

RECURSOS FORESTALES Y CAMBIO TECNOLÓGICO. UN ENSAYO ACERCA DE LAS PRESIONES SOBRE LOS BOSQUES DE INGLATERRA ENTRE ISABEL I Y CARLOS I

Data de submissão: 08/11/2023

Data de aceite: 02/01/2024

Marcos Andrés Pascal

Universidad Nacional del Litoral (UNL)
Santa Fe, Argentina
<https://orcid.org/0000-0001-8124-3466>

cambio tecnológico / Inglaterra / siglos XVI y XVII

FOREST RESOURCES AND TECHNOLOGICAL CHANGE. AN ESSAY ABOUT THE PRESSURES ON ENGLAND'S FORESTS BETWEEN ELIZABETH I AND CHARLES I

RESUMEN: hacia mediados del siglo XVI, Inglaterra aumenta su consumo de madera. El comercio, las fuerzas armadas, la industria y el crecimiento poblacional generan diferentes presiones sobre los bosques. La monarquía va a responder con políticas forestales inconsistentes, que van desde la limitación a la venta generalizada de derechos de tala. A finales del siglo XVII, la mayor parte del consumo de madera como combustible se sustituye por carbón, excepto en un sector: la producción de hierro. Junto con la fabricación de buques de guerra, las herrerías siguieron abasteciéndose de bosques. A partir del análisis de un edicto real, promulgado por Isabel I en 1563, que prohíbe los *bloomeries* (un tipo específico de horno de hierro) en Furness, Lancashire, este artículo investiga las consecuencias ecológicas y tecnológicas de la sustitución de los *bloomeries* por altos hornos en ese país.

PALABRAS CLAVE: bosques / hierro /

ABSTRACT: towards the middle of the sixteen century, England increases its consumption of wood. Trade, armed forces, industry and population growth generate different pressures on forests. The monarchy will respond with inconsistent forestry policies, from the limitation to the widespread sale of timber rights. By the end of the seventeen century, most consumption of wood as fuel is replaced by coal, except in one sector: iron production. Along with the manufacture of warships, ironworks continued to stock up on forests. Starting from the analysis of a royal edict, promulgated by Elizabeth I in 1563, which prohibits bloomeries (a specific type of iron furnace) in Furness, Lancashire, this paper researches the ecological and technological consequences of the replacement of bloomeries by blast furnaces in that country.

KEYWORDS: forests / iron / technological change / England / 16th and 17th centuries

1 | INTRODUCCIÓN

Si bien podemos encontrar referencias al hierro y el acero en autores tan tempranos como Aristóteles (Smith, 1964), los primeros historiadores del hierro fueron, generalmente, personas interesadas en su fabricación. Aquí se cuentan los escritores de tratados imbuidos por una curiosidad propia del Renacimiento, que buscaron difundir los conocimientos resguardados por los artesanos. Luego, la producción a gran escala de hierro y acero a partir de la Revolución Industrial incentivó a los fabricantes de hierro a traducir antiguos escritos y realizar investigaciones históricas para revelar los secretos del oficio perdidos en el tiempo, aquellos que los manuales no pudieron transmitir, y que solo aparecen con el pasaje de la teoría a la práctica.

Influenciada quizá por primeras estas investigaciones, la historiografía tradicional consideró al período entre 1550 y 1635 como la primera etapa de auge de la producción de hierro en Inglaterra. Este período iniciaba con el aumento de los altos hornos y de su producción, y finalizaba con una supuesta crisis, atribuida a los altos costos del combustible (carbón vegetal) a causa del agotamiento de los bosques. El paso al carbón mineral (convertido en coque para eliminar sus impurezas) era visto como la salida del gran letargo de esta industria, y como la transición hacia una nueva etapa. Era una explicación centrada en el cambio de tecnología.

Desde la segunda mitad del siglo XX, ciertos historiadores británicos retomaron el tema, pero alejándose de las explicaciones que ponían el acento en la tecnología. Recurrieron a suposiciones sobre el funcionamiento de los hornos o de la falsa impresión de parte de los contemporáneos (como la mala fama de la industria del hierro en períodos de escasez), suposiciones que demostrarían la existencia de la madera suficiente para poder operar (Cleere y Crossley, 1995), o bien emplearon escritos de época para demostrar que el uso del carbón mineral ya se había descubierto antes que Darby, pero que sin embargo no se utilizó porque realmente no era necesario (Hammersley, 1973) (y por lo tanto que no existía ninguna crisis de abastecimiento de maderas). El declive de la fabricación de hierro era explicado por las mejores condiciones sociales que los fabricantes de los países rivales disponían: Suecia por ejemplo, tenía maderas, mano de obra y transporte baratos, al igual que un mineral de gran calidad, que le daban una mayor ventaja sobre la producción inglesa. La competencia extranjera, por sus condiciones socioeconómicas más favorables, habría puesto en jaque al hierro inglés.

Estos escritos tienen su razón de ser en los análisis de la historia económica a partir de la interacción de los factores de producción (tierra, capital, trabajo), y la creencia de los economistas de que la tecnología es generalmente accesible a los usuarios, por lo cual no necesita ser explicada (Landes, 1980).

Sin embargo, en ese mismo período, pero al otro lado del Atlántico, algunos historiadores y economistas estadounidenses llegaron a conclusiones diferentes. Esto se

debió, al menos en parte, al papel geopolítico de Estados Unidos, y su liderazgo en la transferencia tecnológica hacia los países considerados “subdesarrollados”, que implicó conocer las características de las sociedades receptoras. Con el tiempo, las concepciones simplistas de los factores de producción tuvieron que ser reemplazadas por otras que tuvieran en cuenta el funcionamiento interno de la tecnología y dieron lugar a análisis más complejos: los estudios del cambio tecnológico (Rosemberg, 1979).

El siguiente trabajo se basa, como el título lo indica, en una combinación de la historia ecológica y el cambio tecnológico: con respecto a la historia ecológica, se busca dar un anclaje social más amplio a la historia del hierro tradicional, y al mismo tiempo, se intenta ver ese paisaje a través del cambio tecnológico, distanciándose una historia de la tecnología meramente descriptiva; la descripción de la tecnología sólo se utilizará para explicar cuestiones socialmente relevantes, aquellas que condicionan las decisiones de los actores sociales. Además sostendremos, como premisa, que el cambio tecnológico no necesariamente implicó una mejora.¹ Desde la visión tradicional, sabemos que el alto horno reemplaza al *bloomery*, es decir, conocemos (o creemos conocer) las ventajas del alto horno; ahora nos centraremos en aquello que las visiones simplistas de la tecnología no tienen en cuenta: sus desventajas.

En cuanto a metodología, esta es una investigación eminentemente bibliográfica, que rastrea y coteja las explicaciones y análisis de fuentes de otros historiadores. A su vez, se incorporan también algunos trabajos centrados en la arqueometalurgia (análisis físico-químicos de materiales arqueológicos). En ese sentido, la objetividad y la certeza de la arqueometalurgia nos pueden ayudar a iluminar la cuestión, determinando con exactitud las cualidades del hierro producido por los *bloomeries*, y su diferencia con el material proveniente de los altos hornos.

2 | EL SIGLO XVI Y EL INCREMENTO DEL CONSUMO DE MADERA

Desde la segunda mitad del siglo XVI, los recursos naturales de Inglaterra empezaron a explotarse con mayor intensidad (Hammersley, 1960). Aparentemente, la población de Inglaterra y Gales aumentó de dos millones a mediados del siglo XV a más de nueve millones hacia finales del siglo XVIII; a este aumento de la población nativa se le sumaron los emigrados de los Países Bajos. Muchos de ellos eran artesanos y se dedicaron a actividades industriales (Colson, 2011). La inmigración francesa, finalizada hacia mediados del siglo XVI, es reconocida como la responsable de introducir el alto horno en Inglaterra (Cleere y Crossley, 1995). Entre mediados de ese siglo y mediados de la tercera década del siglo XVII, estaría el primer auge de la fabricación de hierro inglés, visible en el crecimiento del número de los altos hornos y de su producción desde mediados

¹ Entre las mejoras que posibilitaba el alto horno se cuentan una mayor productividad, es decir un mayor rendimiento del metal obtenido, que permitía aprovechar yacimientos de hierro de baja ley (es decir permitía usar piedras que contuvieran poco hierro) y mayor volumen de producción.

del siglo XVI. El alto horno, a diferencia del *bloomery*, permitió procesar minerales de hierro de menor calidad, posibilitando que la producción de hierro se expandiera más allá de su núcleo original (Sussex y Kent): ahora se empezaban a explotar fuentes de mineral previamente inutilizables, aumentando la productividad del proceso (Pluymers, 2016). Las industrias del hierro, el plomo, el estaño y el cobre consumieron extensas cantidades de bosques: en un año cada horno quemaba el equivalente a cuatro kilómetros cuadrados de bosque (Colson, 2011).

El mencionado aumento poblacional, junto con el crecimiento de la industria, del comercio (mediante la construcción de barcos mercantes) y las necesidades militares (buques de guerra y cañones de hierro fundido) generaron diferentes presiones sobre los bosques. Reemplazar la madera por el carbón mineral tenía sus complicaciones: al quemar el carbón mineral se libera azufre, y esto arruinaba el pan, la cerveza, y otros productos (como el hierro) cuando entraban en contacto con el gas. Además el olor del azufre es desagradable, y se prefería la madera como calefacción en hogares y edificios. Los fabricantes de vidrio fueron los primeros artesanos en utilizar el carbón en reemplazo de la madera a principios del siglo XVII. Al finalizar esa centuria, la gran mayoría de la madera usada como combustible (casas e industrias) había sido reemplazada por el carbón mineral; excepto en la producción de hierro (Colson, 2011). Junto a la fabricación de buques de guerra, las ferrerías continuaron abasteciéndose de los bosques.

Con el incremento de los precios, la corona se encontró en una encrucijada: aumentar sus ingresos o apoyar la defensa nacional. Lo más rentable hubiera sido deforestar los bosques y convertirlos en tierras de cultivo arrendables, pero eso iba en contra de los intereses de los agricultores, los industriales y la Marina (Hammersley, 1973). En los hechos, los reyes oscilaron entre la defensa nacional (mediante la protección de la madera para barcos) y un pragmatismo en pos de liquidez (que se obtenía vendiendo derechos de tala).

Según Robert Albion (1925), el inicio del consumo intensivo de madera comenzó en 1535, con la confiscación de las propiedades de la Iglesia católica, durante el reinado de Enrique VIII. Estos terrenos incluían bosques, muchos de los cuales eran talados por los nuevos compradores para recuperar la inversión. Durante el reinado de Eduardo VI hubo intentos por proteger la madera destinada a la construcción de barcos para la Marina Real. Al inicio de su reinado, Isabel mostró un gran interés en la protección de los bosques que, no obstante, más tarde compensó con generosos derechos de corte. Las primeras alarmas por la escasez de madera aparecieron bajo su reinado. Si Isabel había vendido licencias para cortar maderas en los bosques reales, Jacobo I y su hijo extendieron esa modalidad (Albion, 1925). En los hechos, las decisiones políticas de estos reyes oscilaron entre la defensa de los bosques a la venta indiscriminada de los derechos de tala. Esta falta de coherencia debe entenderse en un contexto en el cual el bosque era considerado como un recurso económico por los diferentes actores sociales, incluida la corona, y donde

esta última terminó apoyando a determinado sector (o lo que es lo mismo: siguiendo o no abiertamente sus propios intereses) de acuerdo con la situación.

El reinado de Isabel I es particularmente importante puesto que en 1563 promulgó un decreto real que "...abolía los 'bloomeries' o 'herrerías de hierro' en Furness en Lancashire, en cumplimiento de una petición de los habitantes, 'porque consumían todos los trocitos y las cosechas, la única comida de invierno de su ganado'" (Swank, 1892, p. 50). Más allá del alcance de este decreto, su importancia radica en aquello que podría indicar: este fragmento nos muestra a los habitantes del lugar enfrentados con los *bloomeries*. Al mismo tiempo abre un gran interrogante: si Isabel prohibió los *bloomeries* pero no los altos hornos, ¿existió alguna diferencia en el impacto de éstos en los bosques?, o mejor dicho, ¿había diferencia entre las maderas que cada uno utilizaba? Por lo tanto, el edicto es un buen punto de entrada al problema, y una fuente que retomaremos más adelante.

Además, el documento citado muestra al *bloomery* consumiendo los mismos recursos que los habitantes cercanos a los bosques. Sin importar si los afectaba más o menos que el alto horno, sostendremos que los *bloomeries* utilizaban leña pero no madera. Esta es una diferenciación categórica: no significa que sólo se hubiera podido usar leña en los *bloomeries* (tranquilamente podemos talar grandes árboles para obtener fragmentos más pequeños), lo que sí implica es que en tiempos de escasez se podría haber producido hierro con ramas y no con madera. Por lo tanto, la principal hipótesis de este trabajo es que la utilización del *bloomery* en la producción de hierro hubiera posibilitado (si los actores así lo hubieran querido) un menor impacto sobre los bosques de Inglaterra, liberando la presión sobre las maderas de mayores dimensiones, o lo que es lo mismo, liberando la presión sobre la madera destinada a fines navales (y por lo tanto, liberando la presión sobre el abastecimiento de la Marina Real y de la flota mercante, y derivado de esto, disminuyendo los límites del poder naval, la defensa nacional y el desenvolvimiento del capitalismo mercantil).

Lo que se propone a continuación es una forma diferente de considerar el problema de la posible escasez inglesa de madera para la producción de hierro a partir de mediados de la década de 1630: los autores clásicos mencionan que después de esta fecha las ferrerías (establecimientos dedicados a la producción de hierro) tuvieron el acceso suficiente a la madera para poder operar sin problemas durante los próximos 150 años. Pero si dejamos de ver cantidades de madera y pensamos en clases de madera podremos tener un panorama más amplio de esa realidad. Es decir, la justificación de la hipótesis se basa en la identificación dos grupos de actores compitiendo por los recursos forestales: aquellos que consumían leña y los que consumían maderas de mayores dimensiones, siendo estas últimas las implicancias sociales más serias. Ya identificamos un hipotético primer grupo de actores que recurrían a un tipo específico de madera: el común de la población y los hornos *bloomeries* como consumidores de leña. Por oposición, el alto horno debería pertenecer a otra categoría. El principal problema del alto horno que usaba carbón

vegetal era la madera: el aumento de altura en estos hornos limitó el tipo de madera que se podía emplear para hacer carbón. Ahora bien, los historiadores que intentaron limitar el factor tecnológico sostuvieron todo lo contrario, como en el caso de Henry Cleere y David Crossley:

Las “maderas pequeñas” utilizadas para el carbón vegetal fueron cortadas de coppice² jóvenes después de 7 a 12 años, o “top and lop”³, ramas cortadas de árboles más grandes. En el alto horno era una clara desventaja el suministro de carbón vegetal fabricado con madera de más de unos 5 a 6 cm de diámetro, ya que cuanto mayor es el tamaño, más probable es que el carbón se reduzca a polvo, ya sea durante el tránsito o sujeto a la carga en el horno (Cleere y Crossley, 1995, p. 133).

A continuación de este fragmento los autores sostenían que las maderas más grandes podían utilizarse para otros fines, como la leña, carpintería, construcción o en los astilleros (Cleere y Crossley, 1995). Justificaban el bajo impacto ambiental reduciendo el tipo de leña que podía usarse para el alto horno. Sin embargo, su argumento podría contrarrestarse con las siguientes afirmaciones: primero, si se busca que el carbón no se rompa, ya sea por transporte o por el peso de la carga en el horno, no se recurrirá a maderas pequeñas, sino a maderas que sean lo más grande posible, y que de todas formas se dividirán en fragmentos más pequeños por el uso. Segundo, y más importante, el alto horno requiere llegar a una temperatura de trabajo extremadamente elevada, lo suficiente para fundir el hierro (el punto de fusión de este material es de 1538 °C), y para lograrlo se requerían dos condiciones: largas horas de “cocción” y muchísimo aire (mientras más aire más temperatura se puede alcanzar). Las maderas de menor tamaño, es decir, el carbón más chico, siempre se consumirá más rápido que uno de mayor tamaño (es decir “dará” calor menos tiempo). Con relación a la circulación del aire, el carbón más chico no permite una buena circulación de aire, es más lo obstruye. Si este análisis no es suficiente, es posible complementarlo con las menciones a las decisiones de los reyes al respecto:

Durante los reinados de Elizabeth y James I, y aún más bajo Charles I, hubo una alarma creciente sobre la situación, por lo que la industria del hierro se redujo en interés de la Marina. En los primeros años del reinado de Elizabeth, a los trabajadores del hierro se les prohibió cortar árboles de más de un pie de diámetro a menos de veinte millas del mar, pero esto hizo poco para controlar “la gran pérdida de madera de roble del condado de Sussex apta para la construcción de barcos” (Albion, 1925, p. 117).

Veinte millas era la distancia máxima que se estimaba rentable para el transporte terrestre de madera, más allá de esta distancia se volvía extremadamente costoso. Pero lo más interesante radica en el tipo de limitaciones que se imponían a los productores de

2 Coppice: era una técnica según la cual algunos árboles se talaban y otros se dejaban crecer. En la tala se dejaba un tocón para que surgieran nuevos brotes, y pudiera talarse dentro de una determinada cantidad de años. Implicaba el cercamiento del área para evitar que el ganado se comiera los brotes que surgían del tocón.

3 *Top and lop*: en la terminología forestal inglesa corresponde a la copa y las ramas de un árbol, diferenciándolas de la madera del tallo principal.

hierro: no podían cortar árboles mayores a un pie de diámetro (es decir más de 30 cm) sólo en las áreas de los bosques cercanas a la costa; más allá de esa distancia eran libres de deforestar todo lo que hubieran necesitado. Estas razones ameritan colocar al alto horno dentro de los consumidores de maderas grandes, por lo cual, eran una amenaza para los astilleros reales, situación que se describirá a continuación.

3 | LA ROYAL NAVY Y EL PROBLEMA DE LA MADERA DE BARCO

Como Robert Albion argumenta, los ingleses creían que cuando los bosques de Inglaterra ya no pudieran suministrar madera de barco, su poder marítimo se vería amenazado. Por esta razón, los barcos de la Marina Real debían construirse con árboles ingleses, específicamente con el roble inglés. Sin embargo, este es un árbol de lento crecimiento, alcanzando el período de madurez entre los 80 y los 100 años de edad, cuando el tronco del árbol alcanza un diámetro de 15 a 18 pulgadas (o de 38 a 48 cm). Más allá de ese período de tiempo, la planta corría riesgos de deteriorarse. Era un problema fundamental para la fabricación de barcos de línea, donde muchas de sus piezas tenían que realizarse a partir de robles de más de 20 pulgadas de diámetro (50 cm), con al menos 150 años de edad (Albion, 1925). Además de los requerimientos de árboles grandes, la fabricación de barcos implicaba el uso de maderas curvadas específicas para la realización de las diferentes piezas (*compass wood*). Ambos requisitos (árboles grandes y maderas torcidas) demandaban un uso extensivo de los bosques.

De acuerdo con este autor (Albion, 1925), los bosques reales sólo proporcionaron una pequeña parte de la madera necesaria para fabricar y reparar los barcos, como consecuencia de una mala política forestal (venta de concesiones a ferrerías y corrupción por parte de los oficiales forestales). La mayoría de la madera provenía de fincas privadas. Es cierto que muchas de ellas pueden haber estado dentro de los límites de las leyes forestales, ya que:

En la terminología legal inglesa, un bosque no era ni más ni menos que un pedazo de tierra precisamente delimitado... y designado como bosque por la corona. Era la forma de reserva real más privilegiada, una franquicia legal donde la ley forestal tenía prioridad sobre la ley común y la excluía en parte. No era necesario que la corona poseyera tierras en un bosque ni que contuviera un solo árbol... Se requería permiso para cercar o arar tierras abiertas y talar árboles o arbustos incluso en tierras de propiedad privada (Hammersley, 1960, pp. 85-86).

En compensación, los derechos comunales eran interpretados generosamente, y cuando no afectaban los objetivos del coto de caza,

... en el bosque se pastoreaban grandes manadas de ganado y caballos y se criaba una gran cantidad de cerdos, dentro de límites muy amplios, suministraba madera gratis para edificios, herramientas y reparaciones, y combustible gratis para todas las casas y hogares antiguos (Hammersley,

Pero también es cierto que hacia el siglo XVI las leyes forestales eran relativamente leves y muy raramente se aplicaban, en comparación con los demás países de Europa, o la misma Inglaterra del siglo XIX. Si bien las leyes se conocían, su objetivo había cambiado: ahora servían para regular el uso de los privilegios forestales tradicionales, prevenir excesos y excluir a los forasteros. Bajo Carlos I, las leyes forestales protagonizaron un despertar. La toma de conciencia frente a la deforestación decantó en una solución conservadora: el reforzamiento de las leyes forestales permitiría realizar multas más grandes, y efectuadas con más regularidad, aliviando las presiones sobre los bosques y generando ingresos extraparlamentarios adicionales. Como resultado, entre 1632 y 1640 la ley forestal se aplicó a un área mayor de los límites establecidos (justificados con la aparición de dudosos documentos sin fechar que ampliaban la extensión del bosque y que muchas veces abarcaban fincas privadas) y sus multas se impusieron con más dureza. La ley y los bosques se sacrificaron por el éxito fiscal (Hammersley, 1960).

Más allá de las implicancias de este resurgimiento de las leyes forestales con respecto al aumento de la extensión geográfica de los bosques, la mayor parte de la madera de barco provenía, como dijimos, de las plantaciones privadas. Y si la corona no podía deforestar libremente para arrendar las tierras, los propietarios privados sí estaban en condiciones de hacerlo. En gran parte, los bosques de Inglaterra estaban formados por árboles replantados; en el caso de las fincas privadas esto significaba que era el nieto o el bisnieto del que el plantaba el árbol quién cosecharía los beneficios, que según Albion equivaldrían al 5% de la renta de la tierra por año. Se requería un gran autocontrol, sentido de pertenencia nacional y patriotismo para esperar 100 o 150 años para talar un árbol. Vender antes de tiempo a un productor de hierro podía resultar tentador. Pero muchas veces se daba el caso contrario: el roble también se cultivaba con fines ornamentales, y un patio de robles viejos era símbolo de continuidad familiar. Respecto a la tala prematura, varios motivos intervenían: en primer lugar, vender los robles podía cubrir la compra de una propiedad; segundo, las épocas de escasez de alimentos las arboledas se veían amenazadas ante la subsistencia de la población; tercero, la edad de un árbol no garantizaba que la Marina Real lo comprara (si la madera estaba podrida o con desperfectos no servía para los fines navales); y cuarto, arrendar la tierra siempre era más rentable que esperar 100 años sin recibir ingresos (Albion, 1925).

Con respecto a los principales competidores por las maderas grandes, tanto en las propiedades privadas como en los bosques reales, entre ellos se encontraban la producción de hierro y la fabricación de barcos mercantes. Si bien las maderas de estas embarcaciones eran de escaso escantillón (es decir que las medidas de las maderas que se necesitaban eran más chicas) fomentaban por esa razón el corte prematuro de los robles, y requerían un elevado suministro a causa de la cantidad de naves en circulación;

en 1790, por ejemplo, cuando la Marina tenía cerca de 300 barcos con un tonelaje total de 391.450, en el registro británico figuraban 15.111 barcos con un tonelaje de 1.460.823. Aunque sobre los constructores de barcos mercantes también pesaba el prestigio del roble inglés, por razones de economía recurrieron mucho antes que la Marina a la madera extranjera (Albion, 1925). Un sector que llegó a competir directamente por los robles de antigüedad fue la Compañía de las Indias Orientales:

... eran verdaderos buques de guerra, muy sólidos, y con frecuencia iguales en tamaño a una pequeña nave de línea. El gasto no fue una consideración importante en su construcción, y los constructores a menudo superaban la oferta de la Marina por la madera más selecta. En varias ocasiones, se ordenó a la Compañía de las Indias Orientales que redujera el tamaño de la madera utilizada en sus barcos, y en 1771 se le ordenó suspender la construcción hasta que su tonelaje se redujera a un nivel específico; sin embargo, la oferta naval sufrió constantemente esa rivalidad (Albion, 1925, p. 116).

Como podemos ver, las presiones sobre las maderas grandes, reivindicadas como propias por la Marina Real, eran muchas, e incluso provenían del propio Estado: las fortificaciones del Ejército o la construcción de puentes y muelles suponían también actividades de tala. Mediante una perspectiva más amplia de los bosques, una que incluyera a los actores interesados por su explotación, pudimos desmentir ese uso equilibrado de los recursos que otros historiadores quisieron creer. Ahora queda por ver qué hubiera pasado si no se hubiera implementado el cambio tecnológico, o dicho de otra forma, estimar las consecuencias del cambio tecnológico efectuado con el paso del *bloomery* al alto horno.

4 | LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO: UNA MIRADA DESDE LA ARQUEOMETALURGIA

El *bloomery* es un tipo de horno que produce hierro mediante lo que se denomina método directo, ya que el producto que sale de este horno es efectivamente el hierro. En contraposición, el alto horno no produce hierro, sino un material diferente llamado fundición (una mezcla del hierro con el carbón vegetal). El problema de la fundición es que no se puede forjar (calentar el metal para darle forma con un martillo), y para obtener las piezas deseadas se debe verter en moldes (como en el caso de los cañones o los calderos).

Para convertirse en hierro, la fundición debe “refinarse”; durante el período en cuestión, y hasta fines del siglo XVIII, esto se traducía en quemar el exceso de carbón del hierro para poder así obtener un material que los herreros pudieran trabajar. Aquí aparecen dos cuestiones más: a diferencia del método directo (*bloomery*), en el método indirecto (alto horno) el hierro se derretía, necesitando para ello más temperatura (y más madera). Además requería dos hornos para producir hierro; el alto horno propiamente dicho y la forja para convertir la fundición en hierro.

A simple vista diríamos que el alto horno duplica la cantidad de madera implicada en la fabricación de hierro. Pero lo que queda por ver es qué tipo de madera utilizaba

el *bloomery*. Una buena fuente de información es un estudio minero metalúrgico sobre el horno de reducción directa (método directo) encontrado en Aliseda, España (Pavón Soldevila et al., 2017). Mediante análisis de la cerámica circundante este horno se fechó entre el siglo VII y el siglo V antes de nuestra era. Pero lo que resulta relevante para los fines de este trabajo son los resultados que arrojó el análisis de las muestras de carbón alrededor del horno: "... parece reiterarse en La Pastora el predominio del grupo de fragmentos indeterminables (37,79%), seguido del uso mayoritario de la madera de brezo (*Erica sp.*) (27,91%) y, en menor medida, del olivo/acebuche (*Olea europea*) (14,53%)..." (Pavón Soldevila et al., 2017, p. 345). Más adelante agregan:

Las principales especies utilizadas (brezo y acebuche/ olivo) apoyan la idea del proceso selectivo. Los estudios etnográficos y las fuentes históricas indican reiteradamente que ambas especies fueron algunas de las más estimadas y utilizadas en la fabricación de carbón con un destino siderúrgico tradicional hasta el siglo XIX en el territorio peninsular... (Pavón Soldevila et al., 2017, p. 347).

La mayoría de los restos de carbón correspondían al brezo y al olivo. Respecto al primero, no es un árbol sino un arbusto, y como tal no puede considerarse que su uso afectara el suministro de grandes maderas (pero sí la provisión de combustible). En cuanto al olivo, es poco probable la tala de un árbol frutal para ser utilizada como combustible, más aún si lo situamos en las regiones poco aptas para la agricultura de Vizcaya y Guipúzcoa, las principales regiones dedicadas a la siderurgia. La producción española de hierro contemporánea al alto horno de carbón vegetal (es decir entre mediados del siglo XVI y finales del siglo XVIII) era fabricada mediante la farga catalana, una variante del *bloomery*; que estos hornos pudieran emplear sólo leña (ramas de arbustos y olivos) no equivale a negar la existencia de una crisis de combustible, pero sí puede corresponder a un menor impacto de la siderurgia en la región, una región (el País Vasco), que fue exportadora de hierro producido con carbón vegetal hasta fines del siglo XVIII.

En definitiva, lo que muestra el estudio arqueometalúrgico es la posibilidad de utilizar madera de menores dimensiones que permitía el *bloomery*. Pero si nos centramos en un caso concreto podremos entender su importancia social. Para el ámbito del Bajo Deva, en Guipúzcoa, Gema Florido Trujillo (2004) afirma que el término *trasmochos*⁴ (lo que podríamos describir como el equivalente español al *coppice* inglés) aparece en la documentación en fechas bastante recientes; de hecho, los árboles *trasmochos*, específicamente destinados a la producción de carbón vegetal, se extendieron en Guipúzcoa recién en el siglo XVII. Por lo tanto, esta tecnología no implicaba necesariamente un uso más "ecológico" de los bosques, pero sí permitía que este uso fuera posible, principalmente en contextos de escasez.

Estas conclusiones para el caso español adquieren más relevancia para entender el *bloomery* inglés si volvemos sobre el decreto de Isabel. Un artículo de H.S. Cowper

4 Trasmochos: Estos árboles se cortaban bajos y tardaban entre 12 y 15 años en volver a crecer. Se aprovechaban exclusivamente para producir carbón vegetal.

ofrece mayor información al respecto: el año parece ser 1564 (el séptimo año de reinado de Isabel) y da la ubicación de donde pudo leer una transcripción completa del documento. La prohibición era consecuencia de la destrucción de los bosques, requeridos por los rebaños de High Furness (Cowper, 1898). Sin embargo se le permitió a los habitantes la fabricación de hierro por su propia cuenta, siempre y cuando utilizaran “sólo los ‘shreadings’, ‘tops’, ‘lops’, ‘underwood’, ‘pero no la madera’...” (Cowper, 1898, p. 97). Específicamente, top and lops indicaba el corte de las ramas de un árbol pero no su tronco, y underwood son los arbustos; de esta manera, el edicto demuestra que los *bloomeries* ingleses podían funcionar con ramas y arbustos, y no requerían necesariamente maderas grandes. El menor impacto en los bosques estuvo determinado, al final, por la autoridad real.

Con relación a la calidad del hierro del alto horno, algunos autores lo creyeron que su calidad sólo era levemente inferior a la del hierro especial, importado para la fabricación de anclas y aceros especiales (Hammersley, 1973). Incluso si no se enfatiza este aspecto, se menciona que las importaciones de hierro especial son mínimas en el conjunto de las exportaciones, rebajando la importancia y la función que pudieran cumplir. La visión de los contemporáneos respecto a las anclas españolas muestra algo distinto:

son muy suaves, [lo que permite que] les echen larga el asta, con lo qual hacen buena presa; y no la haze el ancla de Flandes, que por ser el fierro muy agro con peligro de romper por el asta, al hazer fuerza el cabrestante para lebarla, le hazen el asta muy gruesa y corta, y también la Cruz, porque assi no rompa y tenga peso para hazer presa (Tomé Cano, 1611, como se citó en Carrión Arregui, 1995, p. 200).

En la cita anterior aparece una gran diferencia entre el hierro español y el de Flandes (realizado con una tecnología equiparable a la inglesa). Si consultamos estudios arqueometalúrgicos (cfr. Auladell Marquès y Simon Arias, 2015) comprobaremos que el hierro español (es decir obtenido mediante el método directo) presenta grandes diferencias respecto al del alto horno, confirmando la afirmación de la cita. La razón era que se trataba de materiales diferentes; el método directo se acerca bastante al hierro puro, caracterizado por su ductilidad (la capacidad de resistir presiones al deformarse sin romperse); en cambio, el hierro del alto horno era una aleación: al fundirse, las cualidades del metal son afectadas por los demás componentes presentes en la mezcla. El carbón utilizado para derretir el hierro volvía más duro pero también más quebradizo al material resultante. Lo mismo pasaba con el fósforo, presente muchas veces en los yacimientos ingleses: al mezclarse con el hierro, lo volvía frágil. Por ejemplo, durante el siglo XVIII, el almirantazgo inglés exigió que las anclas de los barcos de la Marina Real se fabricaran con hierro sueco o preferiblemente español (Ciarlo et al., 2011). En resumen, además de la altura, la principal diferencia entre el *bloomery* y el alto horno era la temperatura que utilizaban: la mayor temperatura del alto horno hacía necesaria maderas más grandes (que ardieran por más tiempo y permitieran una buena circulación de aire) y también modificaba la ductilidad del hierro, al mezclarlo

con otros materiales que estaban presentes en el horno. Además, al agregarle carbón al hierro fundido hacía necesario un segundo horno que quemara al menos una parte del carbón para que sea posible utilizarlo. De esta manera, la importación de hierro especial no tenía que ver con una mentalidad medieval atenta a la calidad del producto. Era una necesidad, una condición de vital importancia a la hora de fabricar determinados artefactos sometidos a grandes esfuerzos (son conocidos los ejemplos de las anclas y las espadas, pero podrían extrapolarse estas conclusiones para otros casos, como los martinetes, las hachas o las sierras por ejemplo).

5 | CONCLUSIÓN

Desde mediados del siglo XVI el aumento del comercio, de la producción, las necesidades militares y el crecimiento poblacional incrementaron la presión sobre los bosques ingleses. Para finales del siglo XVII gran parte del consumo de madera como combustible había sido reemplazado por el carbón mineral, excepto en la producción de hierro. Mediante la consideración de un edicto real de Isabel donde se prohibieron los *bloomeries* en Furness, Lancashire, se buscó indagar las consecuencias ecológicas y tecnológicas del cambio tecnológico que significó el paso de estos *bloomeries* a los altos hornos. Se estableció una categorización de acuerdo con el tipo de madera que podrían haber consumido, colocando a los *bloomeries* dentro del consumo de leña y en competencia con el común de la población (una competencia aliviada por el uso del carbón mineral como combustible de uso hogareño), y a los altos hornos en competencia con las grandes maderas, principalmente con la Marina Real.

La corona, como un actor más dentro de la competencia por los recursos, y en un contexto de aumento de precios y de los gastos estatales, buscó sacar el mejor provecho a sus bosques. La opción más rentable hubiera sido desmontar gran parte de los bosques reales para convertirlos en tierras arrendables; sin embargo esto atentaba contra los intereses de la población y la defensa nacional (y la particular fusión de ambos en el desarrollo del capitalismo mercantil inglés). Dentro de esta última, los productores de hierro (donde una parte de la producción eran cañones y municiones para la corona) y la Armada Real tenían una gran dependencia de los recursos forestales. En los hechos, los reyes oscilaron entre la defensa de la madera naval y la venta de los derechos de tala. Esta tendencia iniciada por Isabel fue acentuada por Jacobo y Carlos I; este último, entre 1632 y 1640 revivió la aplicación de las leyes forestales como una fuente extraparlamentaria de ingresos.

Finalmente, recurrir a estudios arqueometalúrgicos, en combinación con escritos de la época, permitió establecer diferencias ecológicas y tecnológicas entre el *bloomery* y el alto horno: el *bloomery*, por su menor tamaño y la temperatura más baja con la que trabajaba, podía utilizar maderas pequeñas, específicamente ramas y arbustos, provenientes de

árboles seleccionados para tal fin (*coppice*) y dejaba abierta la posibilidad de usar los árboles de mayor edad para otros fines, principalmente para aquellos considerados de vital importancia, esto es, la fabricación de barcos de la Marina Real, seguido de la flota mercante y la construcción de edificios. En el edicto de 1563 (o 1564) se prohibieron los *bloomeries* porque los cercados que requería el *coppice* limitaban la disponibilidad de pastos para el ganado (el conflicto no evidencia un conflicto por la madera pero sí por la explotación del bosque). El *bloomery* también producía un hierro de mayor calidad que el alto horno, por lo cual era necesario la importación de ciertas cantidades de hierro especial para solucionar los límites tecnológicos impuestos por el uso del alto horno, límites que, lejos de obedecer a una mentalidad medieval, respondían al estado de desarrollo de la tecnología en cuestión. Al ignorar la mala calidad del hierro y el problema del abastecimiento de madera, algunos historiadores terminaron “trasplantando” en el siglo XVI una tecnología que sólo llegó a ser tal en el transcurso de los dos siglos siguientes. Un mayor impacto forestal y hierros deficientes demuestran, a fin de cuentas, que el cambio tecnológico no implicó necesariamente una mejora.

REFERENCIAS

Albion, R. G. (1925). ***Forest and sea power: The timber problem of the Royal Navy 1652-1862.*** Harvard University Press.

Auladell Marquès, J. y Simon Arias, J. (2015). Metalurgia medieval aplicada a la construcción: Las rejas góticas de la Catedral de Barcelona. *Arqueologia de la Arquitectura*, 12, 1-15.

Carrión Arregui, I. M. (1995). **Tecnología tradicional y desarrollo de una industria pesada: la fabricación de anclas en Guipúzcoa (siglos XVI-XVIII).** *Revista de Historia Industrial*, 7, 199-214.

Ciarlo, N., De la Rosa, H., Elkin, D., Svoboda, H., Vainstub, D. y Diaz Perdigero, L. (2011). **Tecnología constructiva de anclas del siglo XVIII. Análisis de una pieza hallada en cercanías del naufragio Swift (1770), Puerto Deseado, provincia de Santa Cruz.** En S. Bertolino, R. Cattaneo y A. Izeta, (eds.), *La arqueometría en Argentina y Latinoamérica* (pp. 265-271). Universidad Nacional de Córdoba.

Cleere, H. y Crossley, D. (1995). ***The Iron Industry of the Weald.*** Merton Priory Press.

Colson, M. (2011). **Natural resource scarcity and adaptive states: the desire for individual freedom versus the need for governmental control.** [Tesis, School of Advanced Air and Space studies. Air University].

Cowper, H. S. (1898). **Excavations at Springs Bloomery (Iron Smelting Hearth) Near Coniston Hall, Lancashire, with Notes on the Probable Age of the Furness Bloomeries.** En *Archaeological Journal*, 55(1), 88-105.

Florido Trujillo, G. (2004). **Uso social y evolución del bosque atlántico. Pasado y presente en ámbito del Bajo Deba Guipuzcoano.** En *Papeles de Geografía*, 39, 59-80.

Hammersley, G. (1960). **The revival of the forest laws under Charles I.** En *History*, 154(45), 85-102.

Hammersley, G. (1973). **The Charcoal Iron Industry and Its Fuel, 1540-1750.** En *The Economic History Review*, 4(26), 593-613.

Landes, D.S. (1980). **The Creation of Knowledge and Technique: Today's Task and Yesterday's Experience.** En *Daedalus*, 109(1), 111-120.

Pavón Soldevila, I., Duque Espino, D., Renzi, M., Rovira Lloréns, S. y Rodríguez Díaz, A. (2017). **El horno protohistórico de reducción directa de La Pastora (Aliseda, Cáceres).** En *Trabajos de Prehistoria*, 2(72), 335-354.

Pluymers, K. (2016). **Atlantic Iron: Wood Scarcity and the Political Ecology of Early English Expansion.** En *The William and Mary Quarterly*, 3(73), 389-426.

Rosemberg, N. (1979). *Economía del cambio tecnológico.* FCE.

Smith, C.S. (1964). **The Discovery of Carbon in Steel.** En *Technology and Culture*, 5(2), 149-175.

Swank, J. (1892). *History of the manufacture of the iron in all ages, and particularly in the United States from colonial times to 1891.* The American Iron Steel Association.