiaba con frecuencia. Un esfuerzo similar por economizar en la inversión de capital se puso de manifiesto en la disminución del número de presas y embalses de agua que se construyeron y en su coste decreciente. En la época en que se construían las nuevas ferrerías también se empezó a utilizar un nuevo método de construcción de presas. Anteriormente, las presas de gravedad se construían con piedra y cal[30], y era esencial que la base de la presa fuera mayor que su altura para soportar el peso del agua que contenía y permitir las inundaciones. El coste de los materiales y de la mano de obra era muy elevado, y además era necesario

[29] Existen cifras detalladas de la producción de dos ferrerías (tiraderas) durante el siglo XVII. Estas sugieren que en el período comprendido entre 1613 y 1617 una pequeña ferrería podía producir 48,3 tm de hierro dulce al año, mientras que una gran ferrería producía 51,6 tm al año en el período comprendido entre 1680 y 1683. Esto sugiere una media de unas 47 tm al año para las grandes fundiciones en 1643. ADV, Corregimiento, leg. 579 (7), y Teniente Corregimiento, leg. 402 (12).

[30] También se construyeron presas de madera en ríos pequeños y donde el lecho del río era de arena.

cubrir la parte superior de la presa con tablones de madera. Las nuevas presas de arco suprimían la necesidad de madera, eran más resistentes, requerían menos mano de obra para su construcción y, en consecuencia, resultaban mucho más baratas[31].

IV. EXPANSIÓN Y ESTANCAMIENTO TÉCNICO DURANTE EL SIGLO XVIII

Los cambios en la forja no transformaron la fabricación del hierro en España, pero el advenimiento de la dinastía borbónica dio un nuevo impulso a los intentos que había realizado Carlos II a finales del siglo XVII para reactivar la expansión industrial. Como indica la reorganización de las ferrerías del norte de España, estos avances se produjeron principalmente en el sector privado de la industria del hierro, aunque hubo un intento de establecer una fábrica estatal de hojalata en Ronda[32]. Como en todos los demás intentos de modernizar las manufacturas españolas a lo largo del siglo XVIII, los técnicos para la nueva fábrica procedían del extranjero y el motivo principal de la iniciativa era reducir las importaciones de productos manufacturados para disminuir la pérdida de moneda de oro y plata. En diciembre de 1725, un ciudadano suizo llamado Pedro Enrique Meuron propuso al rey establecer una fundición de hojalata en Ronda para reducir la necesidad de importaciones desde Alemania. En 1726 se constituyó una sociedad privada y se importó mano de obra cualificada de Alemania (16 artesanos y sus familias). La primera plancha de hojalata se fabricó en 1731, pero a pesar de los privilegios concedidos por el rey, la fábrica no tuvo éxito y se dedicó principalmente a la producción de hierro común. Había un horno —horno grande de fundición— para producir el arrabio con el que se fabricaba la hojalata, y también se fundían proyectiles y balas de cañón. Hacia 1762 se produjeron más cambios y se intentó imitar el método inglés de fabricación de acero, pero tampoco se consiguió[33]. No obstante, se avanzó en otras direcciones y el hierro colado producido en Ronda era de buena calidad y encontró un mercado fácil al menos antes de la década de 1780.

---

[31] Villareal insiste a este respecto: «hallo ser mas seguras, firmes, y de menos coste las de arco, como se demostrará», «las de arco tienen mucho menos coste por ser pocos los macizos de mampostería, y escusarse madera, y tabla: y la firmeza, quien entendiere de obras, conocerá es mayor sin comparación». El mismo autor afirma que él y otros construían presas de arcos a principios del siglo XVIII. VILLARREAL DE BERRIZ (1973) pp. 8, 13, 14 y 16.

[32] AGS, SSH, leg. 794.

[33] Existen registros de ventas para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 1743 y el 22 de julio de 1744, que muestran que los artículos de estaño supusieron el 5,34 por 100 del total y el hierro en barras el 62 por 100. AGS, SSH, leg. 794.

Pero la adopción de la nueva ferrería en el País Vasco marcó el final, no el principio, de una nueva fase de desarrollo tecnológico. Inicialmente, el crecimiento demográfico, la expansión agrícola y la reconstrucción de la armada española contribuyeron al aumento de la demanda de productos de hierro durante las tres primeras cuartas partes del siglo. La mejora de la calidad del hierro en barras que se producía en las nuevas ferrerías también permitió que el hierro vasco recuperara algunos de los mercados extranjeros que se habían perdido durante la segunda mitad del siglo XVII, y, en particular, el mercado inglés[34].

Como consecuencia, la producción se reactivó y desde los bajos niveles de los primeros años del siglo la producción se había quintuplicado en la década de 1760. Pero en esa misma década, el hierro en barras vasco sufrió la fuerte competencia de los productos suecos y asimismo empezó a perder sus mercados de ultramar. Estos últimos se vieron compensados en parte por la demanda colonial, aunque esta no había sido muy dinámica en la primera mitad del siglo. Entre 1760 y 1790, más de un tercio de la producción total de hierro del País Vasco se destinó a las colonias, donde su venta se vio facilitada por las nuevas medidas proteccionistas introducidas en 1776. Pero el retorno a los mercados protegidos también reflejaba el hecho de que el hierro en barras vasco se había encarecido mucho debido al aumento del coste del carbón vegetal. Como puede verse en el Gráfico 11.2, los precios del carbón vegetal superaron rápidamente a los de las barras de hierro a partir de 1765, y mientras los primeros subieron bruscamente, los segundos cayeron. El fuerte aumento de la producción de hierro a principios de siglo, junto con la constante conversión de los bosques en tierras de cultivo para aumentar la producción de alimentos, había provocado la escasez de la oferta de carbón vegetal. Puesto que el consiguiente aumento del precio del combustible no podía compensarse con otras economías, el precio del producto acabado subió. Los datos de las cuentas de las ferrerías conservadas sugieren que en la segunda mitad del siglo XVIII el carbón vegetal representaba entre el 55 por 100 y el 77 por 100 de los costes de producción[35]. Los primeros intentos de utilizar carbón mineral tuvieron lugar en la década de 1760[36].

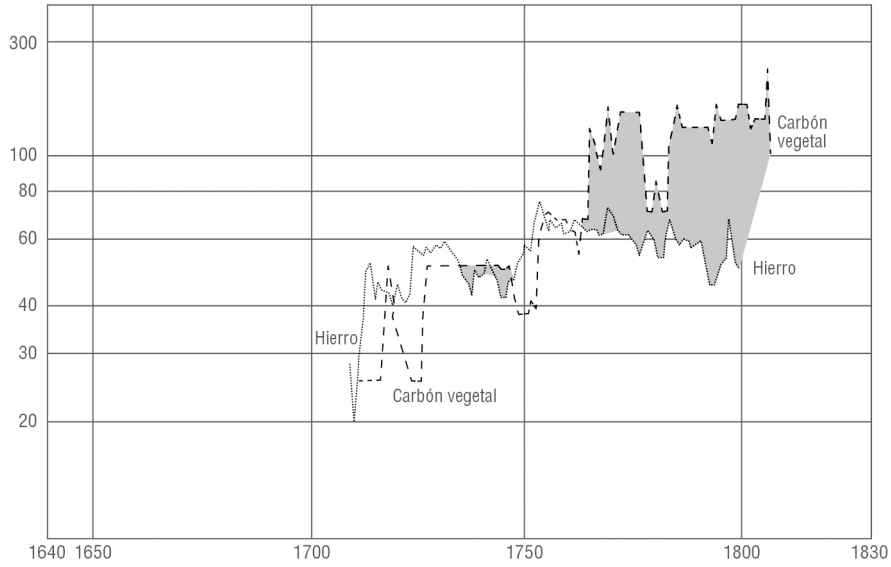
---

[34] BILBAO y FERNÁNDEZ DE PINEDO (1982b), pp. 157-9.

[35] *Ibid.*, p. 171.

[36] Se importó carbón de Hull y Newcastle en 1761 y de Ostende en 1780, así como de Asturias. GUIARD (1914), II, pp. 403-7.

Gráfico 11.2. *Precios del carbón vegetal y del hierro en tres ferrerías de Guipúzcoa (Las cargas de carbón vegetal se expresan en maravedíes, los quintales de hierro en reales)*



Fuente: Carrión (1987).

Exactamente al mismo tiempo, las fundiciones militares estatales que fabricaban armas para el ejército y la armada empezaron a experimentar dificultades similares. Hacia 1773, los altos hornos de Liérganes-La Cavada no podían satisfacer la demanda y, desde el punto de vista técnico, sus productos empezaron a quedar cada vez más lejos de los estándares que ahora imponían los ingleses[37]. La producción en Eugui se reactivó, probablemente como consecuencia de los problemas que se estaban experimentando en Liérganes-La Cavada. Aunque la fábrica de Eugui había sido abandonada en el siglo xvii, en 1692 se volvieron a fundir balas. En 1766, el Estado se hizo cargo de la fundición privada, siguiendo la misma política que se había aplicado en Liérganes-La Cavada en 1760, aunque sin gran éxito. Se creó en Eugui una nueva manufactura real destinada a la artillería. Estaba dotada de dos altos hornos para la fundición de proyectiles. En 1784 se construyó otro establecimiento cerca de Eugui, en Orbaiceta, también equipado con un alto horno para el mismo fin. Al mismo tiempo, un grupo de ilustres vascos que formaban parte del conocido como Seminario de Vergara viajaron en secreto a Escocia para descubrir

[37] Alcalá-Zamora (1974), pp. 104-5.

cómo se fabricaban los famosos cañones escoceses. Los gastos de esta expedición de espionaje fueron sufragados por el rey, quien también dotó al *Seminario* de un moderno laboratorio químico, en el que trabajó durante muchos años el científico francés Proust.

La producción de hierro bruto parece, por tanto, haber aumentado contra problemas técnicos insuperables a finales del siglo XVIII, pero hubo indicios de mejoras en la productividad en la fabricación de hierro más ligero. En 1775 se consiguió fabricar acero cementado en Vergara (Guipúzcoa) con el método desarrollado por Chavaneau. También se produjeron importantes avances en la formación técnica y en 1784 se creó una Escuela de Metalurgia con el apoyo de la Sociedad Bascongada de Amigos del País[38]. No obstante, el progreso técnico siguió dependiendo principalmente de la importación de técnicas extranjeras, y se construyeron nuevas fanderías en Rentería, Deva, Oñate, Baracaldo y Zalla, en Guipúzcoa y Vizcaya, con trabajadores cualificados importados de Alemania. En el caso de Oñate, tanto las máquinas como los obreros procedían de Lieja y Alemania[39].

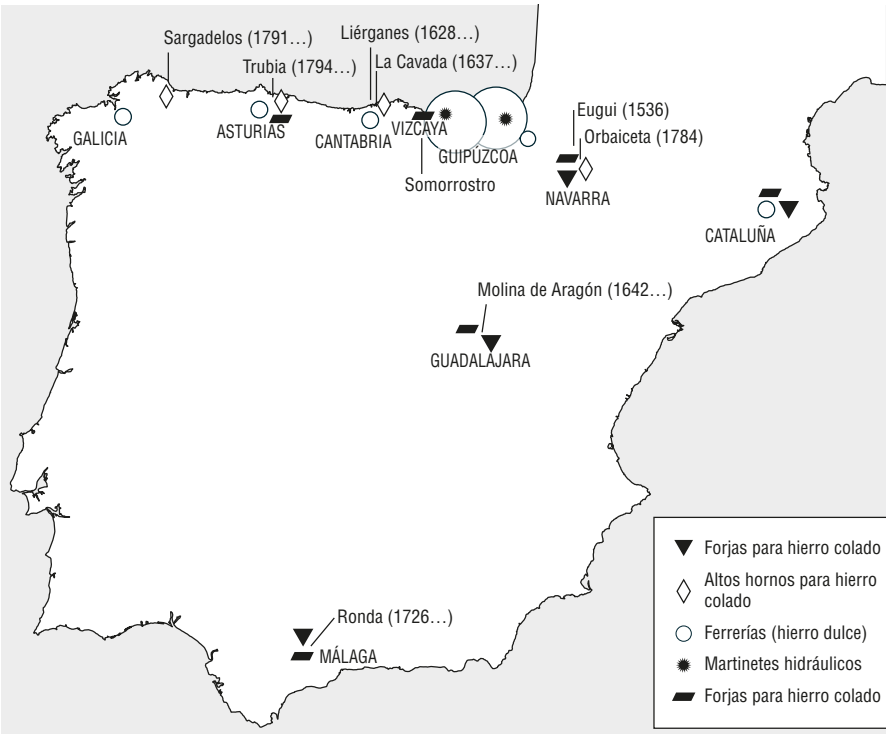
También se hicieron experimentos de fundición y moldeo. Un ejemplo fue el alto horno construido en Sargadelos (Galicia) en 1791 para fabricar vasijas de hierro que antes se importaban del suroeste de Francia e Inglaterra. Tras la invasión francesa de 1794, que destruyó la fundición de Orbaiceta, la fábrica de Sargadelos fue contratada para fabricar balas para el gobierno. Iniciativas similares fueron emprendidas por Patricio Mac Mahon en Artunduaga (Vizcaya), en 1798, y por el comerciante Lope de Mazarredo, en 1804[40]. La amenaza de una invasión francesa a través de los Pirineos motivó también la construcción de una nueva fundición militar, más alejada de la frontera, en Trubia (Asturias), en 1794. También se intentó producir chapa de hojalata en Vizcaya en 1799 y en Parres (Asturias) en 1804[41], pero con escaso éxito.

Por tanto, tanto por razones militares como comerciales, hubo una serie de iniciativas en los últimos años del siglo XVIII y en la primera década del XIX para construir nuevas fundiciones de hierro, tanto en el norte de España como en Cataluña. En cada uno de estos casos —en Sargadelos, Trubia, Artunduaga y Cataluña— los nuevos hornos y altos hornos seguían produciendo únicamente hierro colado que no se refinaba en hierro dulce. Se hicieron algunos intentos de utilizar carbón mineral en las fraguas que producían clavos y artículos de hierro, pero no tuvieron éxito, y el proceso de pudelado seguía siendo

[38] RJGG, 1784, pp. 80-3.
[39] Alcalá-Zamora (1974), p. 184.
[40] AGS, Junta de Comercio y Moneda, leg. 284-7.
[41] AGS, Junta de Comercio y Moneda, leg. 284-29; Casariego (1974), p. 169.

desconocido, aunque se conocía la existencia de hornos de reverbero. El hierro dulce seguía produciéndose por el método directo tradicional.

FIGURA 11.1. *Lugares mencionados en el texto*



El primer intento de producir hierro dulce por el procedimiento indirecto tuvo lugar en la antigua fábrica de Artunduaga, en Vizcaya, donde se instalaron un alto horno al carbón mineral, una refinería y un tren de laminación. La producción comenzó en 1807, y la nueva planta fue construida por técnicos franceses con máquinas importadas de Francia, y fueron ellos quienes hicieron funcionar el alto horno. Pero tampoco esto tuvo mucho éxito, porque los lingotes de hierro ingleses importados seguían siendo más baratos y de mejor calidad. En consecuencia, se cerró el alto horno y la fundición de Artunduaga se dedicó a moldear a partir de lingotes ingleses importados y a laminar el hierro dulce obtenido en las ferrerías vecinas, siguiendo así un camino de modernización típicamente «continental»[42]. Sin embargo, se habían dado

[42] FERNÁNDEZ DE PINEDO (1985), pp. 41-2.

los primeros pasos tentativos hacia el proceso indirecto de fabricación del hierro, que sería el que más tarde florecería a partir de 1832, aunque en una diferente situación geográfica, Málaga, en el sureste de España.

V. CONCLUSIONES

Tomando la península ibérica como caso de estudio para la difusión de la tecnología, podemos concluir que, en general, las nuevas innovaciones se conocieron rápidamente en España. Hasta mediados del siglo XVII, Italia constituía el principal modelo de desarrollo tecnológico en la siderurgia, y existía un sorprendente paralelismo entre el desarrollo de las técnicas de fabricación del hierro y las del comercio más en general. Como siempre ha querido recordarnos F. Braudel, fue el Sur, y en particular Italia, la región más avanzada de Europa hasta principios del siglo XVII, y solo a partir de esa fecha el Norte empezó a asumir una nueva primacía económica y tecnológica. Hasta mediados del siglo XVIII, Lieja y Alemania fueron los principales centros europeos de fabricación de hierro, y el hecho de que España poseyera amplios territorios en esta parte del norte de Europa facilitó sin duda la difusión de nuevas técnicas y tecnologías en la península Ibérica. Algunas de ellas fueron adoptadas, mientras que otras fueron rechazadas, y en términos generales se puede ver que aquellas innovaciones que, o bien no aportaban una ventaja económica inmediata, o bien chocaban con poderosos intereses económicos y sociales existentes, tenían pocas probabilidades de ser adoptadas. Pero ni la ignorancia ni la falta de capital o de iniciativa empresarial parecen haber influido decisivamente en estas decisiones. Hay que tener en cuenta, además, que los métodos tradicionales de producción también eran capaces de producir, con un cierto grado de perfeccionamiento, una barra de hierro comercializable de excelente calidad a un coste razonable. Sin embargo, el caso español no era en absoluto excepcional, y Manlio Calegari (1977) ha demostrado cómo en Italia, en circunstancias muy diferentes a las del País Vasco, se podía lograr el desarrollo sobre la base de los viejos métodos establecidos.

Hasta la década de 1760, las influencias dominantes en la fabricación de hierro en España fueron la liejense y la alemana, pero a partir de dicha fecha, las nuevas técnicas inglesas empezaron a suplantar a las técnicas anteriores. A partir de entonces, la influencia inglesa pasó a ser de primer orden, a menudo a través de intermediarios franceses, así como por medio de la experimentación teórica y práctica. Sin embargo, a pesar de estas presiones, el proceso directo tradicional de fabricación del hierro siguió prevaleciendo en España al menos hasta mediados del siglo XIX.

Sin embargo, aunque estas soluciones eran perfectamente razonables a corto y medio plazo, a largo plazo trajeron consecuencias muy negativas. En España, la negativa a adoptar la fandería condenó a la siderurgia ligera a la decadencia, abandonando así la rama de la industria en la que el valor añadido era potencialmente más elevado y en la que la presencia de una mano de obra altamente cualificada ofrecía mayores posibilidades de desarrollo técnico y de adaptación. Como consecuencia de ello, la pérdida de contacto con los mercados de productos metálicos destruyó también los vínculos entre los sectores de la siderurgia y las manufacturas metálicas, de modo que España se encontró exportando hierro en barras y, al mismo tiempo, teniendo que depender de las importaciones para satisfacer sus necesidades de clavos, tijeras y hojalata. En el contexto de la nueva división internacional del trabajo que empezó a perfilarse a lo largo del siglo XVII, España se vio reducida al papel de productor de materias primas para los fabricantes extranjeros.