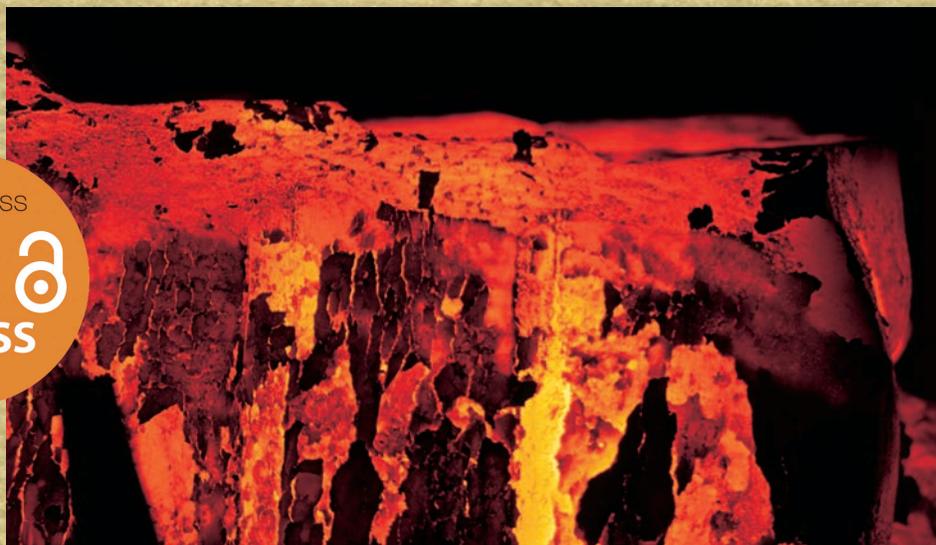


La **L**abranza del **H**ierro en el **P**aís **V**asco

Hornos, ruedas y otros ingenios



ELENA LEGORBURU FAUS



La labranza del hierro en el País Vasco

Hornos, ruedas y otros ingenios

La labranza del hierro en el País Vasco

Hornos, ruedas y otros ingenios

Elena Legorburu Faus

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco
servicio editorial

Euskal Herriko
Unibertsitatea
argitalpen zerbitzua

CIP. Biblioteca Universitaria

Legorburu Faus, Elena

La labranza del hierro en el País Vasco [Recurso electrónico]: hornos, ruedas y otros ingenios / Elena Legorburu Faus. – Datos. – Bilbao : Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Argitalpen Zerbitzua = Servicio Editorial, [2021]. – 1 recurso en línea: PDF (223 p.). – (Historia Contemporánea ; 19)

Ed. electrónica de la ed. impresa.

Modo de acceso: World Wide Web.

Bibliografía: p. 213-223.

ISBN: 84-8373-242-4.

Hierro – Industria y comercio. 2. País Vasco – Industria.

(0.034) 669.1(460.15)



LENBUR
FUNDAZIOA

Fotografía de portada: obra de Gorka Salmerón,
cedida por cortesía de LENBUR.

© Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua

ISBN: 84-8373-242-4

Depósito legal/Lege gordailua: BI - 424-00

Presentación

*Zure burdinaaac izan dira
Zure usu-costumbriac*
[González Azaola]

Kiski-kaska, mallua gora ta mallua beera, beso zuztar bikaiñeko euskalduna jo ta jo ... es, sin duda, la expresión más acertada, en pluma de Don Joaquín Dorrondo-so¹, y representativa de los siglos de tesón y dura labor que distinguieron al ferrón vasco en el reino de Castilla y en el mundo civilizado.

El hierro, base fundamental de la economía vasca a lo largo de los siglos, ha forjado, sin duda, más que ninguna otra actividad humana el ser del vasco desde los lugares del interior hasta su costa.

Su estudio despertó ya la curiosidad en la Bascongada del s. XVIII, en un intento pragmático de conocer mejor los secretos de la fundición y forja y sacar el máximo provecho a esta primera industria del País. Sin embargo su estudio histórico, salvadas algunas individualidades meritorias aisladas, no se abordó en su conjunto hasta que Luis Miguel Díez de Salazar decidió asumirlo como tema de su Tesina de Licenciatura y posterior Tesis Doctoral (1981).

Desde entonces muchos son los estudios realizados y muchas las iniciativas que instituciones y pueblos, especialmente guipuzcoanos, han desarrollado y desarrollan por recuperar un patrimonio, ya arqueológico, que el paso del tiempo y la fuerza de la Naturaleza van minando y haciendo desaparecer. Importantes, aunque poco conocidas aún, son también las iniciativas que han permitido recuperar a dos de estas instalaciones fabriles en Gipuzkoa (Mirandaola en Legazpia y Agorregui en Aya), a través de las cuales se puede revivir la dura vida y la labor desarrollada por nuestros antepasados ferrones...

Las instalaciones fabriles (ferrerías) que van jalonando las cuencas y regatas más importantes de nuestros ríos desde, al menos, el s. XIV, se convertirán pronto en el

¹ Sacerdote ya fallecido, retirado a Hernani tras su jubilación, traductor al euskera guipuzcoano de la Tesina de Licenciatura de Luis Miguel Díez de Salazar Fernández «*Ferrerías de Hernani en el s. XVI*» (*Gipuzkoa'ko burnigintza. Hernani'ko burni-olak XVI'gn gizaldian*), obra con la que obtuvo el **Premio Joxe Miguel de Barandiarán** en 1978.

elemento más notorio de poder político, económico y social del hombre vasco, protegidos expresamente por los ordenamientos jurídicos guipuzcoano y vizcaíno, donde, incluso, llegarán a disponer de fuero y alcaldes propios. Caso distinto será el alavés donde, por fuero también, y a petición de los alaveses, en 1332 Alfonso XI prohibió levantar herrerías en Alava «porque los montes non se yermen nin se astraguen»².

Las herrerías se convertirán así en las primeras y más costosas instalaciones fabriles vascas, y sus dueños (no siempre ferrones) en sus primeros empresarios. La perfección de su forja y la pericia de sus mercaderes irán expandiendo sus productos por los mercados más importantes de Europa y las Indias, donde el llamado «fierro vizcaíno» será altamente reconocido durante toda la Edad Moderna, hasta la crisis general de la industria tradicional bien entrado el s. XVIII.

Siendo, pues, el hierro la base de la industria y el desarrollo de las provincias vascas (especialmente de Gipuzkoa y Bizkaia) prácticamente hasta las grandes reconversiones actuales, se entiende que el tema del hierro aún despierte un interés y admiración tales en la sociedad vasca que hayan dado origen a la creación de la «Fundación Cultural LENBUR» en Legazpi (Legazpi, Natura eta Burdina). Y no es una casualidad que haya sido esta localidad la que ha tomado la iniciativa de estudiar y transmitir la «cultura del hierro» por cuanto ha sido ella, sin duda, uno de los pueblos que más desarrolló dicha industria y con participación como co-propietarios de las herrerías de casi todo el vecindario.

Pero faltaba una «puesta a punto» de los conocimientos que hoy se tienen sobre el hierro y todo el complejo industrial que rodea a la industria ferrona. Para dicha labor LENBUR ha tenido el gran acierto de interesar en su proyecto a Elena Legorburu Faus, autora de la obra, quien, desde su sólida formación académica y avalada por su doctorado, ha asumido con pasión, como suele hacerlo, el estudio de **La labranza del hierro en el País Vasco**.

Elena no se limita en esta obra a señalar las aportaciones realizadas por los distintos investigadores que se han aventurado a indagar el desarrollo de la industria del hierro labrado en las herrerías vascas, sino que, superando dicho objetivo, plasma un verdadero «estado de la cuestión» en torno a los conocimientos que hoy se tienen de dicha industria.

La visión diacrónica de la explotación ferrera aportada por la autora nos remonta, a lo largo de las más de 200 págs., desde la prehistoria del hierro y la expansión de la cultura siderúrgica por el Mediterráneo, nos lleva por las haizeolas, nos recrea con las herrerías hidráulicas, explicando a detalle el proceso seguido en el forjado del hierro y la economía inducida que surge y se desarrolla en torno a ellas, nos plantea la problemática suscitada tras los cambios tecnológicos y nuevos descubrimientos acaecidos en Europa en torno a la industria siderúrgica (que llevarán al declive de la forja vasca y a la pérdida de los mercados), y, finalmente, nos aporta la visión sobre la moderna industrialización del País Vasco.

Soy consciente del enorme esfuerzo que ha debido suponer a la autora la realización de este estudio. Soy asimismo consciente del enorme carácter didáctico que encierra el mismo. No es fácil aunar en una única y clara visión de conjunto todas las aportaciones que, especialmente a lo largo de los últimos años, se han ido publicando sobre el tema. Sólo una mente clara y objetiva, con una sólida formación crítica y un cierto espíritu «aventurero», puede ofrecernos la obra que tenemos en las manos.

M.^a Rosa Ayerbe

² Cap. 14 del concierto hecho entre la Cofradía de Arriaga y el Rey (Vitoria, 2-IV-1332).

Índice

Prefacio	11
Introducción	
Los requisitos físicos. El mineral y el medio	19
Capítulo I	
De las orillas del Mediterráneo a las cimas del Aitzgorri. Las rutas de la siderurgia	27
I.1. El bronce, el hierro y los aceros antiguos al carbono	29
I.2. Expansión de la metalurgia del hierro en Europa	32
I.3. Expansión del conocimiento del hierro en el País Vasco	36
I.4. Del Imperio Romano a la Alta Edad Media	42
I.5. Los hornos de las haizeolas	48
Capítulo II	
La energía hidráulica	51
II.1. Orígenes y difusión de la energía hidráulica	53
II.2. Descenso de las ferrerías vascas a los valles	56
II.3. Equipamiento de una ferrería hidráulica	61
Capítulo III	
Procedimientos de la ferrería tradicional. Calcinación, reducción y forja	75
III.1. Calcinación de la vena	76
III.2. Proceso de reducción	77
III.3. Uso de fundentes	78
III.4. La forja	79
III.5. Acero por procedimiento indirecto; el acero de Mondragón	80
III.6. Formas de trabajo y modos de vida de los ferrones	85

Capítulo IV	
En torno a la ferrería. Economía inducida	89
IV.1. La Minería durante el Antiguo Régimen	90
IV.2. El carboneo	97
IV.3. La silvicultura	99
IV.4. Transporte y comercio	103
Capítulo V	
Siglos XVII y XVIII. Conservadurismo tecnológico e inercia económica.	113
V.1. El «stücköfen» y los altos hornos al carbón vegetal	116
V.2. Alternativas al carbón vegetal. Descubrimiento del coque	121
V.3. El acero fino al crisol. Método de Huntsman	128
V.4. Retroceso del hierro vasco en el mercado internacional	129
Capítulo VI	
Tiempo de reflexión	135
VI.1. Juan Bautista y Pedro Bernardo Villarreal de Bériz	138
VI.2. La escuela navarra. El nacimiento de la economía en España	140
VI.3. Las sociedades económicas. La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País	144
Capítulo VII	
Prolongada convivencia entre viejas y nuevas tecnologías	155
VII.1. La Revolución Industrial británica	156
VII.2. Nuevas aplicaciones del hierro fundido	161
VII.3. Declive de la forja vasca. Pérdida del mercado siderúrgico	162
VII.4. Las últimas ferrerías vascas	166
VII.5. La rueda hidráulica y la máquina de vapor. Una larga convivencia . .	168
Capítulo VIII	
El hierro vasco y la II. ^a «Revolución Industrial»	173
VIII.1. El momento técnico	174
VIII.2. Características del mineral vizcaíno	179
VIII.3. Explotación minera.	182
VIII.4. En torno a la acumulación de capital.	188
Capítulo IX	
Moderna industrialización en el País Vasco	193
IX.1. El modelo industrial vizcaíno.	194
IX.2. El modelo industrial guipuzcoano.	199
Reflexiones finales	205
Bibliografía	213

Prefacio

«[...] y eran el hierro y los frutos su principal riqueza en el principio. De ahí la constante preocupación del hambre, en esperanza cierta al fracasar de los tiempos ó el tornar adverso de las guerras en los países vecinos, [...]» T. GUIARD

Los caminantes que siglos atrás atravesaban los Pirineos occidentales y se adentraban en tierras vascas por las rutas jacobeanas nos han dejado descripciones muy poco amables del hombre y su medio. Hablaban de indígenas más salvajes que huraños, que vivían en un territorio montañoso y hostil. Sus únicas riquezas visibles consistían en bosques frondosos y una cabaña ganadera que apenas se mantenía en reducidas áreas de pasto. La agricultura se mostraba claramente insuficiente como para garantizar la manutención de quienes la practicaban. Sólo algunos frutos, como la castaña, la bellota y la manzana, se recogían con cierta abundancia.

El País Vasco atlántico presenta una constante histórica: la penuria cerealística. En la Europa pre-industrial los cereales aportaban el elemento nutritivo fundamental de la dieta humana. La pobreza agrícola de las comarcas vascas septentrionales colocaba a sus habitantes a merced del abastecimiento del grano europeo, así como de su capacidad para sufragar dicha transacción. Tales deficiencias comprometían de forma crónica la supervivencia del hombre y lo sometían de forma inexorable a reajustes severos, por lo bajo, en consonancia con la pobreza de sus recursos alimenticios. Carestías y mortandades azotaban periódicamente la población, de tal forma que truncaban cualquier amago de crecimiento sostenido. Finalizados los períodos de crisis, la demografía retornaba a los escasos márgenes que le permitía un entorno tan agreste.

La superación de la pobreza del medio se sustentó sobre dos columnas: la vocación marítima y el trabajo del hierro. Marineros y mercaderes

vascos surcaron los mares para ofrecer, primeramente, sus servicios como transportistas. Comenzaron con el trasiego de lanas castellanas, paños flamencos y otras mercaderías europeas en las plazas ultramarinas. Poco a poco fueron enriqueciendo su oferta con productos de factura autóctona: el HIERRO. La exportación de este mineral, en tocho o manufacturado, permitió al área vasca especializarse en una economía volcada hacia el exterior. En el tránsito de los últimos siglos medievales, las provincias atlánticas ligaron para siempre su prosperidad al devenir del mercado europeo. Así lo atestiguan las fluctuaciones en torno a la materia que nos ocupa.

La particular evolución del sector presenta, pues, consecuencias fundamentales para el país. Su seguimiento nos conduce a una dinámica multiplicadora de vastas dimensiones. La explotación de las minas de hierro está íntimamente ligada a los puertos y su movimiento. Pero también a otros muchos aspectos de naturaleza dispar (financiera, tecnológica, empresarial, política,...) que sólo una actividad de tan señalada envergadura ha sido capaz de inducir. Una anécdota de la Historia de Legazpi ilustra el protagonismo acaparado por la industria del hierro: el pequeño riachuelo de montaña que discurría por sus tierras y movía los ingenios metalúrgicos fue bautizado como «Urola», o «Río de Ferrerías».

Más allá de sus efectos sobre la balanza de pagos, mar y hierro han trascendido hasta el extremo de imponer un sesgo privativo en la Historia del pueblo vasco. A medida que ambos potenciales se desarrollan, el país articula su economía y sociedad conforme a un modelo propio. A los ojos del historiador, el hierro surge una y otra vez como referencia en cualquier intento de comprensión del pueblo vasco a lo largo de su devenir: desde la permeabilidad indígena de épocas pre o protohistóricas hasta el actual trazado urbanístico del País; la aquiescencia del régimen foral por propios y extraños; el alcance de la fiscalidad privativa de las provincias vascas; la aparición y consolidación de nuevos grupos sociales vinculados al comercio y a la industria; la modernización;... etc.

Como objeto de investigación, el hierro ha protagonizado una extensa literatura que ha sido abordada desde los más variados puntos de vista. La trascendencia del sector en la vida del País Vasco ha despertado el interés de múltiples ramas profesionales, las cuales nos han legado un bagaje heterogéneo de estudios y puntos de vista. Ciencia, Técnica, Arqueología, Economía, Arte,... han esbozado sus visiones particulares.

El libro que presentamos recrea estudios académicos precedentes. El texto se basa en conocidas obras sobre el tema. Muchos de ellos son considerados «clásicos» en su área. Este trabajo obedece a una iniciativa del Ayuntamiento de Legazpi y de la fundación cultural LENBUR («Legazpi, Natura eta Burdina»). El municipio, sito en el Valle del Urola, se localiza en aquella franja del País Vasco húmedo que desde fechas remotas compensó sus déficits agrícolas con las riquezas del subsuelo. La tradición sidero-metalúrgica define su voca-

ción desde los indicios pre o proto-históricos hasta la actualidad. Sus naturales han asistido, generación tras generación, a cada uno de los capítulos que ha trazado el trabajo del hombre en la Historia del Hierro. A finales del Siglo XX la remodelación industrial de la Villa, de la provincia (Gipuzkoa) y del mismo País Vasco se sucede con rapidez. Los ciudadanos de Legazpi son testigos de profundas transformaciones. Conscientes de su irreversibilidad, han impulsado diversos proyectos dirigidas a profundizar en sus raíces y patrimonio. En este contexto LENBUR ha considerado oportuno detenerse a reflexionar sobre el caudal de conocimientos que disponemos acerca de un tema fundamental en la cultura del País Vasco como el que nos ocupa. Para ello ha convocado una beca que aborde el estado de la cuestión y que ha hecho posible la confección del presente informe. Conste, pues, mi agradecimiento a esta institución y, sobre todo a su principal responsable, Aurelio González, por la confianza que ha depositado y a la que espero no defraudar.

Desechada la opción de un mero «compendio» (entendido como acumulación de datos con alarde de erudición), el discurso del texto precisaba de un eje vertebral. Se hacía necesario integrar informaciones de naturaleza y contenido dispar en una exposición diáfana. No ha sido sencillo prestar coherencia a la avalancha de noticias de tan diversa índole. Hemos articulado el devenir de la Historia del Hierro atendiendo a su faceta tecnológica; esto es, conforme al progreso de los métodos aplicados en la explotación minera y siderúrgica. Los efectos selectivos de una opción de estas características son evidentes. La discriminación se acentúa, además, por el particular filtro que impone la subjetividad de todo narrador; en este caso, la de la responsable de estas líneas. El desarrollo de algunos aspectos ha quedado reducido a menciones testimoniales, o postergado a un segundo plano. Es el caso de las industrias derivadas, p. ej., o de los aspectos jurídicos, entre muchos otros, a los que apenas se hace mención debido al alcance del volumen. La bibliografía final o la citada a pie de página, según los casos, ofrece suficientes indicios a los interesados para que puedan profundizar sobre las materias relegadas. Pero la clave tecnológica se presenta como uno de los criterios que integra mayor proporción de noticias en un espacio tan dilatado en el tiempo. Proponemos al lector no instruido en la materia un hilo argumental con la suficiente información como para ilustrar su seguimiento con claridad. El especialista dispondrá de una obra ilustrativa que renuncia a la exhaustividad a cambio de un esfuerzo de síntesis (como es habitual, por otro lado, en este tipo de obras).

Por otro lado la Historia de la Tecnología ofrece una plataforma de encuentro idónea con las experiencias de otros países. La referencia constante al marco vigente en Occidente constituye, tras la recreación de la coyuntura vasca misma, el principal eje del libro. El marco comparativo permite sopesar el momento vasco con mayor ponderación. El cotejo entre los tratamientos aplicados sobre el hierro dentro y fuera de las fronteras es un tema recurrente en la mayoría de la historiografía vasca. Como ya ad-

virtió Julio Caro Baroja, «*en conjunto, [...] la técnica tradicional del vasco es la europea, occidental y algunas veces incluso germánica*»¹; certidumbre que es compartida, tácita o explícitamente, por todos aquéllos que se han acercado a estudiarla.

El interés suscitado por esta óptica en otros países se plasma en una bibliografía marcada por un animado debate. Lejos de nuestro ánimo entrar en polémicas internalistas; pero no podemos dejar de señalar, cuando menos, sus rasgos más pronunciados. Algunos estudiosos pretenden demostrar que el proceso evolutivo humano es universal y unilineal. Esta tesis no suele ser muy bien recibida y encuentra muchas contestaciones. En el otro extremo, la «evolución multilineal» reúne a muchos defensores, aunque parten de presupuestos dispares. Exponentes de ambas posturas se dan cita en la Historia de la Técnica. Las esbozaremos brevemente.

Los enfoques macrohistóricos tienden a presentar el progreso tecnológico como una tendencia inexorable que avanza con movimiento unidireccional. Se aplican sobre períodos de tiempo dilatados. Los partidarios de este tipo de investigación se esfuerzan en deducir el orden que subyace tras la sucesión de acontecimientos a largo plazo. Sus exposiciones tratan de averiguar los principios racionales que subyacen bajo toda mutación tecnológica. Ensalzan el progreso como principal responsable del cambio social, y tienden a presentarlo como una fuerza luminosa que discurre independientemente a la mayoría de las contingencias del entorno. De la lectura de este tipo de obras se desprende un contagioso optimismo acerca de la marcha de la Humanidad con el que resulta difícil no entusiasmarse. Probablemente nos hallamos ante las interpretaciones más benévolas de la relación del hombre con la Naturaleza.

La concepción de la tecnología como ente autónomo apela directamente a la ingeniería. Muchos de sus profesionales, movidos por aspiraciones culturales, se han acercado a la Historia del Hierro. Y lo han hecho desde una perspectiva internalista, según la cual la técnica evoluciona conforme a su propia dinámica; esto es, la búsqueda de una eficacia creciente. Sus obras recrean con erudición el desarrollo de los instrumentos y las cualidades de las materias primas. Debemos a esta tradición copiosas descripciones que han dejado grabados en nuestras mentes hornos, aparatos, aprovechamientos energéticos, minerales, procedimientos,... con toda suerte de detalles. Esas páginas son hoy referencia obligada para cuantos se acercan a la materia. Gracias a ellas atesoramos hoy imágenes que en la actualidad han sido borradas del paisaje, pese a los desvelos de los arqueólogos.

Profesionales procedentes de disciplinas de la Filosofía y las Letras se han visto atraídos hacia el determinismo tecnológico. Su peculiar forma-

¹ 1974, p. 176.

ción les ha llevado a detenerse en las implicaciones humanas de los ingenios. Desde su óptica, la evolución técnica estimula la evolución socio-económica, y gustan presentar la Historia en función del progreso instrumental. La comprensión del feudalismo medieval en función del estribo por Lynn White es ya una referencia paradigmática de esta escuela. El determinismo tecnológico de raíces economicistas goza también de gran atractivo. Se trata de una corriente extendida en círculos de la Economía liberal, que presenta el mercado como el principio por el que se rige la selección de las tecnologías más competitivas². Los partidarios de esta tesis enfatizan los mecanismos de la oferta y demanda como los criterios rectores de la evolución. En última instancia, la presentan supeditada al mercado.

La lógica a la que todo determinismo somete a los acontecimientos sólo se aprecia con toda propiedad en largos períodos cronológicos. Tal y como apostilla Thomas J. Misa, convence a los historiadores posteriores; pero no necesariamente a los protagonistas que viven el «día a día» del suceso. Los planteamientos a nivel «macro» adolecen con frecuencia de una «teleología» que les gana cierta hostilidad entre colegas más escrupulosos.

Las alternativas a las explicaciones teleológicas parten, en su mayoría de la micro-historia:

«La mano de obra de la economía [afirma, p. ej., Richard W. Bulliet] no puede dejar de lado al poderoso y al desposeído, a lo occidental y lo no occidental y a lo masculino y lo femenino, las líneas divisorias fundamentales en el pensamiento historiográfico actual.»³

El análisis «micro» descubre multitud de lagunas y puntos oscuros que las macro-interpretaciones han pasado por alto. Se detiene sobre las contingencias históricas, percibiendo una pluralidad de personalidades, posturas contrapuestas, circunstancias, fortuitos,... que se entremezclan en espiral. Respeta el desorden de las noticias. Pero, sobre todo, enfatiza el protagonismo del hombre como ente particular: el individuo y su iniciativa empresarial.

Las unidades espaciales y temporales seleccionadas en las que se desarrolla un enfoque de estas características son de dimensiones reducidas. De este modo, las experiencias sectoriales y regionales quedan realizadas. El investigador parte del principio de que las máquinas no mueven la historia; de que no desempeñan ni pueden desempeñar un papel causal. Sus pesquisas se detienen en aspectos aparentemente tangenciales como las

² Incluso Robert L. Heilbroner, partidario de un determinismo economicista «blando», no puede evitar el énfasis en afirmaciones como la siguiente: «Vivimos en un orden social en el que el cálculo económico tiene prioridad sobre muchos aspectos de la vida y entra en sus definiciones. [...] la economía constituye la fuerza motivadora más poderosa y presente y la única a la que pueden atribuirse regularidades de conducta, [...]» 1996, p. 94.

³ 1996, p. 231.

estructuras sociales preexistentes, las orientaciones del mercado, el marco legal,... Consigue así una descripción más compleja de los procesos.

Los estudios a pequeña escala cuestionan la racionalidad que los analistas con veleidades deterministas atribuían a los agentes históricos. Del mismo modo, se muestran escépticos frente a la funcionalidad que aquéllos concedían a sus acciones. Philip Scranton concibe el cambio tecnológico como un fenómeno exento a todo marco racionalizador⁴. Propone explorar las experiencias coetáneas que siguen trayectorias divergentes, así como ahondar en sus implicaciones con grupos de poder sociopolíticos. Anima al historiador a desvelar los intereses que implican al Estado y a las instituciones profesionales en el complejo entorno que rodea el éxito o el fracaso de una técnica determinada⁵.

A lo largo de las páginas siguientes nos proponemos fijar los hitos sobresalientes del hierro vasco en el entramado espacial y temporal europeo-occidental. Hemos tratado de definir un escenario-patrón sobre el cual ubicar posteriormente la actividad vasca. Ésta adquiere, toda su especificidad por contraste respecto al contexto en el que se desenvuelve. Los primeros pasos se han detenido en la evolución de los parámetros tecnológicos de Occidente. Para ello se ha tenido presente el concepto de «difusión» en un sentido estrictamente descriptivo, no explicativo; esto es, como mero mecanismo de expansión de ideas y conceptos⁶. Ya en la III Semana Internacional de Antropología celebrada en 1973 en Bilbao se insistía en la necesidad de profundizar en el estudio técnico comparativo entre la ferrería vasca y la industria europea. Pero incluso desde antes, la bibliografía vasca había apelado a las prácticas mineras y siderúrgicas fuera de sus fronteras, bien para ensalzar la calidad de la factura indígena, bien para tratar de explicar su hundimiento, o para realzar la originalidad de su experiencia,...

Una vez dilucidada la coyuntura internacional, dirigimos nuestra mirada hacia el País Vasco. Éste, por contraste, se nos presenta como un estudio de dimensiones «micro-históricas». Este enfoque queda matizado atendiendo a los objetivos de LENBUR y del Ayuntamiento de Legazpi. Con este fin hemos aplicado una segunda óptica conforme a la cual el País Vasco en su globalidad se convierte en el nuevo horizonte de referencia en el que se desenvuelve la particular trayectoria del municipio. Resaltamos con particular interés aquellas noticias que hacen referencia al mismo. Las evoluciones del País Vasco ofrecen así el fondo sobre el que se recorta Legazpi con nitidez. Es en este contexto donde cada elemento de su rico pa-

⁴ 1996, p. 179.

⁵ En este sentido, Nathan Rosenberg aconseja ponderar el progreso tecnológico con la consideración, entre otros factores, de «*la eficacia de las políticas gubernamentales que intentan influir de forma particular en las tecnologías.*» 1993, p. 11.

⁶ En palabras de John Collis (1989, p. 12), la «difusión» responde al concepto de «*adopción gradual de nuevas ideas y su expansión general.*»

trmonio histórico adquiere su valor. Ofrece el contrapunto a los grandes conceptos sobre los que discurre la Historia. La Villa y su entorno, referencia constante de nuestro trabajo, aporta un contrapunto arqueológico-paisajístico idóneo para una Historia que supera forzosamente los horizontes de su angosto valle.

El desarrollo bibliográfico acerca del Hierro vasco es abrumador. Abundan las aportaciones fragmentarias y de ambición estrictamente local. Estos rasgos han prolongado la tarea selectiva y han encarecido el objetivo de síntesis. Las últimas páginas incluyen una bibliografía sin ánimo de exhaustividad. Muchos de los títulos constituyen obras clave en la comprensión de la Historia del País Vasco; pero no pretenden agotar el repertorio de las lecturas más significativas. Recogen aquellos títulos cuya consulta ha inspirado directamente los párrafos de las próximas páginas. La selección obedece, pues, a aquellas lecturas más fácilmente reconocibles en el texto. Menciones u omisiones en el listado no responden a más consideraciones que la expuesta. En ocasiones se facilitan referencias a autores y bibliografía especializada en notas a pie de página en los apartados pertinentes.

El cuerpo argumental de este libro recoge también el fruto de las enseñanzas de mis antiguos profesores de Deusto y de la UPV/EHU en el desempeño de sus tareas lectivas: asignaturas de licenciatura, cursos de doctorado, cursos de verano,... o de amigables charlas en el transcurso de las cuales se han prestado desinteresadamente a guiarme con sus recomendaciones.

También he contado con la ayuda de profesionales cualificados a quienes he molestado con mis consultas. Ellos me han correspondido brindándome sus valiosas indicaciones. Dejo constancia en estas líneas de mi reconocimiento a M.^a Rosa Ayerbe Iribas (UPV/EHU), Javier Aznar («Burdinola», Asociación de Amigos del Museo del Hierro de Legazpi), Montserrat Gárate Ojanguren (UPV/EHU), Beatriz Herreras Moratinos (LENBUR), Fermín Leizaola («Sociedad de Ciencias Aranzadi»), Íñigo Legorburu Faus (UPV/EHU), Carlos Olaetxea («Sociedad de Ciencias Aranzadi»), José M.^a Palacios Reparaz (Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales e Ingenieros de Telecomunicación de Bilbao), M.^a Mercedes Urteaga Artigas («Arkeolan»). Agradezco muy especialmente la colaboración de componentes del Departamento de Historia Contemporánea de la Universidad del País Vasco, personalizando la deuda contraída en el catedrático Luis Castells Arceche con quien me une una larga relación académica.

No puedo finalizar esta presentación sin asumir la exclusiva responsabilidad de las incorrecciones que puedan contener las próximas páginas. No hacen justicia a la ayuda recibida por todos los citados para comprender, madurar y redactar el tema. Sólo dejan en entredicho la capacidad de quien las firma.

E. LEGORBURU FAUS
San Sebastián, junio de 1998

Introducción

Los requisitos físicos. El mineral y el medio

«Hallarás montañas, bosques, asperezas, precipicios, quebradas espantosas, [...]. Hallarás dos frutos en este terreno, que son hombres y hierro.»

M. DE LARRAMENDI, S.I.

El 99% de las rocas terrestres están formadas por ocho elementos: Oxígeno, Silicio, Aluminio, Hierro, Sodio, Manganeso y Potasio. El hierro ocupa el cuarto lugar por su abundancia, y aporta el 5% del peso de la corteza de nuestro planeta. Pero no se encuentra en estado puro sino en combinación con otros elementos, conformando óxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros.

El hombre lleva más de tres milenios esforzándose por obtener hierro del mineral en el mayor grado de pureza posible. Para ello le es preciso separarlo de la corte de materiales que le acompañan. Esta operación, llamada «*reducción*», ha desafiado durante siglos la capacidad humana.

Un importante elemento que participa en esta tarea es la temperatura. La potencia calórica del combustible determina su grado de elevación; y ésta se relaciona estrechamente con las posibilidades de obtención y tratamiento del hierro. Pero también se verá involucrada en las características que definan el producto final, como tendremos ocasión de exponer en las páginas siguientes.

La siderurgia se caracteriza por tratarse de un proceso particularmente intensivo en el consumo de combustible. Esta singularidad ha supuesto durante siglos una seria cortapisa a la expansión del sector, limitando notablemente el volumen de fabricación y sus derivados. Las enormes sumas de capital invertidas en el aprovisionamiento y traslado de combustible han comprometido históricamente la aplicación masiva del hierro. El hombre se ha visto obligado a resolver no sólo la forma de depurar el mineral, sino a proceder con el mayor ahorro energético posible.

Este imperativo es aún más acusado en la fabricación del acero. Los antiguos occidentales se hallaban familiarizados con él desde época prehistórica. Conocían sus excelentes cualidades, y no dudaban en señalarlas como notablemente superiores a las del mismo hierro. Recientemente se ha definido el acero como «*el más importante, multifuncional y adaptable de los materiales [...] ha contribuído notablemente al desarrollo y progreso de la humanidad y mantendrá sin duda su papel prioritario en el futuro*»⁷. Nuestros antepasados ya sabían de su idoneidad para múltiples aplicaciones. Pero hasta entrado el siglo XIX no consiguieron superar los elevados gastos de producción. Esta circunstancia lo mantuvo reservado durante siglos a series reducidas de manufacturas exquisitas.

Las materias primas empleadas en los procesos de la industria pesada, mineral de hierro y carbón, reúnen un gran espectro de variantes. Sus peculiaridades han determinado las posibilidades de desarrollo del sector en cada país conforme al momento tecnológico. Se conocen numerosas metodologías alternativas locales. Muchas de ellas han sido adaptaciones empíricas obligadas por las disponibilidades. Otras carecen de confirmación científica. Pero tanto unas como otras fueron celosamente guardadas por los ferrones a lo largo de generaciones. Sus artes fueron consideradas durante siglos más rayanas a la magia y a la Alquimia que a la Técnica propiamente dicha.

El progreso de la Metalurgia facilitó al hombre procedimientos cada vez más elaborados; pero éstos no garantizaban resultados óptimos con cualquier mena o combustible. Un avance en determinada dirección abría nuevas expectativas; podía suponer la promoción de recursos desdeñados hasta entonces. Los nuevos conocimientos potenciaban yacimientos infrutilizados o despreciados hasta la fecha, por ignorancia sobre la forma idónea de su explotación. Pero, por la misma razón, la difusión de un nuevo método se hallaba limitada a un estrecho margen de requisitos.

Las consecuencias eran forzosamente discriminatorias. No siempre podían trasladarse a un país los inventos o mejoras que tan buenos resultados rendían en otro, partiendo de materias primas diversas. La gama de criaderos de hierro o de yacimientos de carbón, la presencia de bosques... imponían un serio obstáculo, en ocasiones insalvable, a la difusión de un nuevo hallazgo tecnológico.

Los maestros ferrones, en muchas ocasiones, conseguían discernir a simple vista la idoneidad de algunos materiales. Su larga experiencia les brindaba un cierto margen de actuación sobre el producto final. Habían atesorado conocimientos de forma empírica y los contrastaban con el único método disponible: la práctica diaria. De ahí la importancia de su figura, así como de la pericia acumulada y la destreza personal. Pero su capa-

⁷ J.M.^a Palacios et alii., 1998, p. 10.

cidad de control sobre los procesos que sucedían bajo su atenta vigilancia era muy limitada, dado que ignoraban los rudimentos de la Química.

Esta circunstancia revistió a la Metalurgia de un gran misterio para el entendimiento humano. Cada operación iniciada en una ferrería sumía en la incertidumbre a sus responsables acerca de la calidad de sus resultados. Veamos, p. ej., la desorientación del ferrón Miguel de Bazterrechea en 1652, al comprobar la escasa calidad del hierro labrado con las materias primas de habitual procedencia:

«[...] todavía a quedado una poca de vena requemada en Zubieta que ya voy juntando carbón para ella; en esta ferrería me a salido buena en los carbones mas mala en las benas. Hereza está labrando todavía, y estoy aguardando a que se acave para reconozzer si a consistido en la calidad de la bena, que en esta todas son de Matheo de Musquis y en Zubieta eran mezcladas. La ferrería al pazer a andado muy buena y no sé en lo qué está el daño.»⁸

Habría que esperar a la «Revolución de la Química», ya en pleno siglo XVIII, para comenzar a entender las complejas reacciones que encerraba el Arte de los Metales.

El hierro de forja, el acero y el hierro fundido o colado contienen más de un 95 por ciento de hierro en su composición. Son tres materiales con una misma procedencia, la mena de hierro; incluso pueden haber sido reducidos con un mismo combustible. Sus diferencias en calidad y naturaleza se deben a los procedimientos y al tipo de horno a los que han sido sometidos. Estos determinan la cantidad de carbono absorbida por el material final y la microestructura a la que da lugar, su elemento definitorio⁹. En el hierro de forja la presencia de carbono es inferior al 0'025 por cien. Los aceros térmicos al carbono, con un porcentaje de participación entre un 2 y un 0'025 por cien, coronan felizmente los esfuerzos de generaciones de metalurgistas. Finalmente el hierro de fundición o «colado», esto es, el producto de un alto horno, incorpora entre un 2 y un 6 por ciento de carbono.

El papel determinante de este componente en las distintas calidades expuestas pasó desapercibida a la vista tanto de los experimentados maestros metalúrgicos como de los sesudos hombres «de ciencia» hasta finales del siglo XVIII. Su escasa participación lo hacían difícil de detectar con los rudimentarios instrumentos de los que disponían. La función que cumplía el carbón como combustible a lo largo del proceso productivo enmascaraba la no menos importante como componente de la aleación. De ahí que, durante

⁸ Transcrito y reproducido por Valle de Lersundi, 1979, p. 500.

⁹ «El elemento más importante de la aleación [advierde José M.^o Palacios] es el carbono y alterando entre límites estrictos su composición y la de otros elementos de aleación, junto con otras variables, pueden obtenerse las características deseadas del acero.» 1998, p. 10.

siglos, se admitiese sin discusión la afirmación de Aristóteles según la cual el acero era un hierro más refinado (lo que tampoco se hallaba muy lejos de la realidad, si se lo comparaba con el producto de una «colada» o «arrabio» de un alto horno)¹⁰.

Habría que esperar a los progresos de las investigaciones emprendidas en Francia y Suecia en el siglo XVIII. En 1722 el científico René Réaumur (1683-1757) concluyó que la diferencia entre las distintas calidades del hierro y del acero residían en la incorporación de una substancia material. En 1786 esta hipótesis fue felizmente refrendada con la identificación de dicho elemento: el *carbón* procedente del mismo carbón de leña. El hallazgo tuvo lugar en Suecia y coronó minuciosos estudios realizados sobre el acero de Damasco¹¹.

Los metalúrgicos permanecieron ajenos a los hitos científicos, aún cuando implicaban directamente a su propia área. Los éxitos industriales alcanzados por Inglaterra en el siglo XVIII y que la encumbraron a la cabeza de las potencias económicas mundiales (lo veremos en los capítulos correspondientes) fueron independientes al avance de los conocimientos. El mismo pudelado fue inventado al margen de los circuitos científicos. Los descubrimientos realizados por franceses y suecos en materia química durante esta centuria ayudarían a interpretar los procesos metalúrgicos *a posteriori*. Sólo en el siglo XIX se iniciaría la colaboración creciente entre químicos y productores del hierro y del acero.

Yacimientos

En el subsuelo del País Vasco abundan los hematites y carbonatos. Tradicionalmente, estos filones han sido conocidos por los naturales por el nombre de «*veneras*», y por el de «*vena*» su producto. La fuerte explotación a la que han sido sometidos, incluso desde época romana, son la cau-

¹⁰ Boussingault, en 1870, elaboró la siguiente tabla de participación del carbono en las distintas especialidades:

— Acero cementado	0'008 a 2'0%
— Acero refinado	1'2 a 2'0%
— Acero fundido (preparado con acero cementado)	0'9 a 1'8%
— Acero para muelles de reloj	1'9 a 1'8%
— Acero para cañones	0'59 a 1'8%
— Acero para cañones de fusil	0'45 a 1'8%

En R. Wagner, 1891, p. 63.

¹¹ Los científicos responsables de este descubrimiento fueron Vandermonde y Berthollet, matemáticos, y el químico Monge. Lo dieron a conocer en una comunicación leída en la Académie de Sciences. En el mismo año Guyton de Morveau, procedente de una vía de investigación independiente, publicaba en la Enciclopedia una teoría similar. Nos encontramos ante las dos primeras formulaciones de la teoría moderna del *acero*.

sa de que actualmente se encuentren prácticamente agotados. Destaca, por su riqueza, el coto minero de Triano, en Somorrostro. Ya lo citaba Plinio con admiración en su *Historia Natural*:

*«De todos los metales el mineral más abundante [que se conoce en Europa] es el hierro. Sobre la costa de Cantabria que baña el Océano hay una montaña escarpada y elevada, que toda ella es de esta materia.»*¹²

El resto de los yacimientos en territorio vasco es de inferior calidad, lo que no ha impedido el que haya sustentado una industria próspera durante siglos. Las ferrerías no han despreciado las menas autóctonas, aún sabiéndolas inferiores. Pero las han labrado en combinación con mineral de Somorrostro, con el fin de garantizar la maleabilidad de su hierro.

Araya (Aratz) y Legutiano, en Araba, encierran los mejores filones de la provincia, que ofrecen hematites parda y roja respectivamente. La ferrería de Araya ha sido la más conocida, entre otros motivos, por la disponibilidad de tan excelente materia prima. Se encuentra situada junto a un afluente del Arakil que desciende del monte Aratz. A lo largo del siglo XIX, el establecimiento sufre una metamorfosis paulatina que le convierte en el núcleo de la industria metalúrgica moderna de la provincia. Su evolución ofrece un tránsito entre los viejos y los nuevos modos siderúrgicos.

Aramayona cuenta con ambas variedades de hematites en las veneras de Aranguio, Anbotu y Albinagoya. Oquendo, Llodio, Amurrio, Zuya, Santa Cruz de Campezo,... disponen de filones de menor importancia. Su explotación se encontraba prácticamente abandonada en el siglo XIX; muchas de ellas se hallaban próximas al agotamiento, tras siglos de abastecimiento a las ferrerías tradicionales. Pero fue sobre todo la facilidad de acceso que durante siglos disfrutaron respecto al mineral vizcaíno, de superior calidad, lo que determinó la sustitución del autóctono.

Tan sólo unos pocos yacimientos guipuzcoanos han conocido explotaciones de consideración con anterioridad al siglo XIX. Destaca la hematites parda de Zerain y Mutiloa, en las estribaciones de la sierra de Aitzgorri, que despertó el interés por su análisis científico entre los caballeros ilustrados de la Real Sociedad Bascongada del siglo XVIII. Al Este de la provincia aparecen varios filones de siderosa, como Miazuri en Peñas de Aia (Irún), Arditurri (Oiartzun), o Bikoitz, en Berastegi.

Navarra participa también de filones de siderosa. Se presentan en las minas de mayor relevancia: Bera de Bidasoa, Lesaca, Goizueta,... La primera llegó a suministrar hierro a ferrerías de Laburdi. La ferrería mayor y

¹² Libro XXXIV, cap. XV, párrafo XLVII. Desechadas otros posibles lugares de referencia (monte Cabargas de Cantabria, p. ej.), casi todos los comentaristas coinciden en señalar que, en vista de las hipérbolas, es posible que Plinio no hubiese visitado jamás estas tierras y que hablase por referencias.

menor de Xuhastia, en San Juan de Luz, había recurrido tradicionalmente a los yacimientos mineros de Ainhoa y Sara. Pero su agotamiento le llevó a depender de las importaciones de Vera.

Los yacimientos que los Pirineos occidentales ofrecen a las ferrerías de Iparralde se caracterizan por su modestia. La mayoría de las noticias que nos llegan de las ferrerías de Lapurdi y Benafarroa nos muestra su dependencia del mineral vizcaíno. Este llegaba a Bayona y San Juan de Luz, desde donde era distribuido por los establecimientos del interior. Pero también se explotaban las minas de Baigorri, Ondarola y Egourre, entre otras.

La mejor vena en el área fronteriza pudo ser Ustelleguy, en el valle de Ossés, cerca de San Martín de Arrossa. Aún se explotaba en 1914. Por lo general, las ferrerías de Zuberoa se abastecen de minerales de los alrededores, como los que se localizan en las cercanías de Lacarry, o los próximos a Haux, Etchebar o Bostmendieta.

Las fraguas de las ferrerías movidas a impulsos hidráulicos, lejos de alcanzar el punto de fusión del metal, ponían el metal al rojo blanco. En este estado, era sometido al tratamiento de forja. Las impurezas saltaban a modo de chispas incandescentes, a golpe de martillo. El producto final era de una gran pureza, resistente y dúctil. Pero el mismo procedimiento determinaba una composición heterogénea, dado que no eliminaba la totalidad de las escorias ni de las partículas pétreas, que persistían en los lingotes y demás manufacturas.

El clima y el relieve

El territorio vasco se ubica entre dos cordilleras, la Cantábrica y los Pirineos. Su orografía, aunque montuosa, presenta alturas reducidas en proporción a las dos cadenas montañosas que lo flanquean. Se encuentra atravesado por algunas de las rutas que con menor dificultad franquean la cordillera.

Esta condición lo ha convertido en el «umbral» de la Europa occidental al tránsito de especies vegetales y animales, como también al hombre. Constituye el «pasillo» obligado del flujo cultural que, procedente de la Europa atlántica, se adentra en la Península. Y viceversa.

«Loin de constituer un espace de refuge ou une terre de passage, les Pyrénées virent se constituer et s'épanouir à différents moments de la préhistoire, des communautés ouvertes sur l'extérieur.»¹³

El territorio presenta dos vertientes, septentrional y meridional. La prolongación occidental de los Pirineos, los cordales de Aralar, Alzania, Urkilla, Elgea, Gorbeia y Salbada son la evidencia física de una divisoria que delimita 2 cuencas hidrográficas con sus correspondientes espacios.

¹³ Dominique Sacchi y Jean Vaquer, Directores de investigación en el C.N.R.S.

Clima, relieve, vegetación, hidrografía,... se conjugan en cada uno de ellos para ofrecer dos paisajes de rasgos acusados.

Hacia el Norte, los caudales se precipitan bruscamente hacia el mar, salvando un desnivel considerable en un escaso trayecto. El río más largo, el Bidouze, no llega a los 100 Km de recorrido. La cercanía de la divisoria de aguas a la costa determina la brevedad de su recorrido y su elevada pendiente. En los tramos superiores, ésta puede ser de hasta el 25 por mil. En las comarcas orientales de Navarra, la presencia pirenaica se traduce en valles de origen glaciario: Larrau y Ste. Engrace del Alto Zuberoa.

Las cuencas fluviales que desembocan en el Cantábrico transcurren por un relieve accidentado de valles encajonados. La mayoría se presenta perpendicular a la costa. Sólo el Ibaizabal y el Oria corren paralelos a la costa (el segundo sólo en su valle bajo), en dirección SE-NW. La vertiente atlántica participa de los rasgos de la Europa oceánica. Los inviernos y los veranos son suaves. La variación térmica es ligera propia de los climas templados de influencia marítima (en torno a 11 °C). Las precipitaciones se encuentran repartidas a lo largo de todo el año, aunque con un predominio entre septiembre y abril (flujo de borrascas cargadas de aire húmedo procedente del NW).

Este régimen responde al perfil pluvial oceánico, con un estiaje en verano y un período máximo de aguas en otoño e invierno. En estas condiciones se desarrolla un espeso manto vegetal de especies caducifolias. Su clima se prolonga hacia Álava en las cabeceras de los ríos Zadorra y Bayas. En Navarra, su influencia llega hasta la cuenca de Pamplona, que marca ya la transición hacia el clima propio de la vertiente meridional.

Al Sur de los Montes de Vitoria, estribaciones de Urbasa y Andía y de las sierras del Perdón y Alaiz, da comienzo la vertiente meridional, dominada por los efectos de un clima mediterráneo continental. El contraste interestacional de temperaturas se acentúa, llegando a los 15 °C anuales. La insolación es muy superior a la del Norte y las precipitaciones son más escasas, por debajo de los 1.000 mm. La sequía estival es más acusada. En las proximidades a las alturas de las cadenas montañosas el paisaje conserva semejanzas con los valles cantábricos.

Al pie de los Pirineos, los valles de Roncal, Salazar, Erro,... ofrecen un paisaje de tipo alpino, con valles estrechos dominados por las barreras geológicas. Pero ya en la Navarra media y en la llanada alavesa, el relieve se abre en suaves llanuras, en marcado contraste con la región atlántica y pirenaica. En los tramos inferiores de los ríos, el aluvión de sedimentos es abundante. Su acumulación ha dado lugar a suelos fértiles sobre los que se desarrolla una próspera agricultura.

Ya en época histórica, los romanos percibieron la complejidad de cada uno de los espacios naturales y sus posibilidades de explotación. Los distinguieron con los términos de «*Ager Vasconum*» (para el Sur) y «*Saltus Vasconum*» (Norte). En las páginas siguientes recurriremos con alguna frecuencia a tales términos.

Capítulo I

De las orillas del Mediterráneo a las cimas del Aitzgorri. Las rutas de la siderurgia

«El primer documento de la humanidad es el de sus instrumentos.»

D. CARDWELL

Las fechas atribuidas al inicio de la siderurgia se hallan en continua revisión. La Arqueología nos sorprende con hallazgos que retrotraen sus orígenes a épocas más remotas de lo que podíamos imaginar. Durante una gran parte de la Edad del Bronce, el hierro ya era conocido por el hombre, así como su capacidad de forja. El óxido de hierro, especialmente el que se presenta en forma de hematites, ha sido trabajado en Oriente Próximo y Medio siglos antes del advenimiento de la «Edad del Hierro» propiamente dicha.

Tradicionalmente se había venido sosteniendo que la materia prima con la que estaban confeccionados estos primeros objetos férricos era hierro de procedencia meteorítica. Esta teoría se aplicaba especialmente a los restos de hierro ricos en níquel. En la actualidad su aparición se relaciona con el tratamiento de otros metales. Los paleometalurgistas lo vinculan a una incipiente metalurgia, fortuita tal vez, sobre materiales terrestres.

Numerosos minerales del Mediterráneo contienen sílice en su ganga. El fundente apropiado para la depuración del cobre es el óxido de hierro en forma de hematites. El cobre fundía a 1.100 °C. En el transcurso de su reducción, bien pudieron haber quedado en el horno algunos nódulos féreos (óxidos férricos), formados al calor de la combustión. Su presencia no habría pasado desapercibida para los forjadores. Poco a poco se habrían ido familiarizando con aquel residuo al que al principio considerarían como mero material «de desecho». Tras largas y detenidas observaciones, habrían

procedido a explorar sus posibilidades. Este proceso explicaría el hallazgo de bienes confeccionados en este metal en pleno auge del bronce.

Se han datado hasta 500 objetos de hierro en torno al 2000 a.C., procedentes de depósitos del Mediterráneo Oriental y Sudoeste asiático. En fechas tan tempranas las manufacturas férricas aparecen relegadas a un segundo plano. Su insignificante participación en los ajuares (apenas unos pocos cientos de piezas entre miles de bronce, para la misma época) y sus fines meramente ornamentísticos nos hace suponer que merecían una escasa consideración.

Los colonos asirios de Kanesh (Capadocia) ya reducían hierro en el siglo XIX a.C., si bien su producción era tan limitada que no parece que diese pie a una difusión o exportación significativa. La precocidad de la Metalurgia del hierro al Este del Mar Negro poco después del 2000 a.C. ha sido refrendada por numerosos arqueólogos. La maestría y dominio en las artes siderúrgicas mostrada por los habitantes del Cáucaso hasta Anatolia en las centurias siguientes ha sido admirada por generaciones de estudiosos¹⁴.

El desplazamiento del bronce por el hierro es un proceso que aún en la actualidad nos resulta enigmático. Hasta el 1200 a.C., las antiguas civilizaciones habían visto colmadas sus necesidades con el bronce. Entre los siglos XII y IX, el Mediterráneo Oriental entra en un período oscuro que se inicia con un episodio turbulento y mal conocido: las invasiones de los «Pueblos del Mar». El siglo XII abre una era de agitaciones, en el transcurso de la cual las polis de la Grecia micénica perecen destruidas. Estos acontecimientos coinciden con el fin de la Era del Bronce, que se eclipsa en medio de violencias.

A partir del 900 a.C., las piezas confeccionadas en hierro comienzan a proliferar; pronto se cuentan por miles. Los yacimientos fechados entre los siglos X y VI a.C. nos aportan millares de armas férreas. Los testimonios escritos neo-asirios y neo-babilonios están llenos de referencias que apoyan los descubrimientos arqueológicos. La «Edad del Hierro» es un hecho. Los objetos de bronce siguen figurando en los ajuares; pero su presencia es ahora escasa.

Las perturbaciones acaecidas en torno al siglo XII a.C. encierran muchas incógnitas acerca de la caída en desuso del bronce y su rápida substitución por la siderurgia. La hipótesis más generalizada acerca de cómo sucede esta substitución está relacionada con los desórdenes atribuidos a los citados «Pueblos del Mar». Como consecuencia de estos episodios, las rutas marítimas se interrumpen. Oriente Próximo queda aislado de Europa Occidental y el suministro de estaño procedente de estas tierras se colapsa. Privados de es-

¹⁴ La bibliografía ha atribuido tradicionalmente los primeros ensayos de fusión y forja de armas de hierro hacia el 1500 a.C. al pueblo hitita (concretamente a los cálibes o chálibes, uno de sus pueblos vasallos), habitantes de la orilla oriental del Mar Negro (Caucasia-Armenia).

taño, los habitantes de las orillas orientales del Mediterráneo se habrían visto forzados a prescindir del bronce, dado que carecían de uno de los componentes que intervenía en su aleación. Sus necesidades de manufacturas metálicas habrían dirigido su atención hacia los minerales disponibles «*in situ*». En tales condiciones reconsiderarían la alternativa del hierro, material que les era ya familiar y que explotaban desde siglos atrás con fines accesorios.

Hacia el siglo IX a.C. el Mediterráneo ofreció los primeros síntomas de haber superado la crisis de fines del milenio anterior. Sus distintas áreas entablaron comunicación de nuevo y un nuevo entramado de rutas comerciales volvió a acercar sus orillas. Los fenicios parecen hallarse detrás de este renacimiento. Tramaron un vasto emporio desde las ciudades de Tiro, Sidón, Biblos y Al Mina. Las travesías del «Mare Nostrum» se restauraron, pues, a impulsos de los semitas, y el aprovisionamiento de estaño volvió a ser factible para Oriente a partir del siglo IX a.C. Su disponibilidad permitía volver a fabricar bronce. Pero para entonces los orientales se habían persuadido de la superioridad del hierro. De ahí que, aunque dispusieran de la aleación, ésta nunca recuperaría su antigua preponderancia. El bronce había sido destronado definitivamente.

I.1. El bronce, el hierro y los aceros antiguos al carbono

Robert Maddin, profesor de Metalurgia en la Universidad de Pennsylvania, ha llamado la atención sobre los numerosos puntos frágiles de la reconstrucción histórica que acabamos de exponer. Le parece sumamente discutible la hasta ahora unánimemente admitida superioridad del hierro sobre el bronce¹⁵. Sostiene que el último posee notables cualidades que han pasado desapercibidas por los estudiosos, y que debieron hacer de él un bien incluso máspreciado que el hierro para los hombres de la Antigüedad.

El punto de fusión de un bronce con un 11% de estaño es alcanzable por los metalúrgicos de la época. El hierro, en cambio, nunca pudo ser fundido. Los 1.537 °C que precisaba para ello resultaban inalcanzables. El posterior tratamiento de forja sobre aquel mismo bronce le dotaba de una tenacidad de hasta 8.436 Kg/cm². El hierro esponjoso es más blando de partida, y tan sólo un prolongado martilleo consigue elevar su resistencia a 7.030 Kg/cm².

El bronce guarda aún una última ventaja respecto al hierro, que confirma el aprecio de los usuarios: su corrosión es mucho más lenta. Además, la

¹⁵ Para apoyar sus teorías, Maddin se basó en yacimientos israelíes y exámenes al microscopio de piezas metálicas procedentes de museos, seccionadas expresamente para someterlas a los exámenes metalográficos pertinentes. La superficie, corroída, no garantizaba las mínimas condiciones para unos resultados fiables. 1977, pp. 12 y ss.

pátina verde característica que lo recubre durante este proceso se considera decorativa. Por el contrario, la oxidación del hierro no sólo no es bella; más importante aún: sucede con rapidez y causa gran mella en la pieza, dañándola en profundidad.

A la vista de esta comparación, resulta paradójica la substitución y rápida difusión conseguida por el hierro en los confines del Mediterráneo. Pero éste dispone de una cualidad que, por sí sola, supera todas las del bronce. El hierro puede alearse con carbono y transformarse en acero carburado si se somete a temperaturas elevadas. La presencia de este elemento altera sensiblemente la microestructura y cualidades del metal¹⁶. Se trata del componente que ejerce mayor influencia sobre su resistencia y elasticidad. Puede transformar el hierro dúctil y blando de la zamarra en acero, un metal cuya superioridad es evidente frente al bronce; especialmente en sus aplicaciones bélicas.

La primera aceración ensayada en los confines del Mediterráneo fue de naturaleza térmica. Consistía en someter la pieza de hierro dulce a un nuevo calentamiento. La temperatura alcanzada determinaba el porcentaje de carbono absorbido. Se mantenía la temperatura elevada algún tiempo¹⁷. A continuación se dejaba enfriar lentamente al aire, consiguiendo así una cierta homogeneización.

El descubrimiento de la aceración fue, a buen seguro, fortuita. La masa de hierro podría haber sido mantenido por el forjador entre 1.200 y 800 °C para su manipulación. Durante este tiempo, pequeñas cantidades de carbono procedentes del combustible (carbón vegetal al rojo blanco) y de los gases de la combustión (monóxido de carbono) penetraban a cierta profundidad del metal.

Un hierro acerado con un contenido en carbono alrededor de un 0'2 ó 0'3% presenta una resistencia similar a la del bronce no trabajado, unos 4.218 Kg/cm². Si la proporción de carbono absorbida aumenta al 1'2% obtendremos un acero que resiste 9.842 Kg/cm², algo más que el bronce trabajado en frío. Si el herrero martillea el acero en frío la resistencia se elevará a más del doble del bronce: hasta 17.225 Kg/cm².

¹⁶ Véase la Introducción.

¹⁷ A temperaturas intermedias entre 910 y 1.392 °C, la combinación entre Hierro y Carbono alcanza un punto de equilibrio conocido como «acero eutéctico» o «austenítico». Por debajo de los 727 °C, la austenita se descompone en capas alternas de «ferrita» (hierro puro) y «cementita» (carburo de hierro). Ambas forman una microestructura de acero conocida por el nombre de «perlita».

Por encima de los 1.392 °C y hasta la temperatura de fusión (1.537 °C), el hierro absorbe hasta un 5'67% de carbono, dando lugar a una microestructura conocida como «cementita» (Fe₃C). Por encima del 1'7-1'97% de contenido en Carbono, ya no se considera «acero» sino «fundición». La consulta a expertos o tratados diferentes ofrece umbrales diversos para definir el cambio de designación del metal. En cualquier caso, se trata de un nivel térmico que la civilización occidental sólo conseguirá en el II Milenio d.C. Un hierro de fundición puede llegar a contener hasta un 6'67% de Carbono. J.P. Mohen, 1990, pp. 170, 172; R. Maddin et al., 1977.

Las ventajas del acero, y no las del hierro, frente a cualquiera de los metales manejados anteriormente ofrecían motivo suficiente para estimular la metalurgia del hierro en toda su complejidad. Su evidencia habría determinado una rápida difusión, así como el desplazamiento de las técnicas antiguas.

La corrosión sufrida por los objetos de estas fechas dificulta en extremo su análisis. No obstante se han encontrado rastros de aceración en piezas muy deterioradas anteriores al siglo X a.C. De su observación se deduce que fueron sometidas conscientemente a un proceso de endurecimiento por carburación a manos de un herrero experto en dicha técnica. A partir del 900 a.C., el ejercicio de esta práctica no da lugar a dudas.

Es muy probable que ya para el siglo VII a.C. los herreros del Mediterráneo Oriental practicasen un segundo procedimiento térmico: el *temple*¹⁸. Algunos siglos más tarde se divulgaría por varios puntos de Europa. Resulta difícil de detectar, dado que los efectos del templado se localizan en la superficie de las piezas y ésta nos ha llegado parcial o totalmente corroída. Nos encontramos ante una técnica espectacular que modifica las cualidades del acero carburado e incrementa notablemente su dureza. Consiste en una refrigeración brusca de la pieza, haciéndola pasar de los 910° (o más) hasta por debajo de los 220° en menos de un segundo. Para ello se introduce la pieza en agua o aceite.

Muchos paleometalurgistas han visto en el episodio de Ulises en la cueva del cíclope¹⁹ una referencia a este procedimiento. El héroe griego hunde su espada al rojo vivo en el ojo de Polifemo. De ahí las semejanzas que muchos han visto entre las manipulaciones del herrero y las de Ulises con el cíclope herido de tal guisa. Los términos en que se describe la hazaña, afirma R. Maddin, sólo habría podido escribirlos alguien que hubiera contemplado las labores de templado en un taller. Si esta hipótesis fuese cierta, el temple se aplicaría ya desde los siglos VIII y VII a. C.

A principios del siglo IV a.C., los descendientes de aquellos primeros herreros descubrieron un tercer método de aceración térmica: el «*revenido*». Consiste en un nuevo recocido de la pieza. Se la somete a un calentamiento entre 800 y 600 °C, de modo que modifique la estructura metálica de las capas exteriores sin alterar la composición de la aleación en niveles más profundos. Posteriormente se enfría con lentitud. Esta técnica presta gran resistencia al acero, resolviendo la fragilidad característica del temple. No obstante, la dureza original decrece en proporción inversa.

Conforme transcurre el I milenio a.C. las manufacturas férreas europeas alcanzaron una gran maestría dentro de su heterogeneidad. La progresiva sofisticación en la utilización del horno permitió una mejora sensible de

¹⁸ Véase capítulo III.5.

¹⁹ Homero, *Odisea* (siglos VIII-VII a.C.).

las cualidades del hierro forjado. A partir del siglo V a.C., los herreros enriquecieron sus técnicas con métodos de naturaleza química. Uno de ellos consistía en la recarburación por «cementación». En la Antigüedad ésta tenía efecto en estado sólido: se introducía el hierro en una pila incandescente de carbón vegetal y sal. A 920 °C, una barra metálica de 1'5 mm. de grosor absorbe 0'02% de carbono por cada hora que transcurre en dichas condiciones. La pieza sometida a este tratamiento se perfeccionaba en ocasiones con su templado.

Otro método igualmente eficaz era el de la «nitruración». Un objeto sometido a este proceso a una temperatura en torno a los 500 °C desarrolla una capa nitrogenada superficial que la endurece. En las sociedades antiguas este efecto se conseguía introduciendo el objeto férreo en una tina llena de agua y pieles sin curtir en estado putrefacto. O bien atravesaban el cuerpo de un esclavo con la espada al rojo vivo. Se creía que, gracias a este procedimiento, el arma «absorbía» el espíritu del desdichado y la enriquecía con sus cualidades. De ahí que seleccionaran hombres valientes y fornidos para el sacrificio, con el fin de «dotar» al hierro de la máxima fortaleza (!).

1.2. Expansión de la metalurgia del hierro en Europa

Unos pocos siglos bastaron para la difusión de las artes siderúrgicas desde las regiones pioneras (Oriente Próximo, Chipre y el Egeo) al continente europeo. Inicialmente los lingotes de hierro habrían circulado por las vías de tránsito como objeto de compra-venta. Adquiridos por los naturales de cada país, éstos se habrían limitado a darles forma en sus forjas locales. Éste podría ser, en suma, el origen de los primeros objetos férricos que aparecen en los ajuares de los «hombres del bronce» europeos.

A esta primera fase de materia prima intercambiada le habría seguido una segunda en la que todo el proceso se reproduciría «in situ», tras la asimilación de la nueva tecnología. La abundancia de bosques en el continente y sus posibilidades de transformación en carbón vegetal habrían propiciado el nacimiento y desarrollo de una larga tradición siderúrgica. Chipre, donde ya en el siglo XII a.C. se conocía también el acero, parece conformar el núcleo difusor del Mediterráneo. Desde la isla las novedades pasaron a Bohemia y Dinamarca (siglo XII a.C.), Austria (s. XI a.C.) y Suecia (s. IX a.C.).

Durante los siglos X y IX a.C. los útiles de hierro se multiplicaron en el Centro del continente y en Francia. Hacia esta época comenzaron a imponerse ya las armas de hierro en Atenas (tumbas de la época protogeométrica) y Macedonia (necrópolis de Vergina). A fines del siglo IX a.C. se sumaron a la siderurgia las orillas del Adriático. En los siglos siguientes Bohemia y Polonia lo producirían en cantidades significativas.

La diáspora griega del siglo VIII a.C. propagó los secretos del hierro a Sicilia e Italia. Griegos y fenicios intervinieron decisivamente en su difusión por el «Mare Nostrum» occidental hasta las costas de la Península Ibérica. En el otro extremo de la cuenca mediterránea la influencia de Anatolia penetró hasta el corazón de la Europa oriental por el valle del Danubio. Esta ruta explicaría la precocidad de algunos objetos hallados en depósitos rumanos. Ambas vías de difusión se encontrarían en centroeuropa donde el tráfico del hierro estimuló las forjas locales (Moravia, siglo VI a.C.; Waschenberg, Austria, 500 a.C.; Smolenice-Molpir, Eslovaquia;...).

Desde el siglo V a.C. las espadas de hierro y el lingote en barra se difundieron entre los celtas. Los primeros vestigios de explotación de minas y hornos de reducción proceden de esta centuria²⁰. Más adelante, el apogeo de la siderurgia coincidió con su eclipse político ante la presión romana.

Los hogares construídos por los celtas presentaban reducidas dimensiones. Consistían en cavidades de escorias de 35 a 50 cm. de diámetro, con una profundidad de 45 a 50 cm. Sobre estas bocas levantaban el horno propiamente dicho: una pared cilíndrica en arcilla, de 60 a 100 cm. En la base colocaban una tobera, también en arcilla, cerca de la cual se formaba la masa esponjosa de hierro. La escoria, viscosa, se deslizaba hacia el pequeño orificio; en tanto que el ferrón extraía la masa de hierro candente rompiendo la pared del horno. Una vez utilizado, lo abandonaba o bien rehacía la abertura antes practicada para dejar la fosa en condiciones de proceder a una nueva operación.

El más eficaz de cuantos hornos ha recuperado la Arqueología responde al tipo de fosa descrito, como los encontrados en Msec (siglo II a.C., Bohemia), en los Cárpatos y en Polonia (siglo I a.C.). Se calcula que sus usuarios conseguirían obtener hasta un 30 por ciento del hierro contenido en el mineral. En algunos oppida se han hallado otros diferentes que bien podrían haber servido para la segunda fase del tratamiento del mineral, la forja. Se calcula que, durante este proceso, la masa de hierro podría perder hasta un 50% de su peso.

La composición de algunas espadas celtas determinó su fama. Algunos de los depósitos encontrados testimonian la maestría de sus herreros. Las armas procedentes de La Tène (Suiza) gozaban de una gran consideración entre sus adversarios por su reconocida calidad. Pero no se puede generalizar acerca de la práctica del aceramiento. Polibio, p. ej., ironizaba sobre los per trechos galos: sus espadas eran tan blandas que se torcían ya al primer golpe; sus dueños se encorvaban de inmediato para enderezar la hoja, ofreciendo entonces a los soldados romanos su punto más débil. Armas procedentes de

²⁰ Illesheim (Alemania), hacia el 500 a.C.: horno de planta circular de 140 cm de diámetro, sobre cimientos de piedra. Su alzada sería probablemente cilíndrica. Dispone de una salida orientada al SE que se encontró cubierta de escorias. También son notables los vestigios hallados en Roc de Balme, en Vélioux, cerca de Marsella (que fue fundada por los focenses el 600 a.C.).

los oppida celtas de Steinsburg, Stare Hradisko y Stradonice acusan una falta de resistencia semejante a la relatada por el historiador clásico.

La variada gama de útiles confeccionados en este metal refleja el avanzado grado de asimilación en la vida diaria y su presencia en los actos rutinarios, lejos de los campos de batalla. Ya no sólo se aplicaba en la confección de armas. Entre las toneladas de enseres proporcionados por los oppida de Alesia, Bibracte, Manching, Berching Pollante, Stradonice, Zavist, Stare Hradisko, encontramos cucharas, cadenas, llaves, tijeras, gubias, pinzas, clavos, morillos, calderos, bisagras, yunques,... Todos ellos conforman una variada tipología en la que se distinguen hasta 85 modelos de útiles cotidianos diferentes.

1.2.1. *Los inicios de la siderurgia en la Península Ibérica*

Durante los siglos XII al IX a.C. se perfilaron en la Península Ibérica tres vías de comunicación con el exterior: la atlántica, la mediterránea hacia Andalucía y la centroeuropea por los Pirineos. Probablemente ya habían sido transitadas con anterioridad, y por ellas circularían las novedades culturales que se gestaban en territorios lejanos.

Al compás del resurgimiento del Levante mediterráneo, los fenicios de Tiro hicieron su aparición en la Península en el siglo VIII a.C. y establecieron sus primeros asentamientos. A fines del siglo VII les seguirán los griegos. La fundación de Ebussus en el siglo VII consolidó la travesía que cruzaba el Mare Nostrum de Este-Oeste (Sicilia, Cerdeña,...). Culminaba así la cadena de asentamientos que jalonaban la ruta marítima hasta la Península. La razón que impulsaba a los foráneos a emprender expediciones geográficas de tan largo alcance residía en la búsqueda de metales, especialmente los suntuarios. El acceso a los yacimientos de plata y cobre del Oeste peninsular y del alto Guadalquivir prometía una jugosa rentabilidad a tan arriesgados periplos. La actividad comercial agitaba toda la fachada levantina hasta alcanzar el Sur de Francia. Se traficaba con aceite, vino, objetos suntuarios y metales.

El descubrimiento de la Siderurgia en la Península Ibérica no parece obedecer a la inventiva indígena sino a la aportación foránea. Sus primeras manifestaciones se localizan en los asentamientos fenicios del SE, hacia los siglos VIII y VII a.C.²¹ Algo más tarde, aparece hierro en los ajuares de los lugareños de áreas próximas a las colonias semitas. Los yacimientos tartesios de los siglos VII y VI (necrópolis de Setefilla) y del Sur de Levante (Crevillente) ofrecen numerosos ejemplos del uso restringido del hierro. Parecen indicar que su introducción fue paulatina, en áreas bajo influencia comercial fenicia.

²¹ Morro de Mezquitilla, s. VIII a.C.; y ya en el s. VII La Laurita y Tramayar (Málaga).

A fines del siglo VII y, sobre todo, a partir del siglo VI, los griegos intensificaron su presencia en la costa levantina y prolongan sus rutas marítimas por Andalucía. Comenzaron por entablar contactos esporádicos en las zonas de tráfico comercial. Probablemente tanteaban el modo de acceder al mercado indígena de los metales, cuya exportación por toda la cuenca mediterránea monopolizaban los fenicios.

El auge económico que experimentaron los pueblos mediterráneos a partir del s VII a. C. encuentra en la Península Ibérica un interlocutor a su altura: Tartesos. La civilización tartesia floreció durante los siglos VII y VI en el SW peninsular (la actual Extremadura y SW andaluz), un territorio que ofrecía excelentes posibilidades de explotación agropecuarias. Las aportaciones fenicias de la vid y el olivo se incorporan al paisaje agrario tartesio con excelentes resultados. Sus altos niveles de productividad facilitaron a los indígenas un excedente suficientemente amplio como para encauzarlo hacia la comercialización en condiciones ventajosas.

Los tartesios manejaban además otros recursos no menos rentables que se derivan de su misma posición. En Huelva disponían de un enorme potencial minero. Por otro lado, su situación en el extremo del Mare Nostrum les permitía ejercer de bisagra entre el Mediterráneo Oriental y la Península. El país ofrecía una escala de paso hacia la Meseta y el NW peninsular, áreas codiciadas por los yacimientos metalíferos que encerraba su subsuelo. Todas estas riquezas serían canalizadas por Tartesos hacia la exportación, cuyos mecanismos controlaba directamente a través de sus enclaves costeros.

Es precisamente a través de este intenso trasvase por donde llegaron las novedades culturales de factura oriental: el torno de alfarero, el granulado y repujado de la orfebrería,... y la Metalurgia del hierro. Las actividades extractivas y artesanales se multiplicaron en territorio tartesio, sustentando la plenitud de esta cultura con los rasgos por los que la conocemos actualmente: urbana, comercial y... rica.

Los habitantes del Noroeste peninsular no participaron del intenso tráfico mediterráneo en la misma forma ni intensidad en que lo hicieron sus coetáneos orientales. Griegos y fenicios no llegaron a entablar relaciones directas con ellos. Establecieron contacto a través de intermediarios: los tartesios durante los siglos VII y VI; y los iberos más adelante.

La franja septentrional evolucionó, pues, de manera particular y más independiente respecto al influjo orientalizante que agitaba el Este y Sur peninsular. No por ello fue impermeable a sus ecos. Éstos le llegaban a través de los pueblos vecinos. Pero su cultura se hallaba en mayor sintonía con la de su paralelo más próximo, el Sur de Francia y, en general, con gran parte del Centro occidental del continente:

«La presencia indudable de pueblos del norte a partir de los comienzos del primer milenio, siguiendo los caminos de los valles situados al Sur de

los Pirineos [afirma Fernández Castro], fue la causa de que tuviera lugar una transición sin problemas a una Edad del Hierro segura de sí misma y duradera en el Norte, aunque la relación étnica entre la gente de las urnas y los celtas todavía ha de determinarse.»²²

I.3. Expansión del conocimiento del hierro en el País Vasco

Como el resto de la Península, el País Vasco se inició en los secretos del hierro de la mano de foráneos que hollaron su territorio. Ellos habrían traído la nueva cultura que ya florecía en Europa, enseñando sus artes a los naturales. Resulta más difícil fijar su procedencia; probablemente no fuese única. En la actualidad se manejan varias hipótesis.

Ya desde el II.^o milenio antes de nuestra Era se perciben en suelo vasco vestigios de explotación metalífera no férrea. El empleo de metales por culturas avanzadas continentales pudo propiciar la dispersión de algunos de sus individuos especializados en labores de prospección. Ésta podría haber sido la ocupación de algunos de los extranjeros que se adentraron hasta el Sur del País Vasco. Así, p.ej., los individuos hallados en la cueva de Urbiola (Navarra), centro de explotación del cobre²³.

Coincidiendo la llegada del I.^{er} milenio a.C. los contactos con otras culturas se intensificaron. A medida que transcurrían las centurias grupos humanos de origen incierto fueron hollando los pasos pirenaicos. El conjunto del territorio vasco se vio sometido a influencias ultrapirenaicas de manos de un flujo humano que atravesaba la cordillera de Norte a Sur. Los foráneos parecen caracterizarse por un modo de vida más evolucionado que el de los indígenas: practicaban una economía mixta que combinaba la ganadería con la agricultura. Formaban parte de una sociedad jerarquizada que ya había dado los primeros pasos hacia el urbanismo. Sus inquietudes espirituales les inclinaban hacia nuevas fórmulas rituales. Y habían desarrollado una metalurgia considerable.

Algunos yacimientos nos traen ecos celtas e indoeuropeos, presentando marcadas afinidades con la evolución de la cultura material de allende Pirineos. Su análisis permite establecer nexos con la cultura de La Tène. Este flujo habría avanzado por Iparralde hasta desembocar en los pasos pirenaicos.

²² 1997, p. 333.

²³ Nos hallaríamos, pues, ante la práctica de ocupaciones estacionales u ocasionales, y no aún de una actividad mercantil especializada. John Collis (1979, p. 20) sostiene para numerosos puntos de la geografía europea que las primeras apariciones de manufacturas metálicas bien pudieran obedecer, en muchos casos, a transacciones entre comunidades vinculadas por lazos de parentesco (presentes, tributos, etc.); o a la visita ocasional de individuos errantes. Éste sería el caso de los prospectores.

El umbral vasco experimentó también una irradiación cultural de Sur a Norte procedente de la franja meridional, que aportó rasgos ibéricos y celtibéricos. Algunos depósitos desvelan similitudes con las áreas meseteña y mediterránea peninsular. En este caso la vía de penetración natural sería la ofrecida por el valle del Ebro. A medida que remontaban la cuenca, los viajeros procedentes del Levante o Sur llegaban a introducirse con facilidad en suelo navarro y alavés.

La presencia de unos y otros inauguró en el País Vasco una larga era de explotación del hierro, actividad que definiría en adelante una de las principales constantes de su devenir histórico hasta la actualidad.

J.P. Mohen advierte que para que una sociedad experimente el paso a la Metalurgia es preciso que disponga de una demanda económica y social capaz de sostener relaciones de intercambio. Debe hallarse capacitada también para asumir la producción de metales. Pero, sobre todo, en su seno se distinguirá un grupo de individuos, probablemente reducido, que halle un aliciente en la nueva actividad; una élite local seducida, en fin, por la posibilidad de disponer de productos «de prestigio»²⁴. Salgado y Zapata aventuran que la población de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia) bien podría haber alcanzado dicho estadio en épocas más remotas, anteriores, incluso, al mismo hierro²⁵.

1.3.1. *Momento arqueológico actual*

Hasta hace escasas décadas los prehistoriadores sostenían que el influjo de los pueblos expedicionarios del primer milenio había pasado desapercibido entre los habitantes de la franja costera. Su trascendencia, según podían deducir de los indicios de los que disponían, se habría visto reducida casi exclusivamente a la vertiente meridional del País Vasco. Esta hipótesis debe gran parte de su contenido a la forma en que nació y se desarrolló la actividad arqueológica en cada uno de los territorios históricos.

La gran mayoría de los trabajos que comenzaron a indagar los vestigios de la Edad del Hierro se desarrollaron en Araba y Navarra. En ambas provincias las investigaciones arqueológicas se iniciaron en una fecha temprana, en la década de 1920, y consiguieron brillantes resultados. El viejo Reino se distinguió desde el comienzo por una organización ejemplar de las iniciativas. Ya en la década de 1940 la institución Príncipe de Viana organizó un Servicio de Excavaciones bajo la dirección de profesionales de prestigio. Empezaron prospecciones y excavaciones en el Cerro del Alto de la Cruz, en Cortes, Peña del Saco, necrópolis de la Torraza y la Atalaya,... Su labor quedó plasmada tanto en cartas arqueológicas como

²⁴ 1990, p. 204.

²⁵ 1995, pp. 124-5. Su hipótesis se remonta al período calcolítico y hace referencia a la metalurgia del cobre en el País Vasco y el Cantábrico Oriental entre el 2000 y el 1650 a.C.

en publicaciones especializadas. Años más tarde la fundación de la Universidad prestó un nuevo impulso, con la formación de nuevos licenciados. Las prospecciones se multiplicaron: para 1990 se conocían 135 poblados del Bronce Final y Edad del Hierro. Desde entonces se han comenzado a potenciar las excavaciones de los mismos, que habían quedado un tanto rezagadas ante el descubrimiento de nuevos enclaves.

La Arqueología del Hierro en territorio alavés dio comienzo con trabajos aislados. A mediados de siglo se procedió a integrar estas labores en un programa continuado. El esfuerzo de planificación se vio pronto compensado por los éxitos del decenio de 1957 a 1967: la intensificación de las labores multiplicaron el número de yacimientos localizados. En esta época, profesionales de Gipuzkoa y Bizkaia participaron activamente en los trabajos. Las excavaciones de Peñas de Oro, Berbeia, Henaio,... son escenario de tan fructífera colaboración. En la actualidad, permanecen vigentes en Araba las directrices marcadas por un proyecto de 1964. Éste dio inicio con una excavación en el Castro de Oro, al que seguirían otros poblados y cuevas,... Las líneas de investigación desarrollaban proyectos a medio y largo plazo que vertebran, aún hoy, el quehacer de los profesionales de este territorio histórico.

Frente a la riqueza de iniciativas arqueológicas que fructificaban al Sur de la divisoria de aguas, las provincias atlánticas (Gipuzkoa y Bizkaia) disponían de escasos indicios. Son numerosas las circunstancias que entorpecen las prospecciones al aire libre en la montuosa y húmeda vertiente cantábrica: un paisaje muy humanizado, abundante vegetación y una gruesa capa de suelo que enmascaran el material arqueológico y los vestigios constructivos. El vacío de información encontraba su correspondiente reflejo en mapas e informes acerca del conjunto del País Vasco, llegando a distorsionar la comprensión del impacto de la Edad de los Metales. Estas lagunas eran aún más acusadas en lo referente a los tres territorios de Iparralde.

Algunas de estas interrogantes comenzaron a despejarse para Gipuzkoa y Bizkaia a partir de la década de 1980. En esta fecha comenzó la aplicación de un programa de campañas sistemáticas. Los arqueólogos veteranos contaron, además, con el refuerzo de nuevas generaciones de especialistas. Los esfuerzos se canalizaron hacia un intenso trabajo de campo. En la actualidad se conoce la existencia de más de 300 lugares de habitación que datan del Bronce final y Edad del Hierro para todo el territorio vasco. Un recuento realizado en 1990 arrojaba la existencia de 306 poblados, de los cuales 29 habían sido excavados hasta la fecha. Se repartían del siguiente modo: 92 en Araba; 139 en Navarra; 12 en Bizkaia; 4 en Gipuzkoa; 13 en Lapurdi; 28 en Behenafarroa; 18 en Zuberoa²⁶.

²⁶ Olaetxea, Peñalver, 1993.

Desde entonces hasta la fecha nuevas prospecciones han venido a enriquecer este patrimonio. Las revistas especializadas recogen fiel noticia de ello. La mayoría permanece en espera de su excavación y numerosas cuestiones siguen estando oscuras. Pero conforme avanza su análisis aquellas profundas diferencias que se suponía habrían mantenido el País Vasco atlántico y el mediterráneo van desapareciendo. Por el contrario, se perciben cada vez con mayor claridad las concomitancias mantenidas entre ambos parajes.

I.3.2. *Primeros vestigios de prácticas siderúrgicas*

El suave relieve de las tierras de Iparralde y el prolongado valle del Ebro parecen haber ofrecido los corredores naturales por donde transitaban individuos, pueblos, presentes, mercancías, ideas,... Los recursos, la permeabilidad de los indígenas y sus necesidades determinaron, en última instancia, su fijación particular en cada área. Las vertientes del país condicionaron, pues, respuestas singulares frente al impacto de un mismo fenómeno. Los extranjeros percibieron su potencial y tendieron a actuar de forma diferenciada. Se asentaron con preferencia al Sur de la divisoria de aguas. No parece, en cambio, que se integraran de la misma forma entre los indígenas de la franja costera. Pero habrían mantenido relaciones con ellos a través de intercambios.

Las primeras huellas de prácticas metalúrgicas anteriores al hierro se localizan en el Sur. Los poblados de La Hoya, Peñas de Oro, Lastra, Henao y Kutzemendi (Araba) conservan vestigios de hornos y crisoles que datan de la primera mitad del milenio²⁷. En ellos se trabajaba casi exclusivamente con bronce.

Las artes siderúrgicas hicieron su aparición en suelo vasco hacia el siglo VI a.C. Los primeros útiles en hierro proceden del poblado del Alto de la Cruz. Pero su presencia no implica el empleo habitual del metal: en estas fechas la casi única Metalurgia practicada se reducía al bronce. La aleación se mantenía tanto para destinos bélicos como para el utillaje cotidiano. En los siglos VI y V a.C. el nuevo metal constituía aún un bien costoso y, por lo tanto, escaso. Se asociaba a elementos de adorno y sólo paulatinamente sustituye al bronce en sus aplicaciones funcionales. Habría que esperar al siglo IV a.C. para que se expandieran en suelo vasco los conocimientos sobre el hierro. Este período es conocido por arqueólogos y prehistoriadores como «II.^a Edad del Hierro».

²⁷ Peñas de Oro conserva dos hornos para el tratamiento del metal; uno de ellos es para la segunda fundición. En el Alto de la Cruz se ha hallado un horno metalúrgico, así como moldes de fundición de bronce (hachas, agujas, puntas de flecha, ...). Munilla et al. (1996, p. 575, nota 29) calculan que los individuos dedicados a las prácticas metalúrgicas, junto con los demás artesanos, guerreros y cabezas políticas de la comunidad, supondrían un 15% de la población.

La II.^a Edad del Hierro dio comienzo a mediados del I.^{er} milenio a.C. con una agitación expansiva centroeuropea. Los celtas asentados en la Europa Central iniciaron movimientos migratorios masivos de carácter militar o pacífico que les empujaron hacia la cuenca mediterránea y la Europa atlántica. La diáspora celta y su tránsito por distintas áreas del continente parece hallarse detrás del impulso que recibieron las técnicas siderúrgicas, tanto en el País Vasco como en otros territorios del Viejo Continente.

Durante los últimos siglos anteriores a la Era Cristiana, los aperos de labranza y otras herramientas pasaron a confeccionarse en hierro, abandonando el bronce. Éste quedó restringido a los objetos suntuarios, algunos de ellos de bellísima factura. Aún así la Arqueología encuentra escasos materiales férricos²⁸: anillos, botones, rejas de arado, hoces y fragmentos muy deteriorados.

En el «ager» vasco la difusión del hierro vino acompañada de una corte de novedades perceptibles en los poblados meridionales de Araba y Navarra. Las modificaciones se manifestaron en aportaciones de variada índole, como la cerámica a torno rápido, una agricultura cerealística excedentaria y un urbanismo desarrollado en calles con aceras y plantas de casas reticulares. Tales rasgos revisten de interesantes particularidades a estos pueblos, de tal modo que los diferencian del devenir de sus coetáneos atlánticos. El progreso de la agricultura y la notable mejora de los rendimientos les permitió orientar la economía de estos pueblos hacia el intercambio tomando como base los excedentes agrícolas. El poblado de La Hoya (Araba) constituye el mejor ejemplo.

Las aportaciones culturales parecen irradiar de la zona ibérica, cuya órbita de influencia se habría ampliado partiendo del Mediterráneo. Este influjo habría avanzado de Este a Oeste de la Península remontando un «pasillo» natural, el valle del Ebro, que en su tramo final penetra en espacio vasco. De este modo la cuenca transmitió a los habitantes de este extremo los ecos de los desarrollados pueblos orientales. Este fenómeno se engloba bajo el término de «*celtiberización*».

Una vez en tierras navarras y alavesas su difusión hacia los valles atlánticos parece perder ímpetu conforme avanzamos hacia la costa. Encontramos algunas de sus manifestaciones características en depósitos localizados en latitudes septentrionales. Pero los vestigios que recogen parecen deberse más al fruto de intercambios ocasionales que a la factura de los indígenas. Será preciso aguardar los resultados de la Arqueología, cuyos recientes éxitos prometen sugestivas novedades.

Todavía se advierte un segundo influjo cultural, que accede también por la ruta del Ebro. Procede de la Submeseta Norte castellana. Una agita-

²⁸ La Hoya, Peñas de Oro, y Kutzemendi (Araba), Los Castillos (Treviño), Maruleza (Bizkaia), Cortes y Peñas de Etxauri (Nafarroa).

ción expansiva de los pueblos que la habitaban puede hallarse en el origen de este segundo movimiento. Sus habitantes, impelidos a desplazarse hacia el Norte, pudieron alcanzar la franja atlántica y hollar el Sur del territorio vasco. Este movimiento se habría traducido en algo más que el mero trasvase de conocimientos y adquisiciones culturales. Los ajuares de la necrópolis de La Hoya apuntan hacia un asentamiento de los foráneos en estos lares. «[...] *no se puede pensar en simples contactos sino en una ampliación territorial de este mundo cultural*», concluye A. Llanos²⁹. No es casualidad que J. Caro Baroja advirtiese la influencia que para el desarrollo del hierro vasco presentó el gran foco prerromano tardío del hierro celtibérico del Moncayo y el Jalón.

En los valles húmedos del Norte el hombre conoció también transformaciones notables de su hábitat. Comenzó a considerar la posibilidad de un nuevo tipo de asentamiento: los «*castros*». Se trata de poblados situados en riscos, amurallados en aquellos puntos de mayor vulnerabilidad, reforzando las defensas naturales. La nueva ocupación del espacio no se halla exenta de connotaciones militares. El examen de las plantas de estas pequeñas fortalezas revela un trazado urbano sencillo. Muchas de ellas comparten rasgos comunes con asentamientos indoeuropeos similares. Pero se advierte igualmente una gran diversidad de estilos cerámicos o una tipología de casas diferente³⁰.

La preocupación por una habitación protegida y defendible fue una inquietud compartida por muchos pueblos europeos del primer milenio a.C. Algunos grupos optaron por asentarse en las alturas, sobre cumbres amesetadas que les permitiesen protegerse con facilidad y controlar con eficacia los accesos. La nueva posición les permitía también el dominio de vías de comunicación, movimientos de trashumancia,...

En el estado actual de las investigaciones los indicios disponibles apuntan al establecimiento de relaciones intensas entre el País Vasco septentrional con el mediodía francés a través de los pasos pirenaicos (intercambios de objetos de uso corriente: armas, aderezos, herramientas,...). La cronología y la morfología de algunas de las piezas mantienen paralelismos indudables con la evolución celta transpirenaica. Algunos yacimientos acusan también una influencia mediterránea propiciada, probablemente, a través de contactos con los habitantes de áreas meridionales. Los mecanismos concretos de circulación resultan más difíciles de detectar y, por ello mismo, de explicar.

Los intercambios habrían estimulado la receptividad de los indígenas respecto a influencias culturales foráneas. Los datos más interesantes es-

²⁹ 1990, p. 175.

³⁰ M.A. del Rincón (1989, pp. 50-54) advierte sobre los peligros de establecer generalizaciones culturales y étnicas de imposible demostración. Se refiere a las filiaciones indoeuropeas que con alguna ligereza se han solido atribuir a los habitantes de estos emplazamientos amurallados.

tán siendo aportados por los castros de Marueleza y Kosnoaga (Bizkaia), Intxur y Buruntza (Gipuzkoa)³¹, y cuestionan muchas hipótesis dadas por ciertas hasta fines del siglo xx. Dos de los principales especialistas en la Edad del Hierro en Gipuzkoa resumen así sus impresiones:

«Halere, azken urteotan Gipuzkoa eta Bizkaian K.A.ko 1 millurtearen inguruan egiten ari diren lanetan sorpresa ugari azaltzen ari da orain arte ezezagunak ziren garai horietako biztanleen bizimoduak.»³²

I.4. Del Imperio Romano a la Alta Edad Media

La Europa del Hierro del primer milenio a. C. bullía bajo un intenso trasvase cultural entre indígenas y foráneos. Su vitalidad se tradujo en múltiples y ricas manifestaciones. Fenicios y griegos habían tejido una tupida red de comunicaciones en la que desempeñaron el papel de agentes comerciales entre ambos extremos del «Mare Nostrum». Su área de influencia se fue ampliando paulatinamente desde las riberas mediterráneas hacia el interior penetrando por valles y pasos, implicando a su paso a pueblos y tribus del corazón del Viejo Continente.

La fase más tardía de la Edad del Hierro corresponde a la dominación romana. Poco antes del advenimiento de la Era cristiana casi toda Europa palpitaba al ritmo de una metrópolis: Roma. Su dominación propició el declive de las culturas de la Edad del Hierro, que incorporaron de forma gradual nuevos cánones importados por el conquistador. El nivel de asimilación varió de unos pueblos a otros, dando lugar a una variada gama de situaciones.

En el siglo III a.C. la Península Ibérica se convirtió en escenario bélico internacional que comenzó con el enfrentamiento romano-cartaginés (II.^a Guerra Púnica). El territorio entró en la órbita de políticas extranjeras que presentaban otros intereses además de los meramente comerciales. Las potencias (primero Cartago, más tarde Roma) encontraron en ella un centro de operaciones militares y un lugar providencial para procurarse víveres (grano) y metales por medios no necesariamente relacionados con la compraventa.

Las primeras legiones romanas desembarcaron en el 218 a.C. en Ampurias bajo el mando de Escipión «*el Africano*» con la intención de in-

³¹ Se espera en breve la publicación de los frutos de sus excavaciones.

³² Olaetxea, Peñalver, 1993, p-66. Carlos Olaetxea afirma «*la inexistencia de un vacío poblacional durante la Edad del Hierro [...] son incluso mayores las evidencias de la existencia de un poblamiento importante al aire libre en poblados fortificados que de la "continuidad de formas de vida en cuevas con un substrato de la Edad del Bronce" que había sido defendida como hipótesis hasta hace unos diez años.*» 1997, p. 132.

terrumpir el abastecimiento de la Península al enemigo cartaginés. Casi tres siglos después, el año 75 d.C., los habitantes de Hispania reciben el *ius civile* latino. En los albores de la Era cristiana la península conformaba una provincia del Imperio Romano. La explotación minera definió una parte importante de sus relaciones con la metrópolis. El Estado se arrogó el monopolio de la minería y sus legiones se responsabilizaron de las tareas extractivas. Roma se reservó todos los derechos de explotación sobre el plomo, la plata... y el hierro.

Los yacimientos metalíferos dejaron de ser aquellos valiosos bienes de los que se valían los indígenas para sus fructíferas actividades de intercambio. Vieron trastocada su condición comercial y se convirtieron en objeto de explotación, arrebatados por el invasor. Las tareas extractivas se sometieron al control directo del Estado metropolitano. El subsuelo de la Bética encerraba las mayores riquezas. El tránsito de mineral fluía por el puerto de Gades. Las instalaciones portuarias de Carthago Nova (ganada para Roma por Escipión durante la II.^a Guerra Púnica) facilitaron el expolio. El área de distribución de los productos hispanos (metales, pero también vinos, aceite, grano, salazones de pescado,...) se concentraba mayoritariamente en la capital del Imperio. Pero también se expedían al Sur de la Galia; remontaban el Ródano hasta el alto Danubio y Germania; o alcanzaban la orilla atlántica hasta cruzar a Britannia. Por el Sur, el circuito de las riquezas hispanas llegaba hasta Mauritania.

Los hispanos se adaptaron paulatinamente a la nueva política administrativa imperial. Roma introdujo en el seno de los pueblos sometidos su control militar; pero también sus nociones civilizadoras. Este fenómeno es conocido en su globalidad como «romanización». La permeabilidad de los lugareños a las nuevas consignas no fue uniforme y se tradujo en una gran variedad de niveles de asimilación. Tales disparidades se explican en función de múltiples circunstancias, entre ellas la forma de actuación del conquistador mismo. Los romanos se adaptaron a la idiosincrasia indígena en cuantas ocasiones les convino. En último caso el entendimiento entre conquistador y conquistados estuvo comprometido con el grado de desarrollo alcanzado por las tribus sometidas y con la actitud de la que habían hecho gala: filorromana o belicista.

Roma se apoyó en la élite terrateniente allí donde tal «status» se había desarrollado con anterioridad. Por lo general la administración del Imperio no encontró grandes dificultades en sociedades jerarquizadas. Las nuevas autoridades invitaron a las antiguas a participar en su sistema en condiciones favorables, recompensándoles por su amistad. En aquellas áreas donde, por contra, la estructura social no ha derivado en una clase «de jefatura», Roma practicó un control directo sobre el territorio con carácter netamente militar. Éste sería el caso, p.ej., de Gales, Norte de Gran Bretaña, Norte de la Galia,... y de la vertiente atlántica vasca (el «*Saltus Vasconum*»).

El primer contacto de los romanos en territorio vasco se sitúa en torno al 179 a.C., con la fundación de Alfaro. El 26 a.C., hacia el final de las Guerras Cántabras, se dió por concluída la operación de penetración, que si bien no era virtual sí lo fue en todo aquello que incumbía al interés romano.

El umbral vasco conoció suertes desiguales conforme a los designios que le reservó el conquistador. Sus perspectivas de explotación obedecían a un planteamiento colonialista maduro, altamente selectivo. Roma se guió por las posibilidades de aprovechamiento económico que ofrecía el territorio (además de consideraciones generales de orden geopolítico). Prevalecía la explotación agrícola del suelo. Pero no desdeñó la del subsuelo.

La presencia romana se concentró en el Sur del País Vasco, en el Ager Vasconum. Esta preferencia obedecía a los mismos criterios que rigen su instalación en otras áreas de Hispania: terrenos aptos para los cultivos vitícolas, oleícolas y cerealícolas. Las comarcas meridionales ofrecían un potencial interesante por los excedentes agrarios que se cosechaban en las orillas del Ebro. El Imperio organizó el territorio en unidades de explotación de propiedad personal: las villas y los fundos.

Los valles cantábricos, por el contrario, se les antojaban poco atractivos. El Saltus Vasconum ofrecía escasas perspectivas de rentabilidad o lucro a los invasores. Quedó, pues, relegado a la periferia del Imperio y sólo participó en su dinámica de forma marginal. Su principal interés se derivaba del valor estratégico de su ubicación. Ocupaba una zona de tránsito donde confluían la ruta del Mediterráneo a través del valle del Ebro (vía de Tarrakon hasta Oiarson, pasando por Pompaelo); la marítima del Golfo de Bizkaia por la costa cantábrica; y los pasos pirenaicos desde la Aquitania occidental (vía de Burdigala —Burdeos— a Asturica-Augusta —Astorga—)³³. Los romanos entablaron contacto con el Saltus desde los límites fronterizos. En la costa se sucede una cadena de emplazamientos, virtuales fondeaderos de una navegación de cabotaje que van desde Flaviobriga (probablemente Castro-Urdiales) hasta la desembocadura del Bidasoa (Forua, Portus Amanus, Oiasso...). También es perceptible la presencia romana por la frontera meridional, en los pasos naturales que delimitan las dos vertientes del País Vasco y salvan la divisoria de aguas.

Desde unos y otros enclaves los invasores debieron emprender incursiones hacia el interior salvando pequeñas distancias. Estas expediciones tuvieron como objetivo la explotación de recursos primarios de áreas restringidas: la captura de esclavos y la extracción de yacimientos metálicos. Existen numerosas evidencias de estaciones mineras en Arditurri, Lanz, Baigorri,... En tiempos de Vespasiano (69-79 d.C.) iniciaron la ex-

³³ El paso pirenaico se afronta por el Summo Pyrenaeo (Ibañeta). El trazado comprende Dax, Sn. Jean Le Vieux, atraviesa tierras navarras por Pompaelo (Pamplona) para alcanzar Araba. La vía presenta una ruta secundaria que accede a la divisoria vasca de aguas.

tracción del mineral férrico de las Encartaciones. Con Marco-Aurelio (161-180 d.C.), tal vez antes, se abandonaron las de Lanz, Arditurri y Baigorri. Se desconocen aún los motivos.

Apenas se encuentran vestigios materiales del dominio romano en Bizkaia, lo cual se interpreta como indicio de su escasa trascendencia. Se localizan algunas huellas en las rías del Nervión y Guernica que apuntan hacia el tráfico de cabotaje y tareas extractivas. Se ha descubierto un taller metalúrgico en el poblado de Foru³⁴. Consta de 3 hornos para la reducción del mineral de hierro. Los materiales asociados al mismo nivel delatan una cronología entre fines del siglo II y siglo III d.C. Fuera de estos focos el entorno se presenta abrumadoramente ganadero, con un comportamiento hostil frente al fenómeno romanizador.

La actividad minera practicada por Roma en el macizo de Peñas de Aya ha sido datada en el siglo I de nuestra Era. La antigua morfología de la Bahía de Hondarribia permitía adentrarse en el interior de la comarca por el curso del Bidasoa y fondear en la cala de Asturiaga, al resguardo del cabo de Híguer. La minería habría discurrido ceñida a este corredor y no parece haber tenido un reflejo significativo en la población indígena.

La economía extractiva que practicaron los hombres del Imperio en las lindes del «Saltus vasconum» dejó pálidas secuelas y no parece haber alterado de forma importante el devenir de los pueblos que se articulaban en torno al macizo montañoso interior. Riscos y montes debieron persuadir a las legiones de las dificultades de su penetración y dominio.

El interior montuoso permaneció alejado de las grandes rutas de comunicación, encerrado en sus arcaicos modos de vida. Los indígenas subsistieron gracias a una economía orientada a la ganadería trashumante y al aprovechamiento del bosque. La fama de ferocidad y salvajismo de estos individuos indujo a los foráneos a mantenerse a una distancia prudente. Fuera de los asentamientos enquistados en minas y calas, el resto del *Saltus* apenas parece alterarse. Las comunidades que se refugiaban en él desde la Edad del Hierro pudieron perdurar hasta la Alta Edad Media con escasas variaciones. Los textos del siglo XI nos describirán una población semidispersa, ligada a formas de vida protohistórica vinculada a esquemas mentales precristianos. Nos hallamos, probablemente, ante algunas de las tribus más aisladas (esto es, menos romanizadas) de todo el Sudoeste del Imperio.

A fines del siglo IV d.C. el Norte peninsular asistió a un largo período de intensas agitaciones. Numerosos episodios turbulentos sacudieron la vida de las comunidades que antaño disfrutaban de la «pax romana». El territorio se convirtió en escenario de contiendas sucesorias por el dominio del Imperio; la franja pirenaica cedió ante la penetración de vándalos asdings, si-

³⁴ Véase Ana Martínez Salcedo, 1992-1995.

lingos, suevos y alanos; el 443 los bagaudas protagonizaron un brote de violencia en Aracelli; el ejército visigodo atravesó el territorio por la vía Burdigala-Asturica;...

Desmanes, saqueos y bandolerismo sumieron los territorios septentrionales en el caos. La vida cotidiana se tornó azarosa ante tal sucesión de desórdenes, y la población civil buscó refugios protegidos. Los habitantes de algunos de los territorios más castigados, como las cabeceras del Duero y del Ebro, hallaron protección más allá de las ciudades y villas fortificadas. La inseguridad revalorizó los emplazamientos naturales de carácter defensivo hacia donde se desplazó la población. Ocuparon cuevas emboscadas³⁵, altozanos,... incluso antiguos castros.

1.4.1. *Caída del Imperio Romano*

La caída de la metrópolis arrastró a las ciudades bajo su dominio y eclipsó los modos de vida característicos de aquéllas. En el País Vasco, como en otros muchos territorios del Viejo Continente, este fenómeno se plasmó en el triunfo definitivo de la explotación ganadera y forestal, así como de las manifestaciones culturales a ellas vinculadas, de marcado primitivismo.

Las herrerías romanas habían funcionado, por lo general, adscritas a la villa. Caro Baroja supone que, tras el hundimiento del Imperio Romano, las herrerías de Araba y Nafarroa continuarían su funcionamiento de forma autónoma. Se habrían acomodado a la nueva coyuntura que atravesaba la cornisa cantábrica: economías cerradas dominadas por regímenes aristocráticos locales. En ellas se mantenía la demanda de útiles de hierro para el uso bélico y cotidiano que apremia a toda comunidad para su supervivencia. La ruralización que experimentó la Europa altomedieval tras la descomposición del Imperio Romano fue aún más acentuada en el País Vasco septentrional, donde la vida propiamente urbana se había limitado a una presencia testimonial. En él, al igual que en otras áreas, la necesidad de aperos de labranza y armas ofensivas y defensivas debió de hacer de la forja una práctica en permanente actividad.

En el 711 los musulmanes atravesaban el estrecho e iniciaban su expansión por la Península Ibérica. La franja cantábrica, incluido el Saltus Vasconum, impuso un límite natural a sus aspiraciones dominadoras. Atrincherados en los macizos montañosos norteños, cristianos y gentiles protagonizaron movimientos de resistencia. Algunos de sus caudillos iniciaron un movimiento ofensivo para la recuperación del territorio. Ocho

³⁵ Éste sería el caso de la cueva de Peña Forua (Bizkaia). El rico y variado ajuar del nivel tardorromano es propio de una sociedad fuertemente romanizada. Resulta difícilmente atribuible a una sociedad arcaica y pastoril, o meramente marginal. Martínez y Unzueta (1988) sostienen que los dueños de estos ajuares proceden de un emplazamiento cercano, y buscan en Peña Forua un resguardo seguro ante la inseguridad del ambiente.

siglos después, en 1492, los Reyes Católicos derrotaban al último reino musulmán de la Península.

En los difíciles siglos del comienzo de la Conquista (siglo VIII y siguientes) los hombres de los reductos resistentes encontrarían serios impedimentos para dedicarse a una actividad como la extracción de metales del subsuelo en la medida deseada. Probablemente la escasez de las explotaciones influiría para que, durante los siglos IX al XI, los herreros se esmerasen en aprovechar los útiles corroídos y transformarlos una y otra vez en sus fraguas. En el País Vasco altomedieval el hierro debió conocer un aprovechamiento cíclico³⁶. Las herramientas volvían al horno para transformarse en lanzas. Y viceversa; las armas retornaban al hogar y salían de él modificadas hacia destinos más pacíficos, según se considerase oportuno.

Refugiados en las alturas, emboscados en frondosas arboledas, aquellos ferrones persistieron en las prácticas aprendidas de sus ancestros en rudimentarias haizeolas. Gracias a sus métodos las tribus vascas pudieron aprovisionarse del instrumental punzante, cortante, o contundente que precisaban para sobrevivir en un entorno hostil.

Los procedimientos para la obtención del metal del hierro fueron transmitidos celosamente por los ferrones. La reserva de las operaciones de fusión y forja, que ni siquiera dominaban ni comprendían, debió conferirles un gran poder. Sus prácticas se veían envueltas en el secreto y el misterio. Hasta el siglo XIV este exclusivismo les retrata como una «*casta mal definida*»³⁷. El oscurantismo que les rodeaba inspiró mitos y fábulas que engrosaron la cultura popular indoeuropea. Las maravillas del arte de aquellos seres, tan sólo por ellos conocidas, les hizo merecedores de leyendas. Muchas de ellas les han sobrevivido y han pasado a integrar el bagaje mitológico de la cultura vasca. El velo de magia que enturbiaba la figura de los ferrones se tiñe en ocasiones de un cierto cariz de condena religiosa. Se les identifica con los «gentiles» reacios a la evangelización; o con el propio demonio («señor de los bosques» o «*basajaun*») en persona.

Los gentiles, como ya han advertido Azkue y Barandiarán, aparecían caracterizados como salvajes de gran fuerza. Vivían aislados de la sociedad, en montañas o parajes alejados. Se refugiaban en casas o cuevas. La denominación «*gentil-oleak*» por la que se conocen tradicionalmente las ferrerías de viento alude a su antigüedad, y nos trae reminiscencias de épocas anteriores a la cristianización del País Vasco. La difusión de los métodos siderúrgicos se asocia, en otras ocasiones, a San Martintxiki³⁸. Este personaje, mediante su ingenio, habría conseguido arrancar del «ba-

³⁶ J. Caro Baroja, 1958², p. 231.

³⁷ Son palabras de L. Silván, 1976, p. 33.

³⁸ M. Laborde advierte similitudes etimológicas con el dios Marte, dios de la guerra vinculado al fuego y al hierro; y con la denominación de instrumental como martinets y martillos. 1979, pp. 304-5.

sajaun» o «señor de los bosques» los secretos de la técnica del hierro: la soldadura a calda, la confección de sierras,...

El santoral recoge hasta seis San Martín anteriores al siglo x. Entre ellos figura el Obispo de Tours, cuya devoción en el País Vasco ha sembrado el paisaje de ermitas bajo su advocación. Parece ser que la adoración a este santo penetró en territorio vasco por el Camino de Santiago, como lo hicieran muchos de los avances metalúrgicos. La iconografía medieval no relaciona su figura con esta actividad. Los retablos románicos y renacentistas no lo adornan con los atributos del gremio que se acoge a su protección, el de los herreros. Es en los siglos posteriores cuando comienzan a fundirse placas («*su-atzeoak*») alusivas en las que se rodea al santo de emblemas férricos.

Por encima de toda consideración y leyenda, los ferrones que se afanaban en torno a las primitivas *haizeolas* mantuvieron durante siglos difíciles la tradición siderúrgica. Gracias a ellos el trabajo del hierro en el País Vasco queda vinculado a una larga tradición sin rupturas que se remonta hasta los primeros balbucesos de la Edad de los Metales.

1.5. Los hornos de las haizeolas

Las ferrerías de aquellos primitivos «gentiles» («ferrerías secas», «de viento», «agorrolas», «*gentil-oleak*» o «*haizeolak*») han dejado huellas indelebles en el paisaje. Los escoriales o «*zepadiak*» donde se amontonan las escorias o «*zamarrak*» denuncian el funcionamiento cercano de una de ellas en tiempos remotos. Existen vestigios en la ladera Este del monte Belamendi (cerca de Aizelarrain); en la colina de Aramaio; en las estribaciones del Gorbea (Larrakoetxea);... En Bizkaia se conocen los de Ilso Be-taio, Campa Lalén, Gerelagua, Aldape, Mello, Oiola, Tresmoral...³⁹

En el término municipal de Legazpi y alrededores (Gabria y Zerain) se localizan numerosos escoriales: «Motxorro», «Legorburu-piñuri», «Teniola» (2), «Leizealde»,...⁴⁰La sociedad «Burdinola» de Legazpi llamó la atención sobre las características que reunían los emplazamientos: proximidad a los yacimientos metalíferos o, en su lugar, facilidades de comunicación que permitan un transporte fluido; masas forestales en abundancia para la provisión de combustible, esto es, de carbón vegetal; orientación hacia los vientos dominantes, salvando el cresterío circundante para garantizar su plena exposición⁴¹. Finalmente se observa la disponibilidad de

³⁹ Véase el catálogo sistemático de las haizeolas vizcaínas elaborado por J. Gorrochategui y M.J. Yarritu, 1984, pp. 183 y ss.

⁴⁰ Ignacio Arbide Elorza et alii, 1980, pp. 54 y ss. Burdinola, 1998.

⁴¹ La orientación hacia el NW de los «zepadis» o escoriales estudiados por Burdinola en Otaño (Legazpi, 849 m.) desvela una distribución deliberada para obtener el máximo rendimiento de las corrientes de aire naturales. 1998, pp. 29-30.

recursos hídricos en las cercanías, que en altura pueden materializarse en regatos o torrenteras⁴².

Profesionales de «Arkeolan» en colaboración con «Burdinola» iniciaron en 1994 una sucesión de campañas. Hasta la fecha han efectuado 8 sondeos en diversos zepadis localizados en los montes de este municipio, allí donde se presume que pudieron haber funcionado ferrerías de viento⁴³. Se han aplicado pruebas de medición de C¹⁴ sobre los restos de combustible rescatados (carbón vegetal) y se han efectuado exámenes metalográficos. Los resultados les atribuyen una cronología entre los siglos XI al XIV⁴⁴. Los análisis sobre prospecciones de Gorrochategui y Yarritu en los zepadiak vizcaínos arrojan una antigüedad similar, de entre los siglos X y XIII.

El ferrón introducía el mineral en fragmentos no superiores a una nuez⁴⁵. Empleaba menas oxidadas de gran pureza⁴⁶. Previamente había liquidado en el hogar algunas materias fundentes con el combustible. Luego procedía a la carga del mineral; y cuando éste se hallaba en el interior, insuflaba el aire por medio de fuelles. Éstos se confeccionaban con la piel de una cabra o de un gamo, a la que se le sujetaba una caña en el extremo del cuello. El tamaño de los hogares debió ser muy reducido. Carecemos de testimonios acerca de su aspecto. Silván los supone «*de forma cilíndrica y de dimensiones parecidas a los existentes en las caleras*»⁴⁷. Admitían cargas máximas de entre 20 y 30 Q.

J. Caro Baroja los describe como troncos de árboles de gran diámetro, que han sido ahuecados para acomodarlos a las tareas de reducción. Su interior se recubre de arcilla y sustancias minerales. El orificio por donde se introducía el aire se ubicaba de tal modo que quedaba expuesto al viento dominante del paraje. De este modo, el fenómeno atmosférico natural

⁴² Gorrochategui y Yarritu (1984, p. 180) confirman las mismas características para los escoriales vizcaínos. Advierten la cercanía respecto a pequeñas regatas de montaña, y aventuran la posibilidad de que se aplicase una capa húmeda de arcilla para cubrir el horno, al modo en que se procede en las carboneras.

En el caso de Otaño (Legazpi), los cenagales de los alrededores bien pudieron haber suplido la carencia de corrientes fluviales permanentes, dado que habrían proporcionado a los ferroses la arcilla que éstos precisaban para sus manipulaciones.

⁴³ Véanse referencias de las campañas en *Arkeolan*, n.º 2, I-97, pp. 27-8 y n.º 3, II-97, p. 8. Véase también Burdinola, *op. cit.*

⁴⁴ Es particularmente reseñable el hallazgo, en el escorial de Haizpea, del fondo de la hizeola misma, y unos 50 cm. de una parte del alzado en arcilla. En su interior conservaba, además, una pequeña agoa de 1 kg. escaso de peso. Véase reseña en *Arkeolan*, 3, II-97, p. 8.

⁴⁵ En esta aproximación seguimos a Mariano Zuaznavar (1905), quien se remite, a su vez, a la Introducción del doctor Percy en su *Tratado completo de metalúrgica*.

⁴⁶ Se trataba de un mineral muy rico, según se deduce de los análisis efectuados sobre algunas escorias. En el caso del «zepadi» de «Teniola», en Legazpi, uno de los más extensos de la zona, el contenido en hierro oscila entre un 49 y un 59%. Burdinola, *op. cit.*, p. 31.

⁴⁷ 1976, p. 40.

substituía con creces la capacidad de insuflado de los ferrones, pertrechados con pellejos de animales.

En tanto no avancen las investigaciones arqueológicas y nos aporten datos fidedignos, los estudiosos han recurrido a descripciones de otros modelos que, por existir indicios de cierta semejanza, pueden extenderse a los establecimientos vascos⁴⁸. A juicio del ingeniero de minas Mariano Zuaznavar, los métodos de los ferrones de Orissa, en Bengala, pueden arrojar alguna luz sobre los procedimientos de sus antiguos colegas vascos en las estribaciones pirenaicas. Zuaznavar incluye una detallada descripción en su tratado sobre las antiguas ferrerías, que referimos a continuación.

Los hornos indios son cilíndricos, confeccionados en arena ferruginosa mal amasada, sostenida por una armadura de bambú. Sus dimensiones son de 0'90 m de altura por 0'30 de diámetro interior. Dos perforaciones en la base, de distinto tamaño, permiten las tareas de extracción. La más reducida se encuentra en un lateral y por ella sale la escoria. Los metalúrgicos, durante el proceso, la hacen fluír hacia el exterior con ayuda de unas tenazas. Una inclinación del terreno facilita esta labor.

Un segundo orificio mayor, casi de la misma anchura del diámetro del horno y de 0'30 m de altura, constituye el lugar por donde los operarios sacarán el producto final. Esta salida permanece taponada por barro durante el funcionamiento del horno. Presenta un pequeño agujero por donde se introduce la tobera, tubo cónico confeccionado en la misma materia ferro-arcillosa del hogar.

La carga del horno se realiza desde arriba, en capas alternas de combustible y mena. La operación de reducción se prolonga entre 4 y 6 horas, durante las cuales un ingenioso mecanismo soplante de dos fuelles alternos garantiza un flujo de aire casi continuo. Al finalizar la operación de reducción, los de Orissa desenlodan la salida principal y extraen la masa de hierro. Se encuentra en estado maleable, mezclada con carbón y escorias. Con frecuencia es preciso someter el primer producto del horno a una segunda calda antes de pasar a la forja. Los hornos reciben entre 2 y 3 cargas diarias. Finalmente, la masa se depura a golpes de mazo.

«Arkeolan» ha advertido cierta similitud entre los hornos bajos galorromanos y las haizeolas. Conforme a esta hipótesis, es posible que la combustión de éstas últimas alcanzase los 1.300 °C que atribuyen los exámenes metalográficos a los de más allá de los Pirineos⁴⁹. Aguardamos los resultados de nuevas campañas y sus análisis correspondientes.

⁴⁸ Véase una reconstrucción detallada del proceso de reducción de una haizeola en Legazpi en Burdinola, 1998, pp. 13-20. Omitimos su resumen por lo reciente y accesible de su publicación. Optamos por reproducir los métodos de Orissa por cuanto puedan añadir respecto a los recientes avances arqueológicos.

⁴⁹ Realizados por Julia Simon (Universidad Politécnica de Catalunya). Véase referencia en *Arkeolan*, 2, I-97, p. 28. La sociedad «Burdinola» (1998, p. 13) coincide con esta apreciación y atribuye a las haizeolas de Legazpi temperaturas no inferiores a los 1.200 °C.

Capítulo II

La energía hidráulica

«[...] los martillos con que estas pastas se labran y se hazen barras y otras cosas no son traydos por manos de hombres ni con fuerça de braços que no bastaría. Las traen ciertos maços que un caos de agua mueve y dan tan grandes golpes que baten aquellas pastas de hierro y Azero, y assí hazen dello lo que quieren.» P. DE MEDINA

Hasta mediados del siglo XIX gran parte de los avances tecnológicos ha discurrido por cauces independientes a la investigación científica. Una multitud anónima de individuos de talento, formados a la sombra del taller, protagoniza la Historia de la Tecnología. Son analfabetos y no han conocido ningún tipo de enseñanza. Citemos por ejemplo a la Real Fábrica de Anclas de Hernani, ambicioso centro puntero en su especialidad. Sus manufacturas despiertan la admiración de propios y extraños en los puertos nacionales y extranjeros. En 1750, José Joaquín de Egaña desempeñaba el cargo de Maestro principal. De él comenta Francisco Antonio de Oquendo que sabe *«leer y escribir, pero no está corriente en el castellano, y los demás maestros no saben leer ni escribir, ni poseen más lengua que la natural de este país.»*

Durante siglos los inventos han sido deudores de los tanteos de estos artesanos, que compensan su rudeza con voluntad. Parten de su experiencia inmediata y tratan de resolver las dificultades que entorpecen el manejo de sus útiles de trabajo. Un deseo de aliviar su labor diaria impulsa sus tentativas. Sus logros son el fruto del único método que conocen: la praxis por «ensayo y error». El descubrimiento de una mejora técnica supone un aliciente nada desdeñable. Su eficacia se mide en rentabilidad o bienestar, estímulo suficiente para aguijonear las ideas. Sólo el posterior desarrollo de las ciencias encontrará una explicación profunda a sus aciertos.

El hombre medieval responde al prototipo del modesto inventor que acabamos de describir. Monjes, campesinos, mineros, carreteros y albañi-

les se esmeran por modificar sus utensilios o construir otros nuevos, de modo que les permitan ampliar su capacidad productiva. Su contribución a la Tecnología se concentra sobre todo en el ámbito rural, que es el sector productivo donde se empleó la gran mayoría de la población europea.

El adelanto técnico que conoció Europa entre el 700 y el 1400 desvanece la fama de oscurantismo a la que se asocia tradicionalmente esta época. En muchos casos no se trató de «innovación» sino de «divulgación»: la propagación de los grandes inventos clásicos, asiáticos e islámicos⁵⁰.

Entre los siglos VIII y XII es el mundo islámico quien ostenta la supremacía tecnológica. Ésta se debe no tanto a su capacidad inventiva como a su labor de asimilación y difusión de los saberes de otras culturas. Los musulmanes medievales fueron pioneros en la Química y el aprovechamiento energético. Algunas de las técnicas hidráulicas aplicadas por los árabes en sus plantaciones eran ya conocidas desde la Antigüedad. Pero a ellos se debe que adquiriesen un desarrollo sin precedentes. Hicieron de la «norria» o rueda el paradigma de todos los ingenios con engranajes.

A partir del siglo XII la Europa cristiana toma el testigo a los «infieles». Para esta fecha, los cristianos ya habían extraído de aquéllos su sabiduría técnica y se disponían a aguzar su propio ingenio. Desde entonces y hasta el siglo XVI, Europa occidental concentró sus esfuerzos en tres áreas: la energía eólica (molinos de viento); la navegación (construcción naval —carabelas— e instrumentos —compás, etc.—); y... la Metalurgia⁵¹.

Las artes del hierro experimentan un notable impulso entre los siglos XII y XVI («Plena» y «Baja» Edad Media). En el transcurso de las centurias citadas, la demanda de derivados férreos experimenta un incremento notable. La guerra exige un adecuado herraje de las monturas, pertrechos defensivos para los soldados, armas mortíferas,... En los intervalos de paz, la agricultura necesita endurecer los filos de los aperos y las rejas de los arados⁵². Finalmente, la Europa espiritual de las grandes catedrales precisa de armazones metálicos para empotrar la mampostería; tirantes, clavos, herramientas, pletinas, varillas, cebraduras, grapas,... y toda clase de piezas y herramientas de trabajo.

⁵⁰ Véase un resumen acerca de la reivindicación del desarrollo tecnológico medieval para la Península Ibérica en la ponencia de Ricardo Córdoba de la Llave en *Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media peninsular*, Fundación Hullera Vasco-Leonesa, 1996, pp. 317-346.

⁵¹ El progreso en materia metalúrgica contó con la oportuna circunstancia de tratarse de una de las industrias periféricas al sistema gremial. Sus rudimentos se desarrollaron de forma autóctona respecto a los rígidos patrones feudales. Véase L. García-Guijaro Ramos, 1996.

⁵² Pero el hierro siguió siendo un material excesivamente costoso, lo que lo marginaba de muchos ámbitos cotidianos. En palabras de N.J.G. Pounds, «[...] *el hierro era desconocido en la cocina; el carpintero trabajaba generalmente sin clavos; el alambre no existía, y una aguja se consideraba casi como una herencia.*» 1968, p. 12. Esta situación de escasez permaneció sin modificaciones hasta la I.ª Revolución Industrial (mediados del siglo XVIII en adelante). Sólo entonces la Tecnología consiguió la fabricación de cantidades masivas de hierro a bajo precio.

Los talleres metalúrgicos no habrían podido responder a tal volumen de pedidos con la única fuerza del herrero que manipula un horno de aire. Sólo una fuente de energía que multiplicase la potencia humana podía dar satisfacción a tan larga lista de clientes: clérigos, monjes, campesinos, señores de la guerra,... Anónimos «ingenieros» de la época, muchos de ellos de sangre musulmana, perfeccionan las ruedas hidráulicas. Exploran las posibilidades de sus engranajes, tanto verticales como horizontales. La construcción de diques y presas conoce una expansión señalada. El agua es contenida o desviada, y las corrientes fluviales se reconducen hacia las ruedas. Finalmente, los artesanos medievales las dotan de levas y manivelas. Un equipamiento de estas características permite adoptar la rueda a todo tipo de corrientes, por un lado; y por otro, dirigirla hacia las funciones más dispares: triturar, abatanar,... o martillar.

II.1. Orígenes y difusión de la energía hidráulica

La gran aportación de la ingeniería hidráulica consiste en extraer energía del propio dinamismo del agua. Este logro ha redimido al hombre de penosas tareas mecánicas que había venido realizando con la sola fuerza de sus brazos o piernas. La rueda ofrece su primer exponente. Los griegos ya diseñaron algunas horizontales, sencillas y eficaces. Pero los romanos consiguieron aprovechar aún mejor su rendimiento desde el invento de la rueda vertical.

La primera rueda hidráulica motriz occidental fue, pues, horizontal, llamada también «de rodezno». Su mecanismo implica la superación de la función meramente transportista por la motora. Esta mutación exige una ligera modificación del modelo primitivo: la adición de paletas radiales. Consiste en un eje vertical de madera provisto de aletas verticales o ligeramente inclinadas. Se introduce perpendicularmente en la corriente fluvial. El agua impulsa las paletas y las hace girar de tal modo que imprime al eje un movimiento rotatorio. Su sola prolongación permite acoplarlo a una muela de trituración e impulsarla con eficacia. Los clásicos nos han dejado numerosos testimonios acerca de su empleo en molinos del siglo I a.C.⁵³.

La modalidad romana es vertical. Los romanos la emplean con dos fines: la elevación de un cauce y la molienda. Su aplicación aporta una conquista sin precedentes de volumen de energía disponible. El animal de tiro o de carga más eficaz no rebasaba los 0'5 HP de potencia. El mundo clásico había apelado sistemáticamente al trabajo de los esclavos. El recurso a la fuerza humana para la tracción era habitual en la Antigüedad. Los arne-

⁵³ Las investigaciones de Axel Steenberg en Dinamarca revelan la existencia de ingenios similares en la Europa nórdica contemporánea. La Arqueología apunta hacia una aparición multifocal del invento.

ses de la época clásica presentaban una morfología muy deficiente, que impedía aprovechar la capacidad de tiro del animal en toda su magnitud⁵⁴.

La rueda rinde 3 HP; esto es, multiplica por seis la capacidad máxima lograda hasta entonces. «Significó la primera liberación del hombre con respecto al trabajo brutal, para el que no está bien preparado», concluye Fernández Casado⁵⁵. La mejor descripción de una rueda de estas características legada por la Antigüedad nos la ofrece el ingeniero romano Marco Lucio Vitrubio en su obra *De Architectura*, escrita el año 25 a.C. En los capítulos IV al VIII del libro X, Vitrubio describe varios artilugios hidráulicos. Entre ellos figura una rueda de paletas cuya función específica consiste en la transformación de la energía del caudal y su aplicación a los mecanismos de molienda⁵⁶.

Para el siglo I a.C. el Mundo Antiguo había alcanzado un alto nivel teórico en lo que a molinos hidráulicos se refiere. Paradójicamente su trascendencia económica es escasa y, en algunas épocas, testimonial. Como numerosos ingenios helenísticos, no serán explotadas sistemáticamente hasta la Edad Media. Se difunden durante el Bajo Imperio Romano, especialmente durante sus últimos años. Para entonces ya se explotan en los confines de sus dominios, en manufacturas de la más variada naturaleza.

Es preciso aguardar a los siglos VIII y IX para que arraiguen en Europa. Las primeras menciones documentadas de la Edad Media nos llevan a Alemania (732-775), Francia (798) y Burgos (831). A partir del siglo X, proliferan tanto en la Europa cristiana como en la musulmana.

En la Península Ibérica, los musulmanes explotan sus posibilidades con excelentes resultados. Practican una agricultura a la que denominan «india», basada en el arroz, los cítricos, el melón de agua y la caña de azúcar,... Estos cultivos no podían sobrevivir durante la sequía estival característica de la cuenca mediterránea. Para paliar sus efectos, los árabes confeccionan sofisticados sistemas de riego. Ya en el 802, el cronista musulmán Raxis describe los molinos instalados en el Ebro a su paso por Tudela.

Los musulmanes se ven obligados a acondicionar las ruedas a situaciones hidrológicas y topográficas tan diversas como las de los distintos paisajes de la Península Ibérica. La tipología horizontal, conocida más propia-

⁵⁴ Habría que esperar a la Edad Media (inventos del petral y de la collera) para que los animales de carga pudiesen rendir al máximo con el menor esfuerzo, y poder liberar así al hombre de tan penosa servidumbre.

⁵⁵ 1985, p. 639.

⁵⁶ Las ruedas vitrubianas no exigen canales de derivación ni depósitos. Se instalan directamente sobre la corriente, que las impulsa lentamente. Por este mismo motivo, precisan de un caudal abundante que garantice el movimiento. Su confección ofrece pocas dificultades técnicas, dado lo elemental de su naturaleza. No exigen banzaos ni canal de derivación. Giran lentamente y de ellas se obtiene un bajo rendimiento.

mente como «*rodežno*», responde generalmente a los molinos de grano; en tanto que la vertical o «*aceña*» se utiliza para procesos industriales⁵⁷.

Las ruedas verticales de corriente baja (vitrubianas, de impulsión inferior) habrían sido difundidas desde al-Andalus a los territorios cristianos peninsulares a mediados del siglo X. Su introducción supondría un paulatino desplazamiento de los molinos horizontales, más antiguos.

La rueda hidráulica tiene multitud de aplicaciones, no sólo la de la molienda; entre sus posibilidades se halla la propulsión en sentido vertical. Pero para ello es preciso solventar una dificultad: la conversión del movimiento rotatorio en movimiento lineal. El hombre medieval resuelve el problema con la aplicación de dos mecanismos: la leva («árbol de levas») y la manivela. Ambos artulugios le permiten transformar su energía en tareas de martilleo, como los exigidos por la separación de fibras de lino, el lavado del paño, la trituración del mineral de hierro y la forja⁵⁸.

En el siglo IX ya funcionaban ingenios de estas características. Sabemos de su existencia en Picardía en el año 861, impulsando molinos de malta para la cerveza. Más tarde son las manufacturas textiles las que nos acomodan a los batanes de paños. La primera experiencia de la que nos llegan noticias tiene lugar entre el 990 y el 1.040, en Grenoble y Lénins⁵⁹.

La adaptación de la rueda hidráulica a los martillos de forja está inspirada en los ingenios agrícolas y textiles descritos. El principio mecánico es el mismo que el del batán; pero las labores metalúrgicas requieren dispositivos de una mayor complejidad.

Las ruedas de las industrias pañeras impulsan ligeras mazas de madera. Los «*martinetes*» deben elevar hasta 200 Kg de peso para triturar el metal; o labrar piezas grandes pero de delicada geometría, como anclas y rejerías. Hay que esperar a los siglos XII y XIII para encontrar los primeros indicios de su aplicación: Estiria (1135), Sur de Suecia (1124), Normandía (1204) y Moravia (1269).

La combinación entre la fuerza hidráulica y la industria ferrona supone una feliz asociación, avalada por el paso de los siglos. Incrementa la energía invertida en los distintos procesos y, gracias a su intervención, permite elevar la temperatura de los hogares y la maleabilidad de los me-

⁵⁷ Glick sugiere, no obstante, que los molinos de grano urbanos tal vez empleasen ruedas verticales. 1992, p. 44.

⁵⁸ Julio Caro Baroja atribuye al helénico Heron de Alejandría la idea de la aplicación de una rueda sobre un mazo. Pero su invento corrió la misma suerte que otros tantos de sus contemporáneos: permaneció olvidado durante largos siglos. 1956, p. 142.

⁵⁹ A fines del siglo XI se contabilizan en Inglaterra 5.642 molinos. Ignoramos si se trata de ruedas verticales u horizontales, más sencillas de construir y de menor costo. Pero incluso en el último de los casos, su profusión no deja de sorprendernos. J. Mokyr calcula la proporción de una por cada 50 unidades domésticas, lo que le lleva a reflexionar: «*A diferencia de sus antecesores romanos, los hombres y mujeres del medievo vivían rodeados de máquinas movidas por agua que les ahorran arduos esfuerzos.*» 1993, p. 55.

tales. Las antiguas fraguas, manipuladas con la sólo fuerza de los brazos, quedan obsoletas.

Muchas de las novedades ferronas son difundidas en el Viejo Continente por la orden monástica del Císter. San Bernardo de Claraval, su fundador, propugnaba el trabajo manual. Los monjes de la Orden debían cultivar los campos y, además, fabricar sus propios aperos de labranza. De ahí que los monasterios cistercienses reservasen algunos de sus aposentos al taller de fragua el cual, en ocasiones, adquiriría unas dimensiones similares a las de la iglesia misma (Fontenay, Royaumont).

Ubicada en plena región minera de Champagne, la abadía de Claraval va acumulando donaciones y compras de minas de hierro del entorno. Desde 1250, los monjes destacan como los principales productores siderúrgicos de la región. En 1330 poseen entre 8 y 13 fábricas de hierro. El deambular de las comunidades cistercienses por Europa y Norte de la Península a través del Camino de Santiago propaga las nuevas técnicas.

Las cumbres que desafían al viento pierden competitividad frente a los valles boscosos regados por ríos bravíos. Los parajes de Kent y Sussex, los valles de Borgoña, la cuenca del Rhin, las laderas alpinas y pirenaicas... cobran una importancia hasta entonces desconocida a los ojos del hombre del medievo. Los hercúleos ferrones, que antaño atemorizaban a los campesinos por su aspecto «demoníaco» y su vida apartada, abandonan las cimas solitarias para asentarse en los alrededores de las orillas fluviales.

Todavía temidos, a la par que admirados, pierden aquel halo legendario de misterio que los envolvía cuando vivían segregados de la población, en lo más alto. Poco a poco, los vecinos se van familiarizando con su figura; así como con los pertrechos hidráulicos que comienzan a salpicar el paisaje y que acabarán integrándose en él, prestándole una de sus siluetas más características.

II.2. Descenso de las ferrerías vascas a los valles

El sistema vasco de ferrerías entronca con la larga tradición metalúrgica pirenaica, de la que participan también aquitanos y catalanes. Julio Caro Baroja establece nexos en su conjunto, tanto sincrónica como diacrónicamente, entre la cultura vasca y la de las regiones montañosas del Sur de Alemania, cuenca meridional del Rhin, territorios alpinos y pre-alpinos⁶⁰. La Europa noratlántica ofrece, pues, el espejo en el que se refleja su evolución técnica.

Hierro, madera, regatas y corrientes,... constituyen los recursos propios de la vertiente septentrional (Saltus). No siempre han sido valorados

⁶⁰ 1958², p. 518.

del mismo modo en la Historia. Durante siglos, habían permanecido en un mutismo que comienza a quebrarse hacia los siglos XII y XIII. La coyuntura tecnológica que se abre camino en Europa permite contemplarlos con nuevos ojos y considerar su rentabilidad en clave siderúrgica.

Minas, enseñadas y bosques espesos adquieren ahora un nuevo significado en función de las posibilidades de su explotación y comercialización. A partir del siglo XII, el País Vasco comienza a acortar distancias respecto a su entorno y abandona paulatinamente aquella imagen de territorio abrupto e incomunicado. No sólo se abre al paso de las rutas comerciales; también expondrá su potencial minero a la demanda europea.

La Plena Edad Media se consolida en el País Vasco atlántico, y con ella se vislumbra la posibilidad de romper el estrecho margen de la economía pastoril que le había caracterizado durante siglos. La sabia administración de sus dotaciones en las plazas exteriores proporcionará a sus hombres un saldo comercial positivo con el que adquirir en el mercado los cereales que le niega la naturaleza en su propio suelo.

No parece que el conjunto de los territorios aplicase la nueva tecnología hidráulica en una misma fecha. Se advierten diferentes ritmos de adaptación, mediatizados, probablemente, por las peculiaridades y recursos de cada entorno. Esta diacronía puede explicar las diferencias mantenidas por los investigadores cuando han tratado de fijar este momento.

Las ferrerías secas gozaron de una gran pujanza en el País Vasco hasta, aproximadamente, los siglos XII y XIII. Situadas en las cimas, expuestas a los vientos dominantes y con la sola fuerza del hombre, las haizeolas capitalizaban la producción siderúrgica. Los montes del interior del País Vasco, como, p. ej., las sierras que evidencian la divisoria de aguas entre el Cantábrico y el Mediterráneo, ofrecían recursos óptimos a su actividad. En esta época, el territorio montañoso alavés disfrutaba de excelentes condiciones para el desarrollo de la Siderurgia, gracias a la extensión y ubicación de sus áreas boscosas⁶¹.

La nueva tecnología hidráulica penetra en el País Vasco probablemente desde el Reino de Navarra, procedente de los Pirineos orientales o de la Europa continental. Los peregrinos que transitaban por el Camino de Santiago habrían sido los responsables de su difusión. La primacía alavesa declina con la llegada de la rueda hidráulica. Los aparejos hidráulicos suponen la promoción de las provincias atlánticas. Los aprovechamientos fluviales precisan de un perfil y régimen hidrográficos que armonizan de forma idónea con sus re-

⁶¹ La prepotencia siderúrgica alavesa queda de manifiesto en los falsos votos de San Millán (hacia 1143). Este documento se hace eco de la dedicación cerealística (agricultura con rasgos mediterráneos, como corresponde al clima de gran parte de su territorio), forestal, ganadera y siderúrgica de Álava. En contraposición, sólo destaca la ganadería y la silvicultura como explotaciones económicas características de los territorios atlánticos. Véase J.A. García de Cortázar, B. Arízaga et alii, 1979, pp. 21 y 75.

cursos naturales. El eje productivo se traslada de Sur a Norte. Los húmedos valles de la costa cantábrica comienzan una fructífera carrera.

J. Caro Baroja distingue dos trayectorias diferentes para las ferrerías vizcaínas y guipuzcoanas. El Señorío se halla condicionado por la abundancia de su rico mineral. Gipuzkoa evoluciona mediatizada por los obstáculos que le imponen sus carencias. Para sobrellevarlas, habrá de agudizar el ingenio. Trasladado a los siglos medievales, este esfuerzo bien pudo haberse traducido en una más temprana incorporación de las técnicas hidráulicas. Los testimonios documentales refrendan esta hipótesis, como veremos a continuación.

La primera mención a la nueva tecnología data del 15 de mayo de 1335. Aparece en el Fuero de Ferrerías concedido a la villa de Segura⁶². En ellas se hace referencia a la coexistencia de ferrerías «masuqueras», «de maço de agua» (ambas hidráulicas) y «de omes». Conforme a la interpretación de M.M. Urteaga Artigas, la «masquera» y la de «maço de agua» o «maçona» serían dos modalidades de ferrería hidráulica: «*las masuqueras serían las ferrerías destinadas a obtener el metal en bruto, hierro o acero. Las mazonas se encargarían después de convertirlo en un producto laminado de tipo intermedio o acabado. Esta función ocuparía a las ferrerías tiraderas.*»⁶³

La temprana dualidad de modalidades movidas por agua nos trae ecos de testimonios posteriores acerca de la especialización de la ferrería en «mayor» (que sería la «mazuquera») y «menor» (que sería la «mazona») ⁶⁴. La alusión que el texto hace a ferrerías «de omes» se referiría a las movidas a fuerza de brazo; esto es, a las agorrolas.

Poco después, un segundo documento confirma la ubicuidad de los ingenios hidráulicos en Gipuzkoa. Se trata del Fuero de los ferrones de Oyarzun, otorgado por Alfonso XI en 1338.

Pero existen otros indicios documentales que, aunque menos explícitos, permiten suponer el funcionamiento de «*zeharrolas*» o ferrerías hidraúli-

⁶² «[...] por razón e manera que habemos ferrerías masuqueras e otras de maço de agua e de omes mas e otros en Necaburu [probablemente Lekanburu, en Mutiloa] e en Legazpia e en otros lugares de que labran la vena de Necaburu e de ay Spuru [probablemente Aspuru-Aizpuru, en Zerain] de camaron de ocañu [probablemente Otaño, en Legazpi] e de barbaria [probablemente Barbari, en Zegama]». Las correspondencias toponímicas, recogidas de I. Arbide et alii, 1980, p. 40.

⁶³ M.M. Urteaga Artigas ha subsanado la confusión acerca de la interpretación del término «masquera» (1997), al que la bibliografía tradicional ha asociado frecuentemente con la «hai-zeola».

⁶⁴ La ferrería mazuquera parece estar relacionada también con la producción de acero en la villa de Arrasate (véase capítulo III.5). Tanto las ferrerías que reciben esta denominación como las tiraderas o pequeñas producen acero. Las diferencias no se perciben con claridad, a la vista de la documentación examinada. Si acaso, algunos testimonios posteriores permiten suponer a M. Urteaga que las tiraderas eran de menores dimensiones, y que en ellas se confeccionaban herramientas y otras piezas. *Ibid.*

cas en el siglo XIII. Probablemente ya existiese alguna en Mutriku desde, por lo menos, 1256. El señalamiento de términos de la Villa (Burgos, 16 de mayo de 1256) hace alusión a «Ibarrola».

El análisis del contexto lleva a afirmar a Díez de Salazar «[...] *desechamos para el topónimo de Ibarrola el significado de “sel de Ibarra”, y damos el de “ferrería de Ibarra”, o “ferrería de ribera”, es decir, hidráulica.*» Esta deducción queda reforzada por la presencia de la ferrería de Ibarra, detectada ya en el siglo XV⁶⁵.

Sancho IV de Castilla nos ofrece otro testimonio en el privilegio dado a la Villa de Segura (Vitoria, 18 de abril de 1290). En él invita a las ferrerías masueras a afincarse en las cercanías de la Villa, con el fin de garantizar la salvaguarda de operarios y bienes. Alfonso XI redonda en similares términos en las Ordenanzas de 1335⁶⁶.

En este momento la siderurgia alavesa se descuelga de la carrera tecnológica emprendida por los talleres guipuzcoanos. Habrá que esperar un siglo para que los alaveses incorporen los ingenios hidráulicos. A partir del 1375 el hierro alavés experimenta un nuevo relanzamiento, aunque en términos más modestos que los que habían caracterizado su anterior trayectoria.

La mejor dotación de la franja holo-húmeda en los recursos demandados estimula el despegue de las ferrerías en sus valles, en detrimento del territorio alavés. El éxito de la zeharrola corre paralelo a la merma de la capacidad productiva alavesa, incapaz de competir en los nuevos términos metodológicos. En adelante, los territorios costeros llevarán el peso de la siderurgia.

El primer Fuero de Ferrerías es otorgado por Alfonso XI a los arrendadores y señores de ferrerías de Oiartzun e Irún-Uranzu, el 15 de mayo de 1328⁶⁷. Bizkaia no disfrutará de un cuerpo legal de similares características hasta 1440 («Fuero de las Ferrerías» del Señorío). Es significativo que la actividad alavesa no haya desarrollado un marco legal específico. Habrá de recurrir a la de los territorios limítrofes como, p. ej., el guipuzcoano.

De forma paralela, la labranza del hierro declina en Araba. Carece de aptitudes que le permitan competir con la nueva tecnología con visos rentables. En adelante la actividad minera y siderúrgica queda relegada como un fenómeno periférico. Se localiza en la franja holo-húmeda de la provincia; esto es, en los valles cantábricos y las estribaciones de las sierras Gorbea y Aitzgorri. Su orografía puede interpretarse como una prolongación de la

⁶⁵ 1983, pp. 66-7.

⁶⁶ Publicadas en apéndice por Elejalde y Erenchun, 1974. Véase interpretación de M.M. Urteaga Artigas en párrafos anteriores.

⁶⁷ L.M. Díez de Salazar (1983) y J.L. Orella Unzué, *Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media peninsular*, 1996, pp. 567-604.

franja atlántica⁶⁸. El porcentaje de sus minas y ferrerías alavesas es reducido en el conjunto del País Vasco. Pero el restringido espacio en el que se concentra le confiere una fuerte trascendencia para la economía local.

Numerosos estudiosos dan por sentado que la adopción del mazo hidráulico en Bizkaia es más tardía que en Gipuzkoa. Pablo de Alzola la sitúa en el siglo xv. El P. Henao, J. R. de Iturriza, Vázquez de Prada, J. Almunia,... en el xvi⁶⁹. Gorrochategui y Yarritu sugieren la segunda mitad del siglo xv como época probable de sustitución de la ferrería seca por la de agua. «*Si alguna actividad subsiste parece que puede ser de carácter marginal.*»⁷⁰ Apuntan la posibilidad de que las haizeolas, en los momentos posteriores, se dedicasen a elaborar toscos lingotes que serían transformados posteriormente en las fraguas ubicadas en los núcleos de habitación⁷¹.

Resulta, pues, difícil de comprender un pleito que se suscitó en el siglo xvi con motivo del uso de martinetes en Bizkaia. Una Real Cédula de 1514 concedía a Juan Tomás Fabricario, milanés afincado en Segovia, la exclusiva de la explotación de un martinete «a la genovesa» (esto es, impulsado por fuerza hidráulica) para tratar el cobre. Aún más: en 1520, Fabricario consigue prorrogar por diez años más sus derechos.

¿En qué términos puede interpretarse dicha exclusividad, cuando los ferrones vascos venían empleando la fuerza hidráulica desde, tal vez, 1290? Era inevitable el encuentro de intereses entre los vascos y el milanés. Éste sobrevino con motivo de la instalación de un nuevo martinete en Valmaseda por Marcos de Zumalabe, en plena vigencia del «monopolio» de Fabricario. Probablemente lo aplicase en la ferrería de su propiedad, «La Penilla», a orillas del Cadagua.

⁶⁸ El término municipal de Aramaio, p. ej., ocupa 7.300 Ha., de las que más de 6.000 se reservan a la explotación forestal. La riqueza del valle ha residido en la agricultura, la ganadería y la labranza del hierro. Véase P. Elejalde, 1989.

⁶⁹ La creencia de que las ferrerías hidráulicas «a la genovesa» comienzan a funcionar en 1540 para todo el País Vasco es introducida por el P. Henao (T. II, p. 105). Esta afirmación será reproducida por la historiografía posterior hasta fechas recientes.

J. Almunia supone una mecanización paulatina de los ingenios, que habría culminado en el siglo xvi. Este mismo autor sostiene que sólo en dicha centuria queda plenamente definida la ferrería de agua, con ingenios hidráulicos proyectados tanto para los soplantes como para las tareas de golpeado. Hasta la fecha, la mecanización se habría limitado tan sólo al aparejo soplante (desde la primera mitad del siglo xiv, Fuero de Oiartzun, 1366). Barreiros supone una mecanización de los soplantes aún más tardía: en el siglo xv (en L. Silván, 1976, p. 42).

⁷⁰ 1984, p. 182.

M.^a Mercedes Urteaga Artigas tampoco niega la prolongación de las técnicas prehidráulicas hasta las fechas tardías citadas por estos autores; especialmente en las zonas más inhóspitas de la geografía vasca. Pero considera estos casos como «*excepciones, en franca decadencia y fruto de la acerbada resistencia a aceptar técnicas o usos extraños.*» (coord.), [1884], fol. 23.

⁷¹ Para ello se basan en hallazgos verificados en los valles de Karrantza y Sopena (Tresmoral). *Ibid.*, p. 182.

Zumalabe salió al paso de la denuncia de Fabricario argumentando que su martinete se aplicaba al hierro; en tanto que los derechos disfrutados por aquél se reducían exclusivamente al tratamiento del cobre.

Tras su reubicación junto a los cauces fluviales, las ferrerías atraviesan su mejor momento. Transcurren los siglos finales de la Edad Media. Los vascos se sitúan a la cabeza de la tecnología europea en materia de industria pesada.

La orografía del país cumple sobradamente los requisitos para la aplicación de los últimos hitos energéticos, lo que permite mecanizar el proceso productivo conforme a los métodos más avanzados de Europa. La disponibilidad de una materia prima excelente (el anticlinal de Somorrostro), idónea para ser sometida al tratamiento de forja, garantiza resultados óptimos a la zeharrola.

En 1531 operan en Bizkaia y Gipuzkoa más de 200 establecimientos de estas características. Producen en torno a 240 Qm. de hierro (con un ratio de 1.200 Qm. anuales por ferrería)⁷². En las mismas fechas, Navarra alberga 32 ferrerías que se concentran en sus valles septentrionales⁷³.

Las haizeolak no se apagaron con ellas. Sobrevivieron durante los siglos siguientes, aunque en número decreciente. Probablemente, las últimas no se se apagarían hasta el siglo XVIII⁷⁴. Las razones de su pervivencia hay que buscarlas en su economía: el desembolso de capital requerido era mínimo. Por otro lado, su emplazamiento en parajes inhóspitos suponía un obstáculo al control del fisco, circunstancia que las revistió de un atractivo nada desdeñable.

Finalmente, las ventajas intrínsecas de la nueva tecnología la hicieron triunfar definitivamente sobre los métodos antiguos.

II.3. Equipamiento de una ferrería hidráulica

Una ferrería de agua («cearrola», «zeharrola» o «martinete») se construye siguiendo las indicaciones de los «maestros aguañones». Se encuentra equipada por uno o varios hornos de calcinación de mineral; un apresamiento de agua; un canal de derivación; un depósito o «antepara» y una o

⁷² L.M. Díez de Salazar, 1983, p. 270. Para las décadas centrales del mismo siglo, Díez de Salazar calcula en más de 300 el número de ferrerías labrantes en ambos territorios, con una producción anual de 1.000 Qm. (ratio: 1.000 Qm. /ferrería /año).

⁷³ Municipio de Aranaz (2 ferrerías), Arano (2), Areso (1), Erasun (1), Goizueta (5), Ezcurra (2), Leiza (7), Lesaca (7), Vera (3) y Yanci (2). En 1533, sus dueños pleitean con el fisco con motivo de los derechos reales. El conflicto se resuelve con el pago de 6 mvd. castellanos o 12 cornados navarros por cada «quintal grande» o «guipuzcoano» de hierro fabricado (150 libras). Yanguas Miranda, 1964, pp. 295-7, t. III (Adiciones).

⁷⁴ J. Caro Baroja señala que a fines del siglo XVIII todavía se practicaba el antiguo método de la haizeola en Cegama. 1958, p. 233.

más ruedas hidráulicas. En el interior del taller encontramos el horno bajo; una serie de instrumentos «soplantes» dirigidos hacia el fogal (barquines o fuelles, trompas); el mazo de forja y el yunque. Todos estos mecanismos son accionados por impulso hidráulico.

Todavía en el edificio principal se distingue el anexo de las carbonearas. Y es frecuente encontrar, exentos a la fábrica, un molino, una ermita y, en ocasiones, la casa del propietario, el señor de la ferrería u «*olajaun*».

II.3.1. *Apresamiento y desvío*

El apresamiento es uno de los dispositivos que ofrece menor complejidad en el conjunto de la ferrería. Su función es la de obstaculizar la corriente fluvial con el fin de reconducirla hacia los ingenios. La aparición en Europa de este tipo de construcciones parece tener un origen multifocal que hunde sus raíces en la prehistoria. Se hallaba ampliamente extendida a ambos lados del Mediterráneo, tanto en el Imperio Romano como por la antigua Arabia. Los musulmanes de al-Andalus se limitaron a restaurar las que encontraron a su llegada, y no parece que alteraran sustancialmente su estructura. Incluso las de nueva factura las levantaron allí donde habían existido otras anteriores.

Las presas de las ferrerías vascas son «de gravedad», confeccionadas en mampostería. Por lo general son de una extremada sencillez. Tan sólo un reducido número de ellas constituye una excepción; nos referimos a las «presas de contrafuertes». Su peculiaridad se encuentra aguas abajo del paramento, reforzado con contrafuertes o «*pies amigos*» adosados a intervalos regulares. Las pilastras aportan solidez y resistencia al conjunto. Sus antecedentes se remontan a la dominación romana en la Península⁷⁵.

Su tradición se perdió durante siglos. Hubo que esperar a los albores del siglo XVIII para que el ingeniero Pedro Bernardo Villarreal de Bériz (1670-1740) las recuperase. Él mismo proyectó y construyó 6 presas en solar vasco, de las que cinco son de contrafuertes). Son las de Barroeta (Markina-Xemein), Ansotegi (San Andrés de Etxebarria), Bedia (Lemona, la mayor y mejor construída), Antzubierrota y Lariz Oleta (Gizaburuaga). La de Bengolea, también en Gizaburuaga, es de gravedad.

De un costado del apresamiento parte el canal de derivación o «*azud*». Sigue una trayectoria elevada, por lo general hasta el tejado de la ferrería, a fin de que el agua incida con más fuerza en su caída. El desvío alimenta un depósito de reducido volumen («*antepara*»). La retención garantiza el mantenimiento de la presión del salto.

⁷⁵ Nos han llegado varias de estas presas romanas en distinto estado de conservación. Se localizan en el SW peninsular: Esparragalejo, Vega de Santa María, Valverde, Araya y Consuegra, todas ellas en Badajoz; y la de Olisipo, en tierras portuguesas, cerca de Lisboa. Se trata de embalses de reducidas dimensiones, cuyo aprovechamiento se destina al riego de cultivos.

El paso del agua a la rueda se abre o cierra por medio de taponos o «chimbos». Cuando los operarios los abren, salta y golpea directamente las palas de la rueda instalada debajo, provocando su giro. Con el fin de evitar pérdidas de líquido y maximizar su rendimiento, se añade un canal («guzur-aska») que lo conduce directamente sobre la rueda. Posteriormente se evacua por un aliviadero: la «onda-aska».

Durante el siglo XVIII, la mayoría de las ferrerías vascas disponían de saltos de agua superiores a 14 pies de altura (3'92 m.)⁷⁶. En algún caso alcanzaban los 36 pies.

Uno de los errores más frecuentes en la construcción de ferrerías lo ofrecía la desproporción entre los aparejos y la energía suministrada por el aprovechamiento. Tales deficiencias se traducían en el derroche de agua.

«[...] se hallarán en casi todas las Herrerías guzur-ascas de mucho mayor cañón, que no sirven, sino de consumir inútilmente el agua, menos que las ruedas estén tan gastadas, o mal fabricadas, como también las canales de guzur-asca, y onda-asca, que necessiten de exorbitante agua.»⁷⁷

Pedro Bernardo Villarreal de Bériz relata que al hacerse cargo de las ferrerías de Bengolea, de su propiedad, se rompieron 21 mangos («gabi-gune») en los tres primeros meses. En todas las ocasiones, los oficiales lo achacaron a la mala calidad de la madera de éstos. En cada accidente repetían testarudamente que «se remediaba fácilmente con no dar todo el agua»; esto es, controlando el paso del caudal por medio de los chimbos. Sólo la intervención de Villarreal sobre el canal o guzur-aska, estrechándolo, erradicó los percances.

II.3.2. Las ruedas

Las ruedas de las ferrerías vascas son verticales, de corriente alta o gravitatorias. Se colocan exentas al edificio y despiden grandes cantidades de agua en su giro.

La ferrería de Mirandaola, en Legazpi, empleaba dos ruedas hidráulicas independientes para impulsar cada ingenio: el martillo y los aparatos soplantes. Éste es el equipamiento más frecuente en los establecimientos vascos, tal y como refieren Villarreal de Bériz y J.R. de Iturriza, refrendado por recientes estudios arqueológicos. La más pequeña corresponde a los fuelles. Se mueve hacia adelante, al igual que el eje ensartado en su centro (huso menor, barquinero o «auspoardatza»). La rueda destinada a

⁷⁶ Pedro Bernardo Villarreal de Bériz, 1736, p. 79. Se ha tomado el pie castellano (aproximadamente 28 cm.) para calcular correspondencia.

⁷⁷ 1736, pp. 73-4.

impulsar la «*gabia*» o mazo suele ser de mayores dimensiones, y se corresponde al huso mayor («*gabiardatza*»).

En la primera mitad del siglo XVIII, se utilizan dos modelos de ruedas, según sea su aplicación. La rueda de palas o «*carrama*» se destina al labrado, como, p. ej., en las herrerías de Mirandaola o El Poval. Una rueda cerrada «*de potos*» («basos», «cuencos» o «cajones») se reserva a los fuelles, por existir la creencia generalizada de que consumen menos agua que las primeras⁷⁸.

El diámetro de la mayoría de ellas es de 10 pies o menor (unos 280 cm)⁷⁹. Esta medida, así como la disposición de la rueda respecto al interior del taller y de los ingenios que en él se albergan determina la altura del piso de la herrería a un nivel relativamente bajo. En tales circunstancias, el taller queda expuesto a frecuentes entradas de agua procedente del curso fluvial.

En su estudio de ingeniería, Villarreal reflexiona con detenimiento sobre estos accidentes. En su opinión, las dimensiones de las ruedas son excesivamente reducidas. Aconseja construirlas no menores a 12 pies de diámetro (para saltos de 14 pies de altura); y no superiores a 16 (para saltos de 26 ó más pies). Estas precauciones subsanarían numerosas inundaciones que anegan con excesiva frecuencia las instalaciones. Una rueda de 14 pies de diámetro, por ejemplo, permitiría elevar el suelo de la factoría dos pies por encima de lo habitual. En cualquier caso, toda variación introducida en este ámbito supedita al conjunto de la maquinaria en forma proporcionada.

La herrería de Yarza (Beasain) presenta una configuración poco frecuente. Aprovecha la fuerza de una sola rueda para mover el mazo y los barquines a la vez. Combina la acción de ambos de forma original, según recoge el grabado de Truechuelo que representa la visita de Felipe III a la factoría.

II.3.3. *Los husos o ejes*

Un tronco de árbol de grandes dimensiones constituye el eje motriz de cada rueda y gira con ella. Es el huso al que hemos hecho referencia líneas atrás. Su masa le permite absorber y regularizar los impulsos que lo ponen en movimiento. A pesar de ello, se ve sometido a intensas presiones de torsión, por lo que es preciso reforzarlo con unos anillos de hierro («cellos»,

⁷⁸ Villarreal dedica expresamente el capítulo IV de su segundo libro a demostrar el error de tal creencia.

J. Garmendia Larrañaga considera sinónimos los términos «pala» y «poto». *Léxico tenográfico vasco*, San Sebastián, 1987, p. 301.

⁷⁹ Villarreal de Bérriz, 1736, pp. 79-80. Hemos tomado como referencia la equivalencia del pie castellano. Esta dimensión coincide con referencias posteriores que les atribuyen entre 2'50 y 3'50 m de diámetro.

«zunchos» o «uztaiak»). Éstos lo rodean allí donde ha de soportar mayor tensión.

El huso mayor de la ferrería de Olazarra, en Legazpi, llegó a tener 33 zunchos⁸⁰. Se introducen en caliente; a medida que se enfrían, sufren una contracción de su masa metálica que refuerza los efectos de su abrazo. Uno de los sitios que demanda mayor número de ellos se encuentra cerca de las «levas», que describimos a continuación.

Encastrados en la madera se hallan unos dientes de madera de forma prismática. Son las «levas» («*maisucac*», «*masukariak*» o «*mazuqueros*») que han de impulsar el mazo. Se distribuyen de forma regular a lo largo del diámetro del huso, colocadas de tal modo que tengan fácil substitución⁸¹. Su número varía según la tarea encomendada.

II.3.4. *El mazo*

Un mazo de una ferrería mayor destinado al desbaste de la agoia (primera forja) y, por lo tanto, muy pesado, requiere 4 levas a intervalos de 90°. Para el estirado y labrado del tocho con un mazo ligero, su número aumentaría en torno a seis levas⁸².

El mango del mazo está confeccionado en madera de haya, reforzada con zunchos de hierro. Esta viga —«*gabigunea*»— mide en torno a los 4'30 m de largo por 0'35 de escuadra. Recibe los impulsos de las levas en uno de sus extremos. Su acción somete a esta parte de la pieza a un intenso desgaste, por lo que se acostumbra a protegerla con una pieza metálica o «gemela» («*endala*» o «*dendala*»), que amortigua el impacto y el rozamiento consiguiente.

En el otro extremo se acuña una gran pieza de forja o fundición, la maza o «*gabia*». Se mueve perpendicularmente respecto al eje de la rueda hidráulica, obedeciendo a los principios de la palanca. Actúa directamente sobre la masa férrea. La reduce a barras golpeándola contra el yunque. Cae de una altura que oscila entre los 15 y los 40 cm., dependiendo de ello la longitud del mango y la ubicación del punto de apoyo.

El número de impactos varía conforme al número de levas, la altura del depósito, el diámetro de la rueda, su velocidad,...⁸³

⁸⁰ Según se registra en el inventario de 1770. En Arbide et al., 1980, p. 184.

⁸¹ Ésta es la versión recogida por González Tascón (1992). Mariano Zuaznavar (1905), que se refiere exclusivamente a las ferrerías vascongadas, ubica las levas en una pieza de fundición con forma de cilindro hueco que abraza el eje. Luis Barinaga y Corradi (*Curso de Metalurgia especial explicado en la Escuela de Minas*, Madrid, 1879) se refiere a ésta como «*muñonera*» sobre la que se apoyan varios pivotes.

⁸² Según cálculo de Mercedes Urteaga Artigas, 1989, p. 124.

⁸³ De los 100 a los 125 por minuto, según cálculos de Mariano Zuaznavar (1905), quien probablemente se documente, a su vez, en Luis Barinaga y Corradi (*Curso de Metalurgia especial explicado en la Escuela de Minas*, Madrid, 1879). Según González Tascón (1992), el

La fijación del martillo al mango se hace por medio de cuñas. Este sistema facilita el intercambio entre modelos ligeros o pesados en el mismo engranaje. Su elección dependerá del destino y características de la pieza que se quiere labrar. La forja de tochos o barras requiere un mazo a tono, de 700 a 1.000 libras de peso según Guillermo Bowles⁸⁴; en tanto que las manufacturas metalúrgicas, las fanderías,... emplean tipos más ligeros.

II.3.5. *El yunque*

El yunque está confeccionado también en hierro. Su forma es elíptica con vértices truncados. Su largura es de 0'70 m. En el centro se ensancha ligeramente (0'25 m frente a los 0'20 de los extremos). Se encuentra empujado en una pieza de fundición que se asienta, a su vez, en una gran piedra socavada que le sirve de base⁸⁵.

II.3.6. *Aparejo soplante*

El papel de los ingenios soplantes es fundamental para los procesos que tienen lugar dentro del horno. Gracias al oxígeno que proporcionan, la combustión alcanza temperaturas adecuadas para la depuración del mineral y su tratamiento. Las ferrerías vascas han aplicado varios sistemas en esta labor. El más antiguo, probablemente, es el de los fuelles, que ya aparece en los tratados renacentistas de Biringuccio o Ramelli. El de pistón fue empleado en factorías de grandes dimensiones, como la de Lebario. Finalmente parecen haberse incorporado las trompas de aire.

II.3.7. *Fuelles o barquines*

Los fuelles, también conocidos como «barquines», «barquineras» o «*auspoak*», introducen aire en la fragua. Sustituyen a los pellejos de cabra de antaño que movían los ferrones de las haizeolas, fatigosa tarea realiza-

número de golpes podría ser más variado: entre 80 y 150. Leandro Silván (1976, p. 44) opina que algunos mazos daban más de 150 golpes por minuto.

Arbide et al. (1980, p. 154) abordan el cálculo desde otro punto de vista, más preciso. Distinguen la frecuencia a la que trabajaban las ruedas destinadas a cada ingenio: de 16 a 20 r.p.m. la de los fuelles; y entre 25 y 30 r.p.m. la del mazo. Ésta puede ser la razón por la que las cifras ofrecidas por los autores acusen diferencias tan sensibles. La variable de su frecuencia se combina con el número de levas. La conjugación de ambos factores explicaría el amplio margen de rendimiento que define cada rueda hidráulica.

⁸⁴ 1789³, p. 347. Mariano Zuaznavar (1905) calcula un peso más reducido: entre 600 y 700 Kg. Leandro Silván (1976, p. 44) ofrece un máximo de 700 Kg. de peso.

Pedro Molera calcula en unos 500 Kg la cabeza del «mall» de las fargas.

⁸⁵ Esta descripción, reproducida sin referencias en numerosos trabajos, parece deberse a Luis Barinaga y Corradi, *op. cit.*

da con la sola fuerza de sus brazos o pies. La mayor capacidad de insuflado tras su mecanización potencia el nivel térmico del horno en las ferreerías de agua, lo que redundaba en la mejora del procedimiento. La longitud de la parte móvil oscila en torno a los 4 metros, a los que se añade un cañón, generalmente de cobre, por donde desemboca el aire⁸⁶.

Se disponen por parejas y son movidos por la energía que genera una rueda similar a la del martinete, aunque de dimensiones más reducidas por lo general, como hemos tenido ocasión de describir más arriba.

Su mecanismo es análogo al que mueve el martillo o batán. El eje de rotación va provisto de dos juegos de levas, una para cada barquín, que los impulsan de forma alternativa hacia arriba y hacia abajo. Las levas van colocadas de forma desfasada, de modo que accionan cada fuelle alternativamente. Cuando uno se presiona, el otro, momentáneamente libre, se vuelve a inflar. Ambos movimientos —aspiración e insuflado— garantizan el aporte continuo de oxígeno al hogar, indispensable para avivar la combustión. Pero el sistema más extendido era el denominado «*de pujones tuertos*». Este artificio consiste en un dispositivo de cigüeñas y cadenas acodado en el extremo del eje motriz.

En su repaso a los errores más frecuentes cometidos en la construcción de las ferreerías del país, Villarreal señala a estos aparejos como los que acumulan mayor número de ellos.

*«No hay cosa más desordenada, ni desproporcionada en las Herrerías, que las barquineras, que apenas se encuentra alguna bien puesta: pues dan unos golpazos, que estremecen toda la máquina, y se oyen à grande distancia, [...]»*⁸⁷

Los mayores fallos se cometen en las proporciones del pujón y la horquilla...

*«[...] porque si el pujón tuerto es mayor de lo conveniente, baxan demasiado los hierros, que levantan los barquines, à que llaman esgamellas, y al subir, y encontrar con los palos de sobre los barquines, que sirven de agarraderos, dan un golpazo muy grande.»*⁸⁸

Los fuelles mecanizados, tal como los hemos descrito, se remontan al siglo XIII. Para el siglo XIV, su uso era común en toda Europa. La primera representación gráfica aparece en las páginas de la obra de Mariano di Jacopo («Taccola»), *De Machinis* (1449 aprox.). Ya en 1540, Biringuccio proyecta dos maneras distintas de acoplar la pareja de fuelles a las ruedas verticales. Lo encontramos en su obra *De la pirotechnia. Libri X* (Venetia, 1540).

⁸⁶ Conforme describe M. Urteaga, 1989, p. 124.

⁸⁷ 1736, p. 106.

⁸⁸ *Ibid.*, p. 109.

La minuciosa representación de los grandes barquines despiezados que incluye Georg Bauer «Agrícola», en las páginas de su libro *De re metallica* (Basilea, 1556) fue fundamental para la propagación de su empleo, no sólo en Europa, sino también en América. El éxito de tal difusión no es ajeno, en opinión de González Tascón, a «*la calidad espléndida de sus xilografías*», que reproducen con excelente claridad los detalles del mecanismo.

Durante los siglos siguientes los fuelles evolucionan en tamaño y complejidad. Sus dimensiones aumentan y, con ello, su potencia. Los barquines se hallan en el punto de mira de los estudiosos y pasan a convertirse en objeto constante de investigaciones. La adición de pequeños dispositivos incrementa su eficacia.

En la ferrería de Mirandaola (Legazpi), para impedir que se introduzcan las brasas del horno en el momento de la aspiración y los quemen u obstruyan, se les añaden largos tubos metálicos o «*cañones*». El flujo de aire se regulariza con la multiplicación de compartimentos. Allí donde antes sólo había una simple cámara, se desarrollan dobles y triples pavas; varias válvulas conectan el paso de una a otra, obedeciendo a las presiones que se ejercen sobre ellas; se agiliza la aspiración del barquín recién vaciado, como el mecanismo de pesas representado por Agrícola; se ensayan nuevos materiales;...

Se atribuye al obispo de Ramberg (Bohemia) la invención de los fuelles de madera en 1620. Construídos en piel o en «*tabla*», los barquines se incorporaron al equipamiento de las ferrerías vascas hasta integrarse dentro de su estampa tradicional. Sus cualidades los convierten en un bien muy preciado:

«Entre todas las máquinas de una ferrería, ninguna de mayor dispendio que los barquines; ellos solos son capaces de hacer feliz o desgraciado al ferrón [...]»⁸⁹

II.3.8. Estudios comparativos entre barquines

La importante función que desempeñan estos ingenios en la combustión movió a los ilustrados de la Bascongada a estudiarlos en profundidad. Querían dilucidar cuál de los modelos en vigor era el más eficaz.

En 1772, miembros de la RSBAP realizan un estudio comparativo entre los de cuero y los de tabla, obteniendo interesantes conclusiones para la economía ferrona. La confección de un fuelle de cuero, observan los Amigos, cuesta el doble que el de tabla; también es más cara la manutención de los primeros. A la vista de estos resultados, los de madera resultan más recomendables.

Esta observación les induce a examinar con detenimiento los distintos modelos de barquines de madera al uso para decidir cuál es el más rentable. A saber, el de la Real Academia de Ciencias de París en su Colección de Artes y

⁸⁹ RSBAP, *Extractos... 1783*, p. 101.

Oficios; el del Diccionario Universal de Ciencias; el descrito por Mr. Grignon en su Disertación premiada por la Bascongada en noviembre de 1770; el de Miguel de Echave en Guipúzcoa; y, finalmente, el de los vizcaínos Inchaurrega. A juicio de los eruditos de la Bascongada, el mejor es el de Mr. Grignon.

Diez años después los fuelles siguen recabando aún la atención de los caballeros de Bergara. Tras varios ensayos en la ferrería de Arizmendi, los comisionados de la RSBAP plantean la necesidad de normalizar su construcción. Son conscientes de que la eficacia de tales ingenios depende únicamente del artesano que los confecciona. En su búsqueda por mejorar estos aparatos, los amigos ensayan la adición de válvulas que impidan la succión de aire caliente y protejan el vientre de los barquines.

Éste y otros experimentos constatan la plena vigencia de las barquineras en las ferrerías vascas durante el último tercio del siglo XVIII. Las investigaciones, experimentos, consejos acerca de sus distintas modalidades y la forma de mejorarlas,... indican su plena vigencia en el sector metalúrgico. En esta misma época pugnan por extenderse en solar vasco nuevos ingenios soplantes procedentes de los parajes montañosos italianos. E inician una puja, aún no suficientemente esclarecida, por desplazar a los viejos.

II.3.9. *Trompas de agua*

La invención de la trompa de agua obedece a la misma necesidad que las barquineras; esto es, proporcionar aire al horno para que la combustión alcance una temperatura elevada. Su aparejo consta de un canal de alimentación que desemboca en uno o más tubos verticales, generalmente zunchados, con un pronunciado estrangulamiento. Se les acoplan varias toberas o aberturas inclinadas, entre 8 y 12. Por ellas entra el aire, que es mecánicamente aspirado por el agua que cae por dentro del tubo.

La mezcla de agua y aire desciende precipitadamente para desembocar en una campana o depósito regular. Choca contra un tablero horizontal. Con el golpe, ambos elementos se dispersan. El agua cierra la entrada por debajo, y el aire se acumula a presión en una gran burbuja. Su única salida es la trompa orientada al hogar, por donde escapa cuando el ferrón abre la espita correspondiente⁹⁰. Su aporte medio es de un metro cúbico de aire por cada metro cúbico de agua, para saltos de 6 metros de altura.

Giovanni Branca incluye una descripción detallada de este mecanismo en su obra *La machinae*, publicada en Roma en 1629. *La Enciclopedia* francesa reproduce un grabado esclarecedor. El artículo que le acompaña fue redactado por un maestro forjador con muchos años de experiencia en ferrerías vascas.

⁹⁰ En las fargas catalanas, los aspiradores de aire se conocían por «espiralls». El depósito en el que desembocaba la mezcla de aire y agua se llamaba «caixa dels vents». El «burro» era el conducto que la conectaba el aire acumulado a la tobera.

Su existencia se remonta en torno al año 1500, en las regiones montañosas italianas. Su uso se extendió en zonas de orografía accidentada. El determinismo geográfico obedece a requisitos de la instalación: la necesidad de un salto de agua de 5 metros de altura mínima⁹¹. Los saltos de agua que alimentaban estos ingenios alcanzaban una elevación máxima de hasta 10 metros⁹².

Desde Italia, el nuevo ingenio se difunde pronto por las regiones pirenaicas de la Península Ibérica. Viaja a través de la ruta jacobea, y sustituye a los barquines en muchos de los puntos que jalonan su trayectoria (Cataluña y el Principado), así como en el Sistema Central. Las manufacturas catalanas, localizadas en el área pirenaica, asimilaron las trompas hasta el punto de integrarlas como una de las características del método que lleva su nombre, la «farga catalana».

Este ingenio aporta dos ventajas respecto a las barquineras: proporciona un sople continuo, y su mecanismo no incluye elementos móviles, como los fuelles o las ruedas hidráulicas de aquéllos. En contrapartida, está muy extendida la idea de que el aire que expide está cargado de humedad, circunstancia por la que son recibidas con una cierta prevención⁹³.

Los ferrones vascos las conocieron por el nombre de «*aicearcas*» y «*tronperriak*». Su difusión es tardía y controvertida⁹⁴. Parece que su introducción en el Señorío se debe a Pablo Antonio de Rivadeneyra en 1635, quien disfruta de un privilegio de explotación exclusiva otorgado por Feli-

⁹¹ Este requisito consta en la obra del ingeniero Ibran, *Album de Metalurgia*, y es recogido por Mariano Zuaznavar en 1905 y Pedro Miguel de Artiñano en 1919.

⁹² Que correspondía a una tensión en las trompas de 95 mm. de mercurio.

⁹³ La presencia o no de humedad en el chorro de aire de las trompas y su conveniencia ha sido motivo de controversia. En plena etapa de difusión, defensores y detractores del ingenio sostuvieron posturas encontradas. En la bibliografía del siglo XX se siguen manteniendo posturas discordantes.

Mariano Zuaznavar afirma (1905, p. 16) que uno de los motivos de su escasa difusión en el País Vasco es precisamente el de la humedad que introducen en el aire. Este inconveniente, unido al del escaso aprovechamiento del esfuerzo motor, explicaría, en su opinión, que pocas ferrerías las adoptasen.

En el otro extremo, M. Laborde opina que el insuflado de aire húmedo en el vientre del horno, lejos de ser un problema, aportaría una ventaja: «*favorecería los procesos químico-metalúrgicos de acción reductora del mineral en el horno con la adición de hidrógeno a los óxidos, gases de carbono (CO) de acción reductora.*» (1979, p. 317).

⁹⁴ P.M. de Artiñano (1919, pp. LXXVII y ss.) es de la opinión que las trompas apenas merecieron el aprecio de los naturales, pese a haber suscitado algún interés. Argumenta la escasa atención que les dedica Villarreal de Bériz en su obra, y las investigaciones de la RSBAP. Almunia (1975, p. 8) comparte el mismo parecer.

En el sentido contrario, Caro Baroja (1972, p. 339, nota 21) advierte la adopción de soplanes de pistones y arcas por varias ferrerías emplazadas en territorio navarro, según revela la nomenclatura de varios inventarios. El ingeniero francés Muthuon (*Tratado de las forjas catalanas o arte de extraer el hierro de sus minerales por procedimiento directo*, Turín, 1808) relata que las trompas funcionaban en las forjas situadas en las planicies de Navarra de cierta altura, «*donde se reúnen los riachuelos y todavía hay gran pendiente*». Citado por Pérez de Villarreal, 1977 a, p. 8. La Arqueología tiene un protagonismo indiscutible para resolver estas diferencias.

pe IV (19 de febrero de 1633). Antolín de Salazar consigue otra merced semejante al año siguiente. Ambos trabajarán de forma asociada⁹⁵.

Afirma Rivadeneyra, en un escrito remitido al Padre Henao que esta nueva máquina «*sopla con más fuerza y continuación, que los barquines: y saca mejor hierro, y gasta menos carbón.*»⁹⁶ El mismo Henao afirma haberlas visto ya en funcionamiento en algunas herrerías. Una encuesta realizada por la Bascongada en marzo de 1771 revela que, para la fecha, funcionaban en dos herrerías: la de Butrón en Gatica (Vizcaya); y la de Amaro en Tolosa (Guipúzcoa)⁹⁷.

II.3.10. *Estudio comparativo entre barquines y trompas*

Sigamos a la Bascongada. La variedad de ingenios soplantes estimula la curiosidad de los caballeros. Para satisfacerla, no dudan en acercarse a la fragua, aunque ello suponga tizar de cenizas sus pelucas y sus medias de seda. ¿Qué mecanismo es el más rentable?

Los Amigos examinan con rigor barquines de pellejo y de tabla, así como las trompas; miden su rendimiento; calculan el consumo de carbón... Solicitan información al administrador de la herrería de Amaro, Francisco de Furundarena, cuya instalación se halla equipada con trompas. Es el año 1772. El dato más reseñable de su respuesta es la ausencia de gastos de mantenimiento de las trompas⁹⁸. Este extremo resulta de gran interés a los caballeros, quienes se apresuran a contrastarlo⁹⁹.

⁹⁵ El Padre Gabriel de Henao atribuye a Rivadeneyra no sólo su «difusión» sino también su «invención»; pero no documenta tal aseveración. Posteriormente ha sido recogida por otros historiadores que no se han detenido en contrastarla debidamente, confiados en el buen hacer del prestigioso jesuita. Esta tradición ha dado pie a bastantes confusiones.

Joaquín Almunia (1975) y González Tascón (1992) han dado fin al malentendido con sus argumentos. Según éstos, la concesión de tales privilegios pudo haberse basado en la adición de pequeñas modificaciones en el mecanismo de las aicearcas. Ribadeneyra y Salazar habrían introducido alguna pequeña variante que les habría dado pie a hacer valer sus derechos a modo de «patente».

⁹⁶ Gabriel de Henao, Libro 1, cap. 38, en nota. T. II, pp. 106-107 en la ed. facs. de 1980.

⁹⁷ *Extractos... 1771*, p. 37.

⁹⁸ Furundarena responde que las trompas consumen algo menos de carbón que los barquines ordinarios (tal y como ya advirtiera Rivadeneyra). El aire insuflado no parece contener humedad, y el hierro final es similar al obtenido con barquines ordinarios.

⁹⁹ Los Amigos experimentan con los tres ingenios soplantes sucesivamente, resultando que, para la labranza de 1.500 quintales de hierro, el coste de las reparaciones («*maechuras o remiendos*») asciende a las cantidades siguientes:

- 1.800 reales para los barquines de cuero.
- 60 reales para los de tabla.
- Las trompas no precisan de ningún arreglo.

A la vista de los resultados, la Bascongada aconseja a los ferrones la incorporación de éstas últimas.

Un año más tarde, la RSBAP realiza una nueva encuesta en dos ferre-rías que las emplean (repite la de Amaro y se le suma la de Bengolea en Legazpi). Al decir de sus responsables, el mantenimiento de las trompas es notablemente más económico, sin que se advierta merma en la calidad del producto final ni incremento en el consumo de combustible. La Junta General de la Sociedad recomienda encarecidamente su aplicación allí «*en donde la situación y la cantidad de agua la permitan.*» Conviene tener presente el requisito físico para su instalación: la altura mínima del salto para impulsar el ingenio ha de ser de 5 metros.

La ferrería Bengolea de Legazpi destaca entre los primeros estableci-mientos guipuzcoanos que abraza la nueva técnica. Estaba administrada, a la sazón, por Pablo de Areyza, prior de Caparros y residente en la cer-cana Villarreal. Su conducta nos lo retrata como un hombre emprendedor, que apuesta con decisión por el progreso tecnológico.

Hacia el año 1773, Areyza, alentado probablemente por los infor-mes de la RSBAP del año anterior, y buscando la mayor rentabilidad para su ferrería de Legazpi, construye una trompa de agua. Se guía por las di-rectrices de la Real Academia de Ciencias de París. Una vez instalada en el establecimiento de Bengolea, sigue detenidamente su funcionamiento. Remitirá sus observaciones a la Bascongada.

Los caballeros consideran de máximo interés la experiencia de Arey-zaga. Leen con detenimiento su informe en la Junta General de aquel mis-mo año en Bergara¹⁰⁰. Su contenido será determinante para concluir el es-tudio iniciado por la Sociedad años atrás y propugnar la incorporación de aicearcas, tal y como hemos relatado.

Este consejo hallará detractores. Juan Ramón de Iturriza no duda en descalificar los intentos de modernización del aparejo soplante como «*tentativas que acarrearán más gasto que provecho.*»

II.3.11. *El Horno*

Mariano Zuaznavar describe el hogar o «sutegi» de una zearrola ca-racterístico del siglo xvii¹⁰¹. Su forma aproximada es troncopiramidal in-vertida y se arrima al paramento del edificio¹⁰².

¹⁰⁰ *Extractos... 1773*, pp. 51-54.

¹⁰¹ M. Zuaznavar, 1905, pp. 9 y ss. Esta misma información es reproducida por Artiñano, 1919, pp. LXX-LXXI. Existen numerosas versiones acerca de las dimensiones y formas de los hornos, recogidas por numerosos estudios monográficos. Véase la tabla comparativa que incluye Ignacio M.^a Carrión (1991, p. 185), en la que contrasta las dimensiones que estudios y textos de metalurgia antiguos atribuyen al hogar. En el texto seguimos la descripción de Zuaznavar, por la riqueza de detalles que aporta. Para la terminología en euskera, seguimos a Arbide et al. (1980).

¹⁰² La descripción de Zuaznavar de los hogares de forma trapezoidal invertida ha sido co-munmente aceptada y reproducida en la bibliografía. Pero en 1828, el conde de Villafuertes

Cada una de las caras del vientre del horno recibía un nombre particular. El fondo recibe el nombre de «*cirillo*». Se levanta sobre sólidos cimientos bien secos, que descansan en un lecho de escorias troceadas y brasca de 40 a 58 cm de grosor. Todo ello se apoya en una gran piedra procedente, por lo general, de un molino del que había sido retirada por inservible.

El horno no descansaba directamente sobre la pared. Un pequeño murete conocido como *bergamazo* servía de nexo y aislaba los fuelles, que se refugiaban tras él del calor del hogar. Se cuidaba que estuviese bien es cuadrado respecto a la pared de la estolda y la de las carboneras.

Contra esta pared se levanta la «*chapa de la tobera*» o «*betarri*». Se encuentra atravesada por la tobera, pieza cónica de hierro que conduce el aire proporcionado por el cañón de los fuelles. Presenta una composición singular, con dos partes bien diferenciadas. Por abajo se aprecia un muro de barras rectangulares de hierro, colocadas horizontalmente unas sobre otras. Tienen entre 12 y 15 cm. de sección y alcanzan desde la base del horno hasta la tobera misma. A partir de ésta, la pared se remata en mampostería.

La ubicación de las toberas era fundamental para garantizar el éxito de la operación. Pedro Molera ha estudiado las instalaciones catalanas. En ellas, la tobera atraviesa la pared del horno con un ángulo de incidencia entre 35° y 45°. Su distancia respecto al fondo es de 10 ó 20 cm.

En el lado opuesto se encuentra la «*chapa de la parte de la vena*» o «*asearri*». Recibe de frente el aire despedido por la tobera. Muestra una acentuada convexidad hacia el interior del horno¹⁰³. Está confeccionada con dovelas de hierro que se apoyan en la mampostería por sus extremos.

afirmaba, tras un estudio de los hornos bajos guipuzcoanos, que el fogal de las ferrerías era «*un cuadrado o cubo perfecto, de 38 pulgadas, y no parece lo mejor*». En el mismo documento, Villafuertes propugnaba la disminución de las dimensiones para la parte inferior del hogar como la forma más apropiada para la optimización de su rendimiento, al modo de la ferrería de Larnó. (en M. Gárate Ojanguren, 1995, pp. 211-212). 80 años más tarde, Zuaznávar afirma que éste último es el modelo de horno de la ferrería tradicional.

Vanoccio Biringuccio, en su tratado *De la Pirotechnia* (Venecia, 1540), incluye una modalidad de horno para la fundición de mena «pura», del que afirma ser semejante al empleado por los herreros de Elba, Buti, Eresciana... y Bizcaya. La descripción coincide con la realizada por Georg Bauer «Agrícola» en las páginas de *De re metallica* (Basilea, 1556), si bien este segundo autor no explica, como Biringuccio, los lugares de aplicación. Los hogares de esta versión se construyen sobre una planta cuadrada de 1'48 m de lado y un alzado de 1'03 m. La cavidad central presenta una profundidad entre 0'30 y 0'45 m; su diámetro alcanza otros 0'45 m.

La Sociedad arqueológica «Arqueolan» refrenda la forma trapezoidal invertida como el prototipo del horno de la ferrería tradicional vasca, y ofrece como referencia el horno que ha construido en la ferrería de Agorregi (Aia). Para ello se basa en los estudios de Villarreal de Bériz, Muthuon, el *Manual sobre Metalurgia* de la RSBAP (manuscrito en vías de publicación), además de un intenso trabajo de documentación en archivo y de campo (ferrerías de Agorregi, Olaberria, Artikutza, Ybeltz,...).

¹⁰³ La misma que acusan los hornos de las fargas. El contravent o l'ore catalán presentaba la misma convexidad, que facilitaba la extracción de la zamarra (agoia o «*masser*»).

En una de las paredes adyacentes se instala el «*ciarzulo*» o «*zehirzulo*». Se distinguía por su construcción, dos gruesas piezas de hierro de 15 a 20 cm de ancho y entre 7 y 8 cm de espesor, que se empotraban verticalmente en el suelo¹⁰⁴. Permanecía cubierto de arcilla, salvo los orificios que se practicaban cuando se quería dar salida a la escoria. Las que salían por él se depositaban en el «*ciarlecua*».

Podemos distinguir aún una tercera pieza de hierro en esta parte. Se trataba de la «*palanca-aldía*». Servía de apoyo a los diversos instrumentos que manejaban los operarios en la manipulación de la masa férrea en el hogar: palas para extraer el hierro depurado («*zamarra*» o «*agoia*»); un «*recogedor*» con el que atizan el fuego; y el «*espetón*», terminado en un gancho, con el que asen la escoria y la sacan del fogón.

La cara llamada «*idurigela*», sita enfrente del *ciarzulo*, debía hallarse 3 cm más separada del muro que aquélla. Se construía en mampostería unida con arcilla. No era vertical: se inclinaba ligeramente, entre 5 y 8 grados. En las fargas catalanas, esta pared se conocía como «*cava*», y acusaba también una leve pendiente.

Las proporciones del conjunto no obedecen a más reglas que las del parecer de los oficiales, a decir de Villarreal de Bériz. El método constructivo es el de «ensayo y error». Cuando un horno comenzaba a producir malas fundiciones sin que se supiera la causa, los oficiales procedían a rectificar la altura de las toberas «y otras cosas a tiento poco más, o menos, empeorando algunas veces, y mejorando otras; [...]»¹⁰⁵.

Un agujeto practicado en el techo de la estancia hacía las veces de tiro. Su tamaño era de 4 a 5 m², de tal modo que permitiese una fácil salida a los vapores y gases de la combustión.

¹⁰⁴ En la farga catalana, esta pared corresponde al «*lleteirol*» o rebosadero.

¹⁰⁵ Villarreal de Bériz, 1736, p. 110.

Capítulo III

Procedimientos de la ferrería tradicional. Calcinación, reducción y forja

«Al ver tanto movimiento, fuego, masa horrenda encendida, rayos, chispas por todos lados, y al oír el estrépito del agua en el guezur-asca y rueda, y huso, y mazuqueros, y el golpeo tan apresurado de la gabia, que atruena, los mirones nuevos piensan que se hunde el mundo [...]» M. DE LARRAMENDI, S.I.

El tratamiento siderúrgico aplicado por una ferrería hidráulica vasca tradicional se conoce como «procedimiento directo». Tal definición atiende a los niveles térmicos en que transcurre la reducción del mineral («beneficiado» o «beneficiación»), siempre por debajo del punto de fusión. La temperatura alcanzada por el horno de una ferrería hidráulica o *zeharrola* se estima en torno a los 1.200-1.300 °C. Como la fusión del hierro tiene lugar a los 1.537 °C, el producto de los hogares de las *zeharrolas* queda en estado pastoso. Conforman una mezcla esponjosa de metal con desperdicios no metálicos: la «*zamarra*» o «*agoa*». El beneficiado reduce la proporción de ganga que acompaña al mineral en su estado natural. Pero no asegura su completa exclusión; como tampoco consigue eliminar otros elementos como el Fósforo o el Azufre, cuyo pequeño porcentaje de participación en el producto final altera notablemente su calidad.

Este sistema de trabajo se presenta asociado al horno de fegal bajo, en cuyo vientre se carga el mineral mezclado con carbón vegetal. La incandescencia se localiza al nivel de la tobera, y los elementos fluidos se evacúan por orificios practicados en la parte inferior, por donde se desliza la escoria hacia el exterior.

Extraído el producto del interior del horno, la masa metálica es sometida a la acción de un intenso martilleo, que recibe el nombre «forja». Este método es el más antiguo de cuantos se conocen y comprende una gran

variedad de operaciones que expondremos en este capítulo. Su resultado es un hierro extraordinariamente «dulce»; esto es, con un contenido en Carbono por debajo del 0'002%. Los ferrones disponían de métodos específicos para revestir de dureza a sus piezas. Conseguían que éstas retuviesen la cantidad de Carbono suficiente hasta transformarlas, por lo menos en su superficie, en un acero de calidad.

III.1. Calcinación de la vena

El mineral se desmenuza y se calcina al rojo. Esta operación es necesaria cuando los minerales son calizos o carbonatos; se aplica también a los hematites demasiado compactos. Los naturales se refieren a este paso como «arraguar» o «tostar la vena». Se realiza en cubículos habilitados a modo de hornos de gran tosquedad. Los trozos se mezclan con leña y se procede a su combustión.

El método más antiguo tiene lugar en hoyos. Era frecuente practicarlos en un terreno cercano a la ferrería, conocido como «*el campo de las arraguas*». Se aprovechaban también troncos de árboles huecos de gran diámetro, habilitados para la labor. El interior de las cavidades se recubría con una capa de materiales refractarios: arcillas, areniscas, cuarcitas... El ferrón avivaba la combustión con aire mediante fuelles manejados con sus manos o pies.

Mariano Zuaznívar¹⁰⁶ describe unos pequeños hornos confeccionados en mampostería o ladrillo de planta cuadrada, oval o circular (entre 1'70 y 2'30 m. de altura por 2 ó 2'50 m. de diámetro interior)¹⁰⁷. En ellos se colocan las capas alternas de combustible y mineral en la proporción siguiente: de 200 a 300 Kg. de mineral por 6 m³ de leña seca (7'3 m³ si húmeda).

A mediados del siglo XVIII el encarecimiento de la madera impone el ahorro de combustible. Una encuesta realizada en 1767 por la Comisión de Metalurgia de la RSBAP «*entre los Ferrones más acreditados del País*», revela la introducción de algunas modificaciones en los métodos de arraguar. Las variantes atienden sobre todo a la forma de cargabuscando la forma de economizar leña. Los ferrones exploran alternativas entre las especies arbustivas, como la argoma, que proliferan en el país. Efectúan la cocción al aire libre. Para ello erigen un cerco de leña donde depositan el mineral. Este método presenta tres ventajas: invierte menor cantidad de madera, admite cargas superiores en cada operación y actúa de forma más homogénea. La experiencia de las ferrerías que lo han adoptado lo refren-

¹⁰⁶ 1905, p. 13.

¹⁰⁷ Muchos estudiosos, al abordar la tipología de los hornos de arraguardo, hacen referencia a los «caleros» u hornos de cal que construían los labradores del país, por encontrar numerosas similitudes entre ellos.

dan: ahorran un tercio de combustible por la misma cantidad de material sometido a tratamiento.

Los habitantes del valle de Orozco practican una variante que consiste en depositar la carga sobre una pequeña pared de cal y canto, y no directamente sobre los troncos. Su realización es menos costosa y permite aprovechar las astillas como combustible. La Bascongada experimenta con estas dos modalidades y comprueba la idoneidad del último¹⁰⁸. El producto final es más económico y de mayor pureza.

Se ha constatado la existencia de hornos de calcinación lejos de las ferrerías, en la ruta que sigue el mineral desde las veneras o los puntos de desembarco hasta el establecimiento fabril. El mineral calcinado pierde hasta 2/9 partes de su peso original, lo que explicaría la oportuna localización de estos hogares: el arraguado antes de llegar a destino alivia el transporte en lo que queda de trayecto, con la reducción de costos consiguiente.

III.2. Proceso de reducción

Una vez «tostado», el mineral queda concentrado en forma de óxido metálico. Para reducirlo se somete a un proceso de calentamiento con carbón vegetal en la fragua. La vena de Somorrostro es beneficiada en solitario, o junto con otros minerales locales. Las ferrerías de Legazpi trabajan la de Somorrostro, blanda y flexible, mezclada con la autóctona, más dura.

Antes de su introducción en el fogal, se separa una partida (unos 487 Kg) para someterla a la acción del mazo¹⁰⁹. Sus fragmentos se criban en un tamiz con agujeros de 1 cm. El mineral que atraviesa la red («grillada») se deja en reserva. El resto se destina a la primera carga del fogal; si la partida es de buena calidad, su cantidad equivale a la mitad del peso inicial.

El ferrón llena el horno e insufla aire con la máxima presión. En estos momentos se distinguen llamas azuladas de 6 a 10 cm. de altura. Tras propagarse la combustión, se disminuye la presión del aire a 36 mm. y se tapa con arcilla la salida de las escorias. A medida que se consume el combustible la altura de la carga descende y admite adiciones. Se añaden capas alternas de carbón húmedo y grillada a intervalos de 8 minutos. Esta operación se repite durante una hora y cuarto. A continuación la presión del aire aumenta hasta 45 mm y se introduce una nueva carga, que se rocía de agua.

¹⁰⁸ El estudio comparativo de la Bascongada consiste en la calcinación al aire libre de 580 Q de mineral en círculo de troncos; y de 650 Q en otro círculo de dimensiones similares, pero guarecido por una pared de 4'5 pies de altura. En el segundo, la vena se quema en más cantidad, y queda mejor y más pura. El coste es de 1.215 reales, a pesar de haberse quemado más cantidad. En el primero, asciende a 1.647 reales.

¹⁰⁹ Existen numerosas descripciones acerca del tratamiento de forja. Hemos elegido la versión de M. Zuaznávar por ser la más completa y detallada, aunque más reciente. La exponemos a continuación.

Una hora y 45 minutos después de haber dado comienzo la operación de reducción se introducen escorias procedentes de la última zamarra o agoa. Transcurridas dos horas se extraen las primeras escorias. Suelen ser muy ricas en hierro metálico, por lo que vuelven a ser cargadas en el horno después de rociar con agua. Se cubren con carbón. Transcurridas 2 horas y 22 minutos de la primera carga la presión del aire se incrementa a 63 mm. Se introduce un espetón en el hogar con el que se presiona la parte inferior de la carga, acercándola hacia la tobera. Se procede a nuevas cargas sucesivas de carbón, grillada y agua.

Hacia el final de esta fase se dejan correr las escorias. El orificio por donde salen queda abierto hasta que una llama blanca muy brillante indica al ferrón que hay que volver a cerrarlo. Han transcurrido 42 minutos y se inicia una nueva fase de trabajo.

La presión del aire asciende a 72 mm. Se seleccionan las escorias más espesas de las recientemente extraídas y se devuelven al horno. Se alternan las cargas de carbón y mena. El carbón arde en toda la superficie con una llama ligeramente azulada. Al extraer las escorias, las llamas asoman por el orificio crepitando con violencia. A las 4 horas y 10 minutos se añade una nueva carga de carbón. Se vuelve a introducir mineral y las escorias fluyen.

Cinco horas y media después de haberse iniciado el proceso el ferrón une todos los fragmentos de hierro en una masa redondeada. Es la «*zamarra*» o «*agoa*». Le da la mejor forma posible manejando los espetones. La llama, blanca y brillante, le indica que se quema el hierro de la zamarra. Es la señal que aguardaba para quitar el carbón que la cubre y desprenderla del fondo del hogar. Para ello se vale de una gruesa palanca, garfios y tenazones. Arrastra la agoa con la ayuda de ganchos hasta colocarla sobre el yunque. Recién extraída se encuentra al rojo blanco. La deja enfriar un poco antes de someterla a la acción del mazo, que la reducirá en barras.

La versión descrita por Zuaznávar data de 1905, por lo que los intervalos de tiempo anotados pueden haber variado respecto a los que transcurrían en siglos pasados. El naturalista Bowles, que se detiene a estudiar el funcionamiento de las ferrerías de Legazpi en el siglo XVIII, estima en unas 40 horas la duración de todo el proceso, desde el tostado de la vena hasta la reducción del metal en barras.

III.3. Uso de fundentes

Hacia fines del siglo XVIII, se generaliza entre los ferrones el uso de «fundentes» en el proceso de reducción. Se trata de piedras cuarzosas blancas y de espato calizo. Sus efectos se aprecian en el ahorro de combustible, la mejora de la calidad del hierro y el estímulo de la escorificación. En 1776 se empleaban en las ferrerías de Hernani y de los confines de Navarra. Durante el año siguiente su aplicación se extiende por numerosos establecimientos de Gipuzkoa y Bizkaia. Estos materiales atraen la

atención de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País¹¹⁰, que realiza un estudio basándose en la experiencia de ferrerías de Hernani, Elgoibar, Mutriku y Markina¹¹¹. Sus conclusiones son positivas, sobre todo por su señalada economía en carbón. La Bascongada recomienda particularmente el cuarzo de Hernani, por la bondad de sus cualidades.

III.4. La forja

La masa de hierro expuesta al mazo (agoa) ofrece una consistencia pastosa. Se presenta entremezclada con escorias que saltan con los golpes (*cinglado*) a modo de chispas. Si las primeras partículas que arroja son de aspecto negro azulado y bastante fluídas anuncian el éxito de la operación y la buena calidad del producto final. Como son ricas en hierro, se reservan para la próxima operación. El martillo no garantiza la completa eliminación de los cuerpos extraños¹¹². Su presencia, así como la de partículas de acero, presta heterogeneidad al lingote.

El batido del mazo compacta la agoa. Con esta operación su masa porosa se transforma en una red de granos de hierro, interrumpida irregularmente por hebras de escoria deformadas. Éstas proceden del mineral primitivo que el forjador no ha conseguido eliminar. El martilleado somete al hierro a un endurecimiento que multiplica su capacidad de resistencia o tenacidad, de unos 2.812 Kg./cm² a casi 7.030 Kg./cm². La forja le imprime la forma adecuada al uso al que se halle destinado. Cada golpe es aprovechado por el maestro ferrón para labrar la pieza deseada¹¹³. Para ello se vale de numerosos útiles (punzones, gubias, tenazas,...), gracias a los cuales consigue modificar el perfil original de la barra o lingote de manera progresiva. Las caldas y el golpeado se repiten tantas veces como sea preciso.

¹¹⁰ En adelante «la Bascongada» o RSBAP. Véase el capítulo VI.3.

¹¹¹ Concretamente en la experiencia de Miguel Antonio de Iriarte Belaundía, vecino de Urnieta y administrador de la ferrería de Aramburu (Hernani); Benito de Ansótegui, caballero ferrón de Markina, de la ferrería de Arizmendi; José Antonio de Lizaranzu, dueño de la ferrería de Lasalde en Elgoibar; y de las noticias aportadas por Miguel Francisco Domínguez acerca de la ferrería de Lasalde en Motrico.

Bowles advierte que el mineral de Somorrotro, por su bondad, no precisaba de piedras calizas en su fundición para absorber azufre ni ácidos presentes en otros minerales. No obstante, aconseja explorar las posibilidades de los fundentes con vistas a la abreviación del proceso, de aprovechamiento de parte de las materias ferruginosas que se han desechado hasta entonces; y también con el fin de ahorrar carbón.

¹¹² Uno de los componentes no metálicos contenido en la escoria es la «fayalita». Presenta un estado viscoso por debajo de los 1.177 °C, y es uno de los materiales extraído por los herreiros a golpes de martillo.

¹¹³ Para soldar dos piezas, se calientan ambas y se martillean por la parte de la unión. El problema que ofrece la soldadura es la de suministrar calor de forma homogénea, tanto en el exterior como en el interior. Con este fin, algunos ferrones la recubren con arena. Éste es el procedimiento aplicado en la ferrería de Lagrán, descrito por González Salazar, 1969-1970, p. 54.

III.5. Acero por procedimiento indirecto; el acero de Mondragón

La fabricación de acero según el método «natural» parte directamente del mineral de hierro. Consiste en la reducción de las menas en el fuego de carbón vegetal, en un hogar alimentado con un fuelle. El acero se presenta bajo forma pastosa, esto es, no fundido. Es el «*acero natural*», conocido también como «*soplado*»¹¹⁴. Este procedimiento se aplica en Alsacia (Dambac), Dalecarlia, Salzburgo, Carinthia, Stiria y Tirol. Es también el método empleado en las ferrerías del País Vasco, siguiendo los procedimientos tradicionales¹¹⁵.

Arrasate (o Mondragón) ofrece uno de los más célebres exponentes europeos en esta modalidad. Atraviesa su máximo esplendor en el siglo XVII (aunque su fama ya trascendía a nivel internacional desde el siglo anterior). Es considerado en los círculos armeros como sinónimo de la mejor calidad. Un documento de 1640 describe cuatro clases de metal en las que se hallan especializadas las ferrerías de la villa¹¹⁶. En unas se produce hierro dulce; en las otras tres se labran otros tantos tipos de acero. Son éstos el acero común, el «*acerillo tirado*» y, finalmente, el acero patentado o «*raia*» propiamente dicho, que sale de las llamadas «*ferrerías mayores*»¹¹⁷.

Un informe elaborado por Elhuyart para la RSBAP sobre el particular método aplicado en la villa sorprende a los historiadores con la descripción de un procedimiento indirecto (!)¹¹⁸. La tradición vincula exclusivamente a las ferrerías hidráulicas con la reducción directa. Elhuyart, en cambio, nos relata con detalle la obtención de *acero fundido de hierro dulce en horno bajo*¹¹⁹. Hasta la fecha no se ha podido averiguar el momento en que los ferrones de Arrasate se desmarcan de la reducción directa para aplicar esta otra modalidad.

La comprensión de este fenómeno apela a la naturaleza y cualidades del mineral empleado, susceptible de ser fundido a niveles térmicos propios de un fogal bajo. Tan particulares menas se localizaban en el monte Udalacha o Udalaitz, en el término de Arrasate. En la época los acereros las distinguían por el nombre de «*raia*» o «*mineral de acero*», al igual que sus yacimientos¹²⁰. Esta materia prima se halla actualmente agotada, lo

¹¹⁴ Wagner, 1891, pp. 53-4.

¹¹⁵ Véase el experimento realizado por «Arkeolan» en la ferrería de Agorregi (Aia) (1996, pp. 28-29).

¹¹⁶ En Letona, Leibar, 1970, p. 17.

¹¹⁷ Ramiro Larrañaga observa varias acepciones para el vocablo «*raia*»: el acero patentado de Mondragón, tal y como lo describen Letona y Leibar en 1970; «*metal puro sin género de mixtura de hierro*»; y, finalmente, el vocablo se relaciona a veces, de forma imprecisa, con «*arrabio*» y «*arragoa*». Véase Larrañaga, 1984.

¹¹⁸ Y no el método de reducción directa que cabría deducir por la tradición de la ferrería vasca misma. Véanse los *Extractos... 1775*, pp. 67-69.

¹¹⁹ Wagner, 1891, p. 54.

¹²⁰ Ramiro Larrañaga observa varias acepciones para el vocablo «*raia*»: el acero patentado

que dificulta la comprensión del método en términos científicos actuales¹²¹. Los lugareños describían la venera como una mina de «*hierro barnizado*» o «*helado*», conforme a la terminología dieciochesca local. En su *Historia Natural*, Bowles constata su elevado contenido en hierro, hasta un 40%, y añade que es «*algo duro de fundir*».

Una vez en la ferrería los maestros comienzan por reducir la mena del Udalaiz en tocho, conforme al método tradicional. A continuación, se derrite éste «*por medio de un fuego muy activo, y mucho mayor que el regular*». Gotas de metal líquido caen por un orificio practicado con este propósito por debajo de la fragua: es el «*arrabio*». Esta operación resulta muy costosa, por lo que no se realiza con frecuencia: una vez al año, o cada 4 ó 5 meses. En cada ocasión el ferrón tiene la precaución de acumular el suficiente arrabio para garantizar la materia prima de los próximos meses.

Por otro lado se inicia la reducción de una masa de hierro al modo acostumbrado. Cuando ésta se halla en disposición, el maestro vierte sobre ella el arrabio, en la misma fragua. Lo hace de forma escalonada, en dos veces. Añade a la mezcla unos pedazos de escoria, «*asiyac*»¹²², que tiene recogidas del fondo de las fraguas¹²³. A continuación el oficial procede a mezclarlo todo por medio de una palanqueta.

Una vez sacado el metal de la fragua se divide en barras que son trabajadas con el mazo. Estas barras suelen medir 1 pulgada por 5 palmos de largo. Finalmente, cuando aún se hallan rojas, se «*templan*»; esto es, se someten a una brusca refrigeración.

*«El acero templado [afirma R. Wagner] se parece por su estructura a la plata más fina, y puede distinguir los granos. [...] Es, además, fusible como el hierro colado, pero de tal manera que, à más de las ventajas de éste, reúne las del hierro dulce.»*¹²⁴

La difusión de la técnica del templado en Europa durante los siglos XVI y XVII potencia el «*acero de Mondragón*», que la incorpora en los últimos pasos del procedimiento. Consiste en un tratamiento superficial que modifica notablemente las cualidades del acero carburado, prestándole una dureza extrema. Se somete la pieza, aún caliente, a un baño de agua o aceite que la enfría rápidamente. La operación transcurre en menos de un

de Mondragón, tal y como lo describen Letona y Leibar en 1970; «*metal puro sin género de mixtura de hierro*»; y, finalmente, el vocablo se relaciona a veces, de forma imprecisa, con «*arrabio*» y «*arraogo*». Véase Larrañaga, 1984.

¹²¹ Y también en Lurgorri y Murugain. Letona, Leibar, 1970, p. 16.

¹²² También llamadas «*azias*». Eran fragmentos de hierro escorificado, procedente también de Mondragón. Son vocablos en euskera de los ferrones acereros. R. Larrañaga, 1984, pp. 912-3.

¹²³ R. Larrañaga especifica que las «*asiyac*» se recogen con preferencia de las fraguas especializadas en herrajes. Véase 1984 y 1989.

¹²⁴ 1891, pp. 62-3.

segundo. En este intervalo, la pieza pasa de los 910 °C (o más) hasta por debajo de los 220 °C¹²⁵.

Tras su sometimiento a esta técnica, el metal adquiere una gran tenacidad, que palió la fragilidad del acero con un alto contenido en carbono, característica, por otro lado, de los antiguos tratamientos térmicos que describimos¹²⁶. Este último paso fomentó entre los foráneos la creencia de que era el mismo río Deba quien confería tan singulares cualidades al acero de Mondragón.

El punto óptimo del temple es reconocido a simple vista por el maestro, tras observar atentamente la sucesión de colores en la pieza durante la inmersión (metalocromía)¹²⁷. Sólo un experto puede determinar cuándo el metal ha adquirido las características apropiadas para el fin al que se destina, según la tonalidad de la superficie. La experiencia artesanal es, pues, fundamental para el éxito del proceso. De ahí el prestigio de los maestros «tenaceros» o «labrantes de acero».

Tabla I
Metalocromía del acero

Colores	Temperatura correspondiente (en °C)	Manufactura destinada
Amarillo muy pálido	221	Lancetas
Amarillo paja	232	Navajas de afeitar
Amarillo anaranjado	243	Cortaplumas
Amarillo pardo	254	Tijeras en frío y cizallas de cortar hierro
Amarillo pardo algo teñido de púrpura	265	Hierros de garlopas y azuelas
Púrpura	277	Cuchillos de mesa y tijeras de pañero
Azul pálido	288	Espadas y muelles de reloj
Azul común	293	Puñales y sierras finas
Azul negro muy oscuro	317	Sierras grandes de carpintero
Verde mar	332	

Fuente: M.C. LABOULAYE, 1857, t. III, 645.

¹²⁵ El rápido enfriamiento evita la formación de la «perlita», y el acero austenítico de la carburación se transforma directamente en «martensita», microestructura característica del acero templado. Un enfriamiento más lento, como el procurado por la agitación de la pieza en el aire, da lugar a la formación de una perlita fina, más blanda que la martensita. Enfriado al natural, el acero desarrolla una perlita muy grosera.

¹²⁶ La martensita es de una extraordinaria dureza. Su inconveniente reside en la fragilidad a la que viene asociada. Pero ésta última es más que tolerable en tratamientos superficiales de objetos que precisan un refuerzo localizado. En este caso, el temple de las capas superiores garantiza la dureza característica de la técnica, a la vez que permite conservar un interior con una microestructura más resistente (perlita).

¹²⁷ Véase Tabla I.

Este metal goza de una gran estima para la confección de espadas, hasta comienzos del siglo XVIII. En el siglo XVI la Infanta D.^a Catalina regala a su marido, Enrique VIII de Inglaterra, varias espadas de acero de Mondragón. Afirma Bowles que *«aún hoy [siglo XVIII] se hallan esparcidas algunas en Escocia, donde los naturales las estiman infinito, y las llaman “André Ferrara”.*»¹²⁸ Los monarcas Felipe III y Felipe IV visitarán personalmente algunas de las armerías.

Esteban de Garibay asegura que estas singulares espadas pueden conocer hasta cinco transformaciones posteriores pasando por el fuego, y...

*«nunca pierde su rigor y fortaleza, lo que el hazero de Milán y otros hazeros no harían: porque en tornando segunda vez en el fuego, se convierten en hierro, perdiendo la fortaleza, que como hazero devrían tener.»*¹²⁹

A fines del XVII el acero de Arrasate se trabaja aún a fuerza de brazo, sin mecanizar. Pedro Bernardo Villarreal de Bériz (1670-1740) es testigo de la incorporación de la energía hidráulica a la especialidad. La renovación se traduce en una prosperidad inmediata para la Villa en los años siguientes. Pero pronto cae en un profundo bache. A lo largo del siglo XVIII, la demanda comienza a disminuir hasta precipitar el sector a la ruina.

III.5.1. *Decadencia del acero de Mondragón*

Todavía en 1745 Diego de Aranguren muestra en Madrid un acero de tal calidad que despierta encendidos elogios de los expertos que lo examinan. Treinta años más tarde aquellas alabanzas son sólo un grato recuerdo, *«de suerte que ha llegado a olvidarse y perderse del todo el método antiguo [“natural”]»*. En opinión de Juan Dowling, socio de la RSBAP, el año excelente acero mondragonés se había convertido en *«hierro agrío e indómito»*¹³⁰.

La Historia no ha esclarecido aún el brusco fin de la especialidad. Estudios y coetáneos ofrecen distintas versiones que bien pueden complementarse entre sí. Bowles lo relaciona con el cambio de dinastía en el Trono. Cuando la Corona española pasa de los Austrias (Carlos II) a los Borbones (Felipe V) en 1700, la Corte se acomoda a algunas costumbres francesas. La nueva moda afecta también a la indumentaria. La Casa Real y los cortesanos substituyen el traje español a la antigua por el francés. La variación en la vestimenta implica a los accesorios con los que se comple-

¹²⁸ 1789³, p. 273. Ignoramos si el acero de las espadas regaladas por Catalina había sido confeccionado por reducción directa o si ya aplicaban entonces el método indirecto.

¹²⁹ Libro XV, Cap. XV, p. 344. Isasti (Libro I, Cap. XII, n.º 31) reproduce la misma afirmación.

¹³⁰ Javier Aznar, M.^a Mercedes Urteaga y otros especialistas consideran la posibilidad, además de otros motivos ofrecidos por la literatura, de un agotamiento de las venteras de las que se extraía tan particular mineral.

menta; y entre ellos, a las espadas. Decaen las largas de golilla de factura castellana; o las anchas o «*de arzón*» para montar a caballo. Estos modelos se habían confeccionado en Toledo con acero de Arrasate. Desde comienzos del siglo XVIII, Castilla posterga la producción propia y comienza a importar «*grandes cantidades de espadines guarnecidos*» del país vecino¹³¹.

Conviene recordar que la armería ligera de fuego vasca atraviesa en este mismo siglo su época de esplendor. El empleo de la pólvora se halla consolidado en el mundo Occidental. Los armeros de la cuenca del Deva, a la que pertenece la misma Arrasate, descollan en el mercado internacional por la calidad de sus manufacturas. El auge de las armas de fuego corre inverso a la contracción de la demanda de las blancas, como observa Iturriza. Afirma este autor que, para fines del XVIII ya no queda ninguna ferrería de dicha especialidad en Bizkaia.

La versión de Pedro Bernardo Villarreal reviste de especial trascendencia, debido a su vasta formación científica. Este caballero mantiene un contacto permanente con las novedades tecnológicas europeas. Su condición de natural de Arrasate le sitúa, además, en posición privilegiada para conocer la situación. Responsabiliza del retroceso del acero de Mondragón a una nueva técnica de aceración descubierta en Alemania. Ésta se extiende pronto por Francia y es recogida por el sabio Renato Antonio Ferchault de Réaumur, que la publica en 1722¹³². Villarreal tiene conocimiento cumplido de esta novedad y no duda en señalarla como causa de la pérdida de competitividad.

Poco después de la muerte de Villarreal la difusión de un nuevo descubrimiento precipita el desfase de los acereros vascos y los hunde definitivamente. Se trata del acero al crisol obtenido por Benjamin Huntsman en 1740¹³³. A partir de este momento, Sheffield monopolizará la producción acerera de calidad. Perdida su demanda como materia prima espadera, el famoso mineral no rinde en la forma idónea en la confección de otras manufacturas, como limas y navajas de afeitar. Bowles sugiere que, para aco-

¹³¹ Bowles. Éste y otros estudiosos ven en este giro del mercado el motivo de la ruina del acero de Mondragón; incluso achacan al afrancesamiento la pérdida de la técnica del temple en España. J. Almunia (1975, pp. 42-3) relata el establecimiento de una fábrica de armas en Toledo a fines del siglo XVIII, bajo la dirección del Cuerpo de Artillería, en un intento por detener esta pérdida y recuperar los métodos tradicionales de los maestros espaderos.

¹³² Renato Antonio Ferchault de Réaumur (1638-1757), físico y naturalista francés, es nombrado miembro de la Academia de las Ciencias en 1708. Entre sus muchas aportaciones, se le debe la introducción en Francia de la fabricación del hierro colado y de la difusión de nuevos procedimientos para obtener acero. En 1722 escribe *L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu*. Consigue un nuevo tipo de hierro maleable a partir del hierro fundido. Para ello lo somete a una alta temperatura durante un tiempo prolongado, envuelto en mena de hierro o cenizas de huesos. De este modo, el carbono se elimina en su totalidad o se convierte en microesferas de grafito, mecánicamente inofensivas. Véanse más detalles en C. Stanley Smith, 1981, p. 187; y *Espasa*, T. 49, p. 1.080.

¹³³ Véase capítulo V.3.

modarlo a nuevas aplicaciones, la vena del Udala ha de ser tratada por el procedimiento de la cementación¹³⁴. El método carece de tradición en el lugar, por lo que el famoso naturalista aconseja su divulgación entre los ferrones del país. En este contexto desempeña una de sus labores más lúcidas la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.

III.6 Formas de trabajo y modos de vida de los ferrones

En varias ocasiones hemos tenido la oportunidad de constatar la servidumbre de la industria tradicional del hierro respecto al régimen pluviométrico. El estiaje de los ríos obligaba a parar las ferrerías durante algún tiempo. Por lo general, el ejercicio anual comprendía alrededor de nueve meses.

El inicio y el fin de la temporada coincidían con festividades de particular raigambre. Por lo general daba comienzo el día de San Miguel (29 de septiembre); podía llegar a demorarse hasta noviembre, según lugares, costumbres y circunstancias. Se finalizaba el día de San Juan (24 de junio)¹³⁵. Los meses inmediatos se aprovechaban para realizar tareas complementarias (carboneo, transporte, extracción minera,...).

La duración de los contratos de trabajo era anual. Raramente excedía ese plazo. Pero la fecha podía quedar supeditada a otras circunstancias, como el comienzo del arrendamiento, la baja de un empleado a quien era preciso substituir,...

El domingo anterior al comienzo de la temporada, los «olagizones» organizaban un gran festejo al que invitaban a participar a las autoridades civiles y eclesiásticas, así como al vecindario. Por estas mismas fechas, los ferrones sacrificaban uno de los bueyes mejor cebados del contorno. Su carne, conservada en forma de cecina, constituiría un complemento proteínico fundamental en su dieta de los próximos meses. La comían diariamente acompañada de habas, plato que ellos mismos guisaban en la ferrería. Dependiendo de la costumbre, acompañaban el plato con vino (2 litros para cuatro o cinco operarios a diario; o sólo los miércoles, según relato de Peru Abarka a fines del XVIII). El pan, que les debía durar toda la semana, se cocía en casa del «olagizon».

¹³⁴ Véanse capítulos V.3 y VI.3.3.

¹³⁵ I. Carrión distingue dos calendarios distintos para las áreas de Gipuzkoa. En la franja costera y zonas bajas de las cuencas, la explotación comenzaba en San Miguel y finalizaba en San Juan, tal y como queda expuesto en el texto. Pero advierte que en las cabeceras de los ríos Oria, Urola y Deba, la festividad del 24 de junio, comienzo del verano, marcaba el inicio del período de labranza, al contrario que en los establecimientos más bajos. 1991, p. 206.

Tras este comportamiento diferencial probablemente se encuentren condicionamientos impuestos por el régimen hidrográfico de los macizos montañosos que alimentan las redes fluviales.

La comida que consumían los ferrones gozaba de gran fama. El disfrute de la buena mesa debía compensarles de la dureza de las condiciones en que ejercían su oficio. Oigamos la descripción que Moguel pone en boca de su personaje, Peru Abarka:

*«Llenan la tripa con pan remojado y bien untado de grasa cuando se les ocurre, y nunca ha comido V. cosa más sabrosa. Se relamería V. los dedos y los labios de puro gusto. ¿En dónde se matan los bueyes mejor cebados sino en las herrerías? Los mismos señores vienen algunas veces a la herrería, sin más quehacer, a remojar el pan en el puchero de éstos y a comerlo; [...] y esto viene, a lo que yo entiendo, porque hierven el puchero de aquí con carbón bien quemado de la fragua, sin llamas, poco a poco, sin rebasar.»*¹³⁶

Una herrería de agua emplea un número variable de operarios en la labranza del hierro; la mayoría de los testimonios nos describen entre cuatro o cinco hombres, organizados en equipo¹³⁷. Se distinguen uno o dos forjadores y dos fundidores, más un joven ayudante.

Los fundidores responden por el nombre de «*urtzaileak*» o «*urzallak*», y son los responsables de la reducción de la vena en el horno hasta la obtención de la «*agoa*». Cargan el horno con mineral y carbón, y manipulan los barquines. Una vez conseguida la masa en el interior del hogar, la arrastran hasta colocarla bajo el martinete.

El forjador (conocido como «*iele*», «*ifelia*», «*ijela*» y también «*laminador*» o «*tirador de barras*») maneja el martinete. Regula su movimiento por medio del control del paso de agua. Transforma la agoa en hierro (en barras gruesas o palanquillas), a fuerza de golpes. Su trabajo es el más penoso, ya que debe estar pendiente de las masas puestas a calentar y batirlas cada cuatro horas, conforme salen del horno. Por este motivo, el dueño de la herrería u «*olajaun*» le proporciona una gratificación anual de 20 a 30 pesos; o bien un buen par de guantes¹³⁸. Recibe, además, primas por destajos.

El equipo se completa con un aprendiz o «*gatzamaile*». Cuida el punto de la comida y la adereza añadiéndole sal («*gatza*») si es preciso; de ahí su nombre. Se trata de un muchacho interesado en el oficio, que hace también las veces de criado. Se encarga de desmenuzar el mineral, vigilar el puchero, hacer los recados... Es frecuente verle pasar apresuradamente, camino del pueblo o de vuelta a la herrería, con sus sucias vestimentas, llevando un pellejo de vino a su espalda para los ferrones.

¹³⁶ Ed. bilingüe realizada por Resurrección M.^a de Azkue, Bilbao, 1970², pp. 87-88.

¹³⁷ Lope Mz. de Isasti afirma que algunas de ellas ocupan hasta treinta empleados. Este dato debe ser interpretado con precaución, dada la suspicacia que despierta el autor en los círculos historiográficos, y la poca fiabilidad de la que goza. 1625, Libro I, cap. XII, n.º 30.

¹³⁸ J.R. de Iturriza, 1787, vol. I.º, pp. 110 y 114.

En los talleres donde se elaboran transformados metálicos el número de operarios es muy variable; depende de la especialidad. En la rama de la armería, p. ej., un maestro cañonista trabaja con 8 oficiales por término medio; un chispero o llavero, con dos; un aparejero o cajero sólo precisa de un aprendiz¹³⁹.

Durante la semana se trabaja ininterrumpidamente hasta la media noche del sábado. Pero el descanso dominical se cumple estrictamente, así como el Ángelus diario y las fiestas de precepto. Sólo las ferrerías regacheras disfrutaban de dispensa eclesiástica desde fines del siglo XVIII, para labrar hierro en estas fechas. Esta excepción se debe a la extrema brevedad de sus campañas.

Dos establecimientos contravinieron el precepto religioso: Mirandaola (Legazpi, 3 de mayo de 1580); y Lasartekola (8 de octubre de 1671). En ambos casos, los osados infractores fueron reprendidos por manifestaciones divinas que nos han llegado hoy a modo de leyendas. Arrepentidos los pecadores, no volvieron a tentar la Providencia. Regresaron de inmediato a la más estricta ortodoxia, en la que permanecieron en adelante con toda devoción.

Las operaciones de tostado, reducción y forja se suceden unas a otras sin interrupción¹⁴⁰. Los descansos se organizan en turnos de pocas horas, conforme se precisa la intervención de unos u otros profesionales. Desde que se carga el horno hasta que se saca la agoa, dos de los operarios (ielles) disponen de tiempo para echarse en un pequeño rincón habilitado para su descanso y dormir una breve siesta.

Las ferrerías no disponen de camas; mucho menos de lencería y otras delicadezas. Un jergón ennegrecido relleno de hojas secas hace las veces de camastro. Por lo general se arrima a la carbonera. Los fatigados ferrones que se tumban en él apenas si se cubren con una manta. Pero los relevos son forzosamente cortos y continuados. En el momento de sacar la agoa del horno, el urtzaile despierta a los dos ielles con un fuerte silbido. Estos acuden prestos a ayudarle a arrastrar la pesada masa hasta acomodarla debajo del yunque. Es el momento de cambiar el turno de descanso.

Quien menos descansa es el pequeño gatzamaile. Sus quehaceres son tantos que apenas encuentra tiempo para descansar; «*le anda ligero el sueño*», comenta de él Peru Abarka, el personaje de Moguel.

¹³⁹ Datos ofrecidos por J.I. Tellechea Idígoras (*Diario Vasco*, 8-II-1974), reproducidos por L.M. Ecenarro, 1996, p. 275.

¹⁴⁰ Leandro Silván (1976, pp. 34-5) distingue dos ritmos de trabajo, según sean 4 ó 5 operarios; esto es, si la plantilla dispone de uno o dos forjadores. En el primer caso, se practica la jornada partida de 13 horas, con un descanso para desayunar, de 8 a 8'30h; y otro para el almuerzo, de 12 a 13 h. Se respetan las horas de descanso nocturno. Cuando hay dos forjadores, se organizan en dos turnos que se alternan ininterrumpidamente, de lunes a sábado. A esta modalidad obedece la mayoría de las referencias de las que disponemos, y es la que hemos desarrollado en el texto principal.

Los sábados se procede a las «pesadas» del hierro labrado en presencia del dueño. El equipo completo de los cuatro operarios recibe 5 reales por cada Qm. labrado. Tres cuartos van a parar al ayudante; el resto se lo reparten los tres hombres restantes, a partes iguales¹⁴¹.

Los ferrones están expuestos a accidentes laborales de extrema gravedad, dada la naturaleza del trabajo: golpes mortales, magullamientos y fracturas producidos por el manejo de los martillos; quemaduras de los materiales incandescentes; heridas infectadas derivadas del manejo de hierros y útiles punzantes; intoxicaciones y trastornos respiratorios debidos a la continua exposición ante los gases despedidos por el horno (monóxido de carbono);... Apenas si conocemos detalles sobre este tipo de sucesos. Un dicho popular («*Olatik, berri onik ez*»¹⁴²) hace una velada mención a lo que el sentido común nos permite suponer como un suceso frecuente y de consecuencias particularmente funestas.

Iturriza reproduce en sus páginas un interesante extremo recogido por el R.P. Fray Miguel de Alonsótegui¹⁴³ de relatos escuchados a los ancianos. Afirmaban aquéllos que en la antigüedad las mujeres también labraban hierro en las haizeolas o ferrerías secas, además de dedicarse a otras labores, como el hilado. Estas «ferronas» acostumbraban a descender desde las cumbres, donde practicaban las artes siderúrgicas, hasta los case-ríos. En ellos se aprovisionaban de barriles de sidra que cargaban, monte arriba, sobre su cabeza. Cree probable Iturriza esta participación femenina de tiempos remotos. Considera que la naturaleza robusta de las indígenas («*muy varoniles*») y el reducido tamaño de las masas trabajadas en las haizeolas habría facilitado su manejo.

¹⁴¹ Es versión de J.R. de Iturriza. En vol. I.º, p. 110.

Según M. Laborde (1979), el olajaun pagaba 2 reales por cada Quintal de hierro labrado a cada «urtzaile» e «ielle», a cuenta al final de temporada. Al marmitón o «peaille» de proporcionaba un jornal de 3 reales y su manutención. Laborde no especifica la fecha de referencia.

¹⁴² Esto es, «*Nunca [llegan] buenas noticias de una ferrería*».

¹⁴³ *Corónica de Vizcaya*, Libro I, cap. III. En J.R. de Iturriza, vol. I.º, p. 110.

Capítulo IV

En torno a la ferrería. Economía inducida

«[...] que deja extendidas y repartidas las ganancias entre un grande número de gentes de diversas gerarquías y clase.» J.J. LANDAZURI Y ROMARATE

Durante la última Edad Media el hierro se convirtió en el elemento dinamizador por excelencia de la economía vasca. Su capacidad de generar riqueza quedaba fuera de dudas. Los vínculos de la siderurgia con actividades complementarias brindaban también a éstas la posibilidad de compartir con ella tan lucrativas rentas.

La omnipresencia del hierro en el pulso del país se hacía evidente no sólo en la minería y la forja; también en las labores suscitadas por aquéllas. La ferrería apelaba para su funcionamiento a numerosas tareas derivadas. Disponía de una gran capacidad de inducción de empleo. La mayoría de la población se vio implicada en tareas de extracción, elaboración, acarreo, almacenamiento o comercialización tanto de materias primas como de manufacturas.

El impacto económico de la industria ferrona no quedaba, pues, reducido al sector mismo. Sus efectos multiplicadores iban más allá de los talleres y de sus operarios. Sus ramificaciones vertebraron la totalidad del país en un modelo económico de cuyo éxito dependía, en última instancia, su propia manutención.

Los coetáneos eran conscientes de esta realidad. Propios y extraños expusieron la responsabilidad de la Siderurgia en el pulso que animaba las provincias atlánticas. Son frecuentes los testimonios que hablan de las «raíces de hierro» que sustentan el territorio; y no se refieren sólo a los minerales del subsuelo.

La ocupación laboral adyacente al ámbito estricto de la ferrería daba empleo, fijo o temporal, a un importante porcentaje de la población. Ésta

quedaba involucrada, junto con sus familias, en los altibajos del negocio del hierro.

El agro vasco encontró así una ocasión idónea para paliar su escasez. Las tradicionales deficiencias del sector agrario apenas si quedaban enmascaradas tras el paro encubierto; o por el proverbial recurso a la emigración. El funcionamiento de las ferrerías ofrecía a los campesinos la oportunidad de integrarse en una intrincada red de empleo articulada a expensas de su prosperidad.

Minería, acarreo, carboneo,... eran labores estacionales que daban inicio a mediados del mes de mayo, concluida la siembra del maíz. Se prolongaban hasta comienzos de octubre, fecha en la que los campesinos procedían a sembrar el trigo. Hacia 1799, cerca del 80% de los campesinos propietarios de las merindades de Zornoza y Durango y del valle de Orozco poseían parcelas boscosas susceptibles de producir carbón de forma regular.

Lejos de limitarse a la élite comercial burguesa que traficaba con los lingotes, o a los dueños que arrendaban las ferrerías, la riqueza del hierro reportaba ingresos económicos a un contingente de mano de obra indirectamente adscrito al sector. Se distribuía a modo de una peculiar «derrama» y alcanzaba hasta los caseríos más recónditos del intrincado paisaje atlántico.

El número de empleos auxiliares generado por una ferrería labrante ha sido objeto de numerosas especulaciones. Las estimaciones oscilan entre 27 y 100 hombres por cada unidad¹⁴⁴. Estas cifras corresponderían a un número equivalente de familias, puesto que, por lo general, los trabajadores eran casados. La aplicación de un índice de 4'5 individuos por familia permite calcular a Díez de Salazar la población total que se encontraba vinculada, directa o indirectamente, a la Siderurgia. Para las dos cifras extremas mencionadas en el texto, el total de habitantes implicados iría de un 22'8% a un 76'15% del total de la población.

Mineros («*venaqueros*» o «*sacadores de vena*»), arrieros, galluperos, lonjistas, carboneros, leñadores,... son los oficios que protagonizarán los siguientes párrafos con sus quehaceres.

IV.1. La Minería durante el Antiguo Régimen

La legislación castellana en materia de Minería distinguía la propiedad del suelo y la del subsuelo, y arrogaba a la Corona la propiedad del último (regalía minera). La explotación de cualquier yacimiento por par-

¹⁴⁴ Cifras manejadas para el siglo XVI. Véase un excelente resumen de las versiones en L.M. Díez de Salazar, 1983, pp. 119-121. Este autor ofrece, para la Gipuzkoa del siglo XVI, una media de 110 ferrerías labrantes de continuo, que sostienen directamente a 2.750 hombres; esto es, al 20'5% de la población total.

ticulares requería una licencia real y debía satisfacer los derechos correspondientes¹⁴⁵.

Los poderes públicos del Señorío y de las Encartaciones compartieron durante siglos la competencia legislativa sobre las venteras más ricas y abundantes del País Vasco: el criadero de Somorrostro. El Fuero de Bizkaia de 1526 no recogía la propiedad real, vigente en los territorios de la Corona. Lejos de ello, las leyes IV, VIII y IX del Título I establecían que los minerales del subsuelo podían ser explotados por los vizcaínos sin necesidad de satisfacer tributo alguno al Rey. Los derechos de la Corona se limitaban a percibir 16 dineros viejos por cada Quintal de hierro labrado¹⁴⁶.

La cuenca minera vizcaína disfrutó de un régimen comunal hasta entrado el siglo XIX. Durante los siglos de esplendor de las ferrerías, las villas y lugares de las Encartaciones gozaron de la propiedad de los minerales de su subsuelo. Sus habitantes podían explotarlas a voluntad, con la única condición de tener naturaleza y vecindad en ellas y no perjudicarse unos a otros en el transcurso de sus operaciones. Desde que en 1799 las Encartaciones se integraron en las estructuras institucionales del Señorío, el privilegio de su libre explotación se extendió a todos los vizcaínos.

La producción minera quedó supeditada a la capacidad de consumo de la industria local; esto es, a la demanda de las ferrerías autóctonas. Como quiera que éstas estaban conformadas por las pequeñas unidades que hemos descrito, los niveles de extracción se mantuvieron en términos proporcionalmente reducidos. La permanencia durante siglos de la ferrería como centro de transformación del hierro por excelencia del País Vasco restringió el crecimiento de la minería, ceñida exclusivamente a su abastecimiento.

Los escasos alicientes económicos serán señalados por los estudiosos como principal responsable de la falta de profesionalización de la minería vasca. Los naturales no pudieron contemplarla como un negocio lucrativo por sí mismo. Tal circunstancia habría retraído hipotéticas inversiones y habría sumido el laboreo en una manifiesta atrofia tecnológica.

Los términos en que Labayru resume el estado de las explotaciones hasta el siglo XIX son representativas de la consideración que éstas mere-

¹⁴⁵ Existe una legislación abundante al respecto. Citemos el Ordenamiento de Alcalá por Alfonso XI en 1348 y las Ordenanzas expedidas por Felipe II en 1584.

¹⁴⁶ Los reyes castellanos cedieron a los dueños de algunas de las principales ferrerías los derechos que percibía la Corona sobre el hierro, en premio a sus servicios. Esta prebenda podía quedar vinculada al mayorazgo. Es el caso, p. ej., de Martín Sánchez de Arriaga, Secretario de Cámara de Juan II, el cual le otorgó el disfrute de los 500 mrv. de la alcabala y diezmo viejo del hierro que labrase en su ferrería (Carquizano de Yuso). Véanse más ejemplos en L.M. Ecenarro, 1996, pp. 113-4. Véase también Pilar Fernández Huerta y Marta Maza Otero, «Contexto geo-histórico de las ferrerías en Gipuzkoa. Finales del siglo XV», en *Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media peninsular*, 1996, pp. 486-497.

cían a los observadores de mentalidad ilustrada o capitalista que se acercaban a contemplar el coto de Somorrostro:

«Contentábanse los encartados con tan escasas horas de trabajo y tan mezquino producto. Vivían sólo para el día; bastábales sacar el sustento cotidiano. [...] El derecho que disfrutaba todo encartado a esta regalía de la explotación y propiedad, la baratura con que se despachaba el mineral y la facilidad en la extracción, sin otro estímulo ni medio de progreso, convertía la explotación en empresa improductiva.»¹⁴⁷

Sólo el levantamiento de la prohibición de exportar vena, ya en el siglo XIX, permitirá reconsiderar el criadero bajo una perspectiva exclusivamente lucrativa. La posibilidad de comerciar con el mineral en un mercado amplio y altamente receptivo estimulará la explotación de los cotos e introducirá nuevos criterios de rentabilidad. Pero en el plazo de los siglos precedentes, la actividad minera transcurre por cauces diferentes que exponemos a continuación.

Cualquier amago de extracción es suficiente para hacerse con un yacimiento, siempre y cuando se respeten los límites ajenos. Todo aquel encartado (o vizcaíno, más adelante) que practique una galería en un punto cualquiera del criadero se convierte de inmediato en su dueño. Las únicas cortapisas al ejercicio de su propiedad las impone el respeto de las distancias consideradas prudentes respecto a otras veneras; y no mantenerla inactiva durante más de un año¹⁴⁸.

La boca de una nueva explotación debe guardar una distancia mínima con las ya practicadas a su alrededor¹⁴⁹. Una vez excavada ésta, la galería serpentea a capricho de su propietario. No es, pues, de extrañar, la frecuencia de los encuentros entre excavaciones vecinas («cruce» o «boqueteo»). En estos casos, la más reciente debe rectificar dos brazas en sentido perpendicular a la trayectoria de la primera. La falta de una mayor regulación da lugar a numerosos pleitos.

Este sistema de trabajo, con las características que describimos a continuación, se mantendrá hasta 1857, fecha en que da comienzo la exportación masiva de mineral (campanil). En tales condiciones, los criaderos de

¹⁴⁷ 1967, T. I, p. 586.

¹⁴⁸ Julio Caro Baroja observa en Bera (Navarra) que, a mediados del siglo XVIII, se exige la explotación mínima de la mina durante 1 mes al año, para que su dueño sea reconocido como tal. Este régimen es conocido como «*artuoticoak*» o «de tomo y dejo». 1958, p. 232. El Reglamento aprobado por el Señorío en julio de 1818 fija un mínimo de 2 meses al año para lograr el reconocimiento.

¹⁴⁹ Según Ignacio Goenaga, la distancia es de 5 brazas (8'36 m.). Esta condición le permite calcular la superficie de afloración de una vena en 219'5 m². 1882, p. 55. Humboldt afirma que la distancia de seguridad era de 10 pies (2'80 m.). Azaola asegura que era el mango del pico de trabajo (unos 2 pies) el que fijaba la medida.

las Encartaciones (Somorrostro, Ollargan,...) ofrecen una imagen anárquica a todo aquél que se acerca a contemplarlos:

*«Las catas y trabajos comenzados eran muchísimos; por todas partes se divisaban las excavaciones [sic], aunque á menudo las interrumpiesen y abandonasen.»*¹⁵⁰

La excelencia del mineral vizcaíno no exige especialización alguna de sus explotadores, dado que, casi invariablemente, todo el material arrancado es de excelente calidad. Sólo en ocasiones presenta una matriz de cuarzo que, caso de ser sometida al proceso siderúrgico, produce *«hierro agrío y lleno de quiebras.»*¹⁵¹ Los ferrones la reconocen de inmediato a simple vista y no la compran.

En 1783 Fausto de Elhuyart distingue 120 excavaciones en explotación, todas ellas muy toscas. Bowles advierte que *«los sacadores de vena son gente poquísimamente instruída»*. Las facilidades animan a los lugareños a emprender multitud de iniciativas, con la única ayuda de picos y cuñas. Una mentalidad ilustrada como la de Elhuyart no puede evitar aludir desdeñosamente tanto a *«la ignorancia, como la holgazanería y abandono de vida en los que las practican»*.

Los mineros apenas dedican 4 ó 5 horas diarias a estas labores, que transcurren al aire libre. La falta de conocimientos acarrea consecuencias nefastas al negocio, cuando no a sus propias vidas. El arranque se realiza en desorden y de forma indiscriminada. La excavación se inicia en la misma superficie donde aflora el filón. Los mineros cavan los túneles en dirección descendente, siguiendo la veta. En invierno, las galerías se inundan con las precipitaciones; y no siempre llegan a evacuarse para el verano.

Esto sucede a fines del siglo XVIII en Somorrostro, cuando en Europa ya se había superado este género de dificultades. En el resto del continente, ya desde el siglo XV se había extendido el hábito de iniciar la excavación desde una ladera y horadar el tunel con una ligera pendiente hacia arriba. Se accedía a las menas *«desde abajo»*, a fin de facilitar las tareas de desagüe y extracción. Un costoso andamiaje de madera revestía los tramos susceptibles de derrumbamiento. Las galerías inclinadas de drenaje se practicaban en las minas de Devon desde 1197, donde los mineros podían trabajar sin temor a las precipitaciones.

La Europa renacentista introdujo numerosas mejoras en la explotación de minas. *«No había teoría [...], sino sencillamente descripciones de las cosas que funcionaban; la ingeniería de minas era ante todo un conjunto de conocimientos prácticos.»*¹⁵² El drenaje, la ventilación, la extracción de

¹⁵⁰ Labayru, *op. cit.*, p. 586.

¹⁵¹ Bowles, 1789³, p. 346.

¹⁵² J. Mokyr, 1993, p. 89.

las rocas, el triturado y lavado de las menas,... fueron las tareas que acapararon mayores novedades. Para los albores del siglo XVI se hallaban parcialmente mecanizadas.

La obra de Georg Bauer «Agricola», *De re metallica* (Basilea, 1556) describe muchos de estos dispositivos, reproducidos al detalle en sus numerosos grabados. Vannocio Biringuccio (*De la pirotechnia*, Venecia, 1540) había reivindicado la fuerza hidráulica para impulsar los ingenios mineros, con alivio del esfuerzo humano en las tareas de bombeo y traslado de mineral arrancado. Estos tratados no han de ser interpretados como testimonio de prácticas habituales. Una maquinaria tan complicada como la descrita en sus páginas requería fuertes inversiones y mano de obra capacitada para su manejo. No obstante, la influencia de toda esta literatura es innegable en la mejora de los rendimientos que se observa en las tareas extractivas entre los siglos XVI y XVIII. Es en esta época cuando comienzan a aparecer talleres que disponen de mazos y muelas accionadas con mecanismos para la trituración del metal.

Un progreso tecnológico como el descrito en las líneas precedentes exigía vastas inversiones por parte de las empresas mineras europeas. Era preciso el aval de una organización financiera que garantizase los capitales necesarios para el mecanizado de las operaciones.

Pero regresemos a la Bizkaia del Antiguo Régimen. El mineral se arranca con la ayuda de picos, cuñas y azadones. La expansión de la pólvora en Occidente facilitó las actividades extractivas, aunque en Somorrostro se recurriese a ella «*rara vez*»¹⁵³. Se aplica al modo en que se usa en las canteras. Una vez abierta una galería, la falta de profesionalidad es la principal causa de los accidentes.

La excavación más profunda no supera los 50 pasos. Las galerías horadadas resultan, no obstante, desproporcionadas respecto a la firmeza del terreno, lo que provoca los derrumbamientos y numerosas desgracias personales. Elhuyart denuncia la temeridad de los naturales:

«[...] aunque conozcan que tienen sobre su cabeza un peñasco, que al menos pensar dará por tierra, confiados en que no sucederá en las horas de trabajo, ó que el ruido que haga al desgajarse les avisará y dará lugar para alejarse, sin que las repetidas catástrofes ocasionadas por esta confianza, puedan servirles de desengaño y escarmiento, [...]»¹⁵⁴.

La escasa rentabilidad de las explotaciones impiden el recurso a obras costosas de andamiaje, como maderámenes o mampostería. El sostenimiento de las bóvedas se realiza por medio de pilares del mismo mineral, que se reservan exclusivamente para el apuntalamiento. Este sistema pre-

¹⁵³ Según afirma Ignacio Goenaga en 1882.

¹⁵⁴ *Extractos... 1783*, pp. 103-4.

senta dos inconvenientes. Dado el caos en el que se desenvuelven las explotaciones, en ocasiones los mineros no respetan las columnas de sujeción, y los techos ceden. En segundo lugar los hundimientos así provocados inutilizan buena parte de los yacimientos.

Fuera de las pérdidas humanas, los encartados apenas lamentan estos derrumbes dada la gran facilidad de la que gozan para emprender nuevas extracciones. Relata Ignacio Goenaga que *«no les importaba gran cosa que se perdiera buena parte de éste [de mineral], ni de la misma venera, porque la abandonaban y se iban a buscar fortuna a otro lado.»*¹⁵⁵

En cada mina operan de tres a cinco hombres alternándose en las labores de arranque y extracción. Puede tratarse de los mismos dueños; o de trabajadores contratados por aquéllos. La jornada es de cuatro horas, dividida en mañana y tarde. Los hombres comienzan la tarea hacia las 8'30-9'00 h. Las caballerías suben dos horas después. Recogen la vena y la conducen a la costa por malos caminos carretiles. A las 14 h. se repiten las mismas operaciones. A media tarde se da por concluída la jornada.

El margen de trabajo se encuentra supeditado al medio de transporte: el producto extraído durante dos horas es la carga máxima que admite el carro que ha de evacuar el mineral hasta el puerto. Esta circunstancia constituye el criterio principal de organización de la jornada. La productividad media diaria por sacador se calcula entre 14 y 16 Q machos (esto es, 208 libras), que es el equivalente a 8 cargas de caballería. La temporada de prolonga de mayo a octubre. Deducidas las festividades de precepto, el número de días laborables al año se estima en unos 140¹⁵⁶.

El acarreo no es una tarea especializada, sino que son los mismos campesinos de las inmediaciones quienes ponen sus medios. Tal servicio les reporta un ingreso suplementario a la economía doméstica, sin necesidad de abandonar las faenas agrícolas; de ahí la precariedad de su oferta. Las deficiencias estructurales del servicio llegan a duplicar el costo de la carga en el trayecto que media entre las minas y el puerto.

La mayor parte del mineral extraído es expedida por mar hacia las provincias limítrofes. Sólo una pequeña proporción se carga en recuas para abastecer los establecimientos del entorno. Las ferrerías lo elaborarán en solitario o en compañía de otros minerales locales.

La venta tiene lugar en el mismo monte, cotizándose la carga según el tamaño de los pedazos¹⁵⁷. Los encartados obtienen una escasa rentabilidad de la explotación de sus minas.

¹⁵⁵ 1882, p. 56.

¹⁵⁶ Cálculo de W.F. von Humboldt, recogido por R. Uriarte Ayo, 1988, pp. 47-8.

¹⁵⁷ En 1783, la carga en trozos gruesos se cotiza a 1 real de vellón; y a 2 cuartos, si éstos son menudos.

El beneficio bruto diario de un obrero que produce 8 cargas es de 8 reales diarios. Su jornal se estima en 5 reales. De los 3 reales restantes, el dueño de la mina debe costear las herramientas y la pólvora, los bueyes y su mantenimiento. La distinción que media entre los propietarios de la mina y los jornaleros en términos pecuniarios se difumina: «y no hay *exemplar que haya hecho alguno caudal en estas empresas.*»¹⁵⁸

No parece que la actividad minera de las provincias limítrofes presente más diferencias que las impuestas por su escasez, pobreza y localización. El panorama que describe Iztueta para Gipuzkoa podría responder también al paisaje vizcaíno:

*«En las montañas de esta provincia, se ven hombres de intervalo en intervalo, acá y allá, extrayendo metales de alto valor de las bocas de minas profundas y que inspiran temor, [...]»*¹⁵⁹

La minería navarra medieval pudo haber conocido una fuerte influencia germánica de la mano de mineros alemanes llamados por los monarcas de este Reino¹⁶⁰. En 1392 estos profesionales efectuaron un reconocimiento de las minas de Unobi, Oroz, Betelu, Lesaca, Bera y Beruete. Se sabe también de dos minadores alemanes que se hallaban al servicio de Carlos III en 1395.

La inferioridad manifiesta del mineral proporcionado por los cotos navarros y guipuzcoanos obliga a las ferrerías a emplear materia prima de Somorrostro¹⁶¹. En estos establecimientos se procede a combinaciones «económicas» con el mineral autóctono. La Ferrería de Bengolea, en Legazpi, labra una mezcla de mineral procedente de Somorrostro y Mutiloa. El metal resultante es «*terso y hermoso a la vista*», y goza de gran estima en el mercado francés, donde encuentra su principal salida. Los naturales, en cambio, prefieren las manufacturas confeccionadas con materia prima de Somorrostro, sin mezclas¹⁶².

El abastecimiento de la materia prima vizcaína anima un intenso tráfico marítimo, fluvial y terrestre, en el que nos detendremos más adelante.

¹⁵⁸ Elhuyart, *op. cit.*, p. 106.

¹⁵⁹ *Historia de Guipúzcoa*, p. 63.

¹⁶⁰ Este extremo ha sido soslayado por Yanguas Miranda, T. II, p. 325.

¹⁶¹ De la vena que procede exclusivamente del subsuelo de Gipuzkoa, p. ej., se obtiene un hierro «*algo más duro y brincoso*». En cualquier caso, es de mejor calidad que el hierro de factura extranjera, a decir de Larramendi (1985, p. 60). Dada la fecha en la que escribe el jesuita (el manuscrito data de 1754), probablemente se refiera al hierro colado de los altos hornos. Larramendi especifica que las ferrerías que carecen de comunicación fluvial y se hallan en lugares de difícil acceso se ven obligadas a trabajar exclusivamente con el mineral autóctono.

¹⁶² La preferencia es manifiesta en algunas aplicaciones determinadas, como las herraduras. RSBAP, *Extractos...*, 1775, pp. 56-7.

IV.2. El carboneo

El carbón vegetal es el fruto de la destilación de la madera. Se obtiene de su calentamiento gradual, fuera del contacto con el aire. En el proceso las impurezas volátiles asociadas al carbono de la madera se eliminan. El peso y volumen del producto disminuyen notablemente, pero aumenta el poder calorífico. Si el de la leña de partida es de 3.000 calorías, éste aumenta hasta 8.000 finalizado el tratamiento. Gracias a su aplicación en los antiguos fogales la paleometalurgia alcanza su temperatura más elevada, hasta 1.300 °C.

Un carbón vegetal de calidad se identifica por su fractura brillante, su dureza y sonoridad. Es de color negro azulado y conserva la forma de las maderas de origen. Cuando arde, lo hace sin humo y apenas si presenta llama.

Hasta la «Revolución Química» de fines del siglo XVIII, el hombre no comprendió la doble función del carbón vegetal en el proceso: combustible y agente reductor¹⁶³. Pero se conocía su eficacia por la experiencia de centurias atrás. De ahí su empleo sistemático, con el aval de generaciones de ferrones, para fines de tostado y refinado.

La época de carboneo coincide con el estiaje. Durante estos meses, muchas ferrerías permanecen paradas, obligadas por el reducido nivel y potencia de las corrientes fluviales. Es la ocasión propicia para aprovisionarse de combustible para la próxima temporada. Por otra parte, las mismas condiciones meteorológicas que condenan al paro a los ingenios hidráulicos hacen más llevadero el trabajo del carbonero, expuesto a la intemperie en los claros de los bosque¹⁶⁴. Pero estas prácticas están sujetas a una gran variabilidad que obedece a las costumbres de cada lugar.

El proceso da comienzo con el corte y aprovisionamiento de la leña que ofrecen los bosques inmediatos. Ya en la Edad Media se observa la precaución de hacer la tala durante los meses de otoño e invierno (de octubre a enero; en ocasiones, incluso, hasta fines de marzo)¹⁶⁵. De este modo toda la madera se halla dispuesta para el comienzo de las labores propiamente dichas. Esta precaución evita, además, que el hombre interfiera en el ciclo natural del bosque: al término de los primeros meses del año los nuevos brotes ya han comenzado a despuntar.

Para conocer los detalles sobre la elaboración los estudiosos se detienen a observar a los carboneros que han trabajado hasta fechas recientes.

¹⁶³ Véase la Introducción.

¹⁶⁴ Los labradores de la zona de Bajauri, Obecuri y Urturi, p. ej., que surtían a la fábrica de Araya, comenzaban las tareas de carboneo en abril. Las prolongaban todo lo que el tiempo lo permitía, generalmente hasta el mes de noviembre. González Salazar, 1969-1970, p. 51.

¹⁶⁵ Observado por L.M. Ecenarro en uno de los contratos del Archivo de Protocolos de Oñate. 1996, p. 122.

Díez de Salazar afirma que sus técnicas apenas han variado de las practicadas por sus ancestros medievales.

El terreno escogido para levantar una carbonera es llano, a fin de que el fuego que se le aplica más adelante arda lo más homogéneamente posible¹⁶⁶. Se localiza en lugares al resguardo de los vientos, cerca de algún regato. La leña se trocea en fragmentos reducidos. De este modo se facilita su apilamiento en la forma más ajustada posible, sin dejar huecos. Toda ella se amontona a modo de cono. Los pedazos más finos se dejan para la superficie, con el fin de igualar en lo posible el relieve que dejan los más gruesos.

La carbonera («*pira*», «*txondorra*» o «*txondarra*» y sus múltiples variantes) se cubre con brezo, musgo u hojas de árboles (roble o haya, dependiendo de la vegetación del entorno), y finalmente se le añade un manto de tierra¹⁶⁷. Así dispuesta, se procede al encendido. Presenta un agujero central, desde el vértice hasta la base, por el que se introduce el fuego hasta el fondo. A continuación se tapa el hueco con leña menuda («*betagarri*») hasta arriba. Esta columna central es lo primero que se cuece. El carbonero debe permanecer atento para añadir más leña a medida que se consume, pues es preciso reponer el nivel continuamente.

Una vez que el fuego ha ascendido hasta la cúspide del cono por la columna de betagarri, comienza a cocerse el resto. La combustión sigue ahora un trayecto en dirección contraria, de arriba abajo, hasta alcanzar de nuevo la base. El carbonero va abriendo y cerrando orificios, siguiendo el nivel descendente del fuego.

La quema finaliza cuando retoma el suelo. Se retira la capa de tierra y se substituye por una nueva, en esta ocasión sin el aislamiento vegetal, con el fin de apagar la carbonera y enfriarla. La maniobra se repite tantas veces como sea necesaria. Transcurridas 24 horas el carbón se encuentra listo para ser retirado. Se saca con un gancho y es arrastrado sobre una escuadra. El conjunto de la operación puede prolongarse varios días, dependiendo del tamaño de la carbonera.

Este método apenas extrae un 18 por ciento del carbón contenido en la madera¹⁶⁸. La productividad guarda, según estos cálculos, una proporción de 5 a 1.

¹⁶⁶ Existen numerosas versiones recogidas por etnólogos e historiadores. El citado L.M. Díez de Salazar, p. ej., se basa en los trabajos de Serafín Argai y Henri Landrin sobre el carboneo navarro. Carmelo Urdangarín et al. (1994) nos ofrecen una versión menos técnica pero muy humana. En las líneas siguientes ofrecemos la descripción de González Salazar (1969-1970, pp. 51-2), acerca del carboneo en Araba y Treviño (Urturi, Bajauri y Obecuri). No difiere en esencia de las anteriores.

¹⁶⁷ Urdangarín et al. calculan unas dimensiones de 1'60 m. de alto por 4 ó 5 de diámetro en la base.

¹⁶⁸ Múgica, Arocena, 1930, pp. 422-3, y Díez de Salazar, 1983. Éste calcula que 1 carga de carbón equivale a 4 sacos de 35 a 40 Kg. cada uno. Y cada carga equivale a 160 Kg. (p. 136).

Para una txondarra de 5 m. en la que se invierten 32.000 Kg. de leña, González Salazar calcula un producto de 50 «*cargas*»; esto es, 6.400 Kg. de carbón.

El ferrón contrata el aprovisionamiento del combustible. Estipula las condiciones con el carbonero y compra porciones de cortaduras en el monte. El carbonero se encarga de cortar la leña, acarrearla, reducirla a carbón y conducirla a la ferrería a lomos de animales¹⁶⁹. En el valle de Mendaro es frecuente el contrato «*a media vena*»: el ferrón paga al carbonero el servicio y la mercancía, pero le reserva una carbonera en su ferretería para que también pueda beneficiar hierro.

Otras modalidades contractuales menos frecuentes son las asociaciones de aquél con vecinos que aportan el combustible. A cambio, el olagizon les ofrece una participación proporcional en el hierro labrado.

Existen testimonios dispares y contradictorios acerca del carbón consumido por una ferrería. Díez de Salazar calcula que las 110 ferrerías labrantes de los siglos XIV y XV en Gipuzkoa consumían 66 millones de Kg. de carbón. Para los siglos posteriores, en los que estos establecimientos se especializan en «mayores y «menores», es preciso puntualizar el consumo diferenciado por cada uno de ellos. J.I. de Iztueta apostilla que las ferrerías mayores invierten 5 cargas de carbón por cada quintal de hierro. L.M. Ecenarro distingue 3 cargas de carbón invertidas por cada Q. de hierro labrado en ferrería mayor; frente a los 5 Q. que «achica» un martinete consumiendo el mismo número de cargas¹⁷⁰.

El producto final de las txondorras supone una quinta parte del peso original de la leña empleada, por lo que hay que quintuplicar las cifras expuestas para evaluar, aunque sea muy groseramente, el consumo de madera por cada ferrería. La clase de madera introduce otra variable que no conviene descuidar. Labayru puntualiza que las cargas de carbón vegetal invertidas para la obtención de un Q. de hierro son 5, si son de castaño; y 4 cargas y media si son de roble, haya o encino.

IV.3. La silvicultura

El oficio de leñador, «*basoko mutilak*» o «*mendiko langileak*», ha tenido una particular importancia entre los jóvenes «segundones» de los caseríos, privados de la herencia de casa y tierras, necesitados de empleo para sobrevivir. Suelen combinar su tarea con otros quehaceres apropiados, como la elaboración de carbón vegetal.

En muchas ocasiones son, pues, los mismos carboneros quienes se proveen de la leña necesaria para atender sus pedidos; especialmente los destinados a las ferrerías. Porque, como explica Peru Abarka:

¹⁶⁹ Así lo deduce L.M. Ecenarro (1996, p. 122) de la lectura de numerosos contratos conservados en el Archivo de Protocolos de Oñate.

¹⁷⁰ Para el siglo XVIII, véanse las tablas de consumo y coeficientes incluidos por R. Uriarte Ayo en 1988, cap. III.

«Todos [los árboles], fuera de algunos pocos que se necesitan en las cocinas, se convierten por así decirlo en hierro e introducen mucha plata y oro.»¹⁷¹

Las necesidades industriales (Metalurgia, Siderurgia, construcción,...) sometieron al bosque a una intensa depredación desde tiempos remotos. Las instituciones administrativas de los territorios históricos se preocuparon, ya en la Edad Media, de regular su uso. La Ordenanza de la Hermandad de Gipuzkoa de 1457, p. ej., es una de las más antiguas de Europa en materia de repoblación forestal.

El temor a una degradación irreversible y la búsqueda de una máxima rentabilidad fomentó entre los naturales una larga tradición sobre su cuidado.

«Los habitantes de él [País Vasco] entienden el cultivo de los árboles mejor que otros ningunos de España, porque la práctica y las experiencias antiguas han ido formando una especie de tradición.»¹⁷²

Los visibles signos de esta dedicación llaman la atención de cuantos viajeros la contemplan a su paso por el montuoso territorio. Alexandro Laborde lo describe en 1809 del siguiente modo:

«Las montañas de Vizcaya son tan hermosas como pintorescas, estando cubiertas de árboles y bosques tallares, a excepción de las partes que se cultivan. Críanse naturalmente muchos árboles y arbustos, pero la mayor parte son el producto del afán industriales de los vizcainos.»¹⁷³

La silvicultura rinde numerosos beneficios, particularmente la de hayas, nogales, robles y castaños. Las tres primeras especies son muy apreciadas por la construcción naval. El nogal se emplea también por la Real Fábrica de Placencia en la confección de cajas de escopetas. Robles y castaños constituyen las especies más solicitadas para la confección de carbón vegetal.

En el apartado dedicado a los montes vascos en su *Historia Natural*, Bowles distingue 3 clases de bosques en función de su régimen de explotación. Los naturales escasean, como lo confirma el testimonio de Laborde para un siglo después. Las modalidades de mayor proyección económica son las «sebes» o bosques acotados, destinados a ser talados por la cepa; y las repoblaciones de castaños y robles albares que crecen en parajes abiertos¹⁷⁴.

¹⁷¹ Ed. bilingüe realizada por Resurrección M.^a de Azkue, Bilbao, 1970², p. 85.

¹⁷² Guillermo Bowles, 1789³, p. 354.

¹⁷³ 1816, p. 302.

¹⁷⁴ Para profundizar acerca de los tipos de bosque, véase L.M. Díez de Salazar, 1983, T. I, pp. 141-144. En el texto hemos elegido el testimonio de Bowles por ser coetáneo a la problemática que abordamos más adelante, cuando se plantea la alternativa del coque respecto al carbón vegetal. Véase capítulo V.2.1.

La Marina comparte con los ferrones su interés por el bosque. La primera presta atención a los ejemplares bravos, «*que así se llaman los que se dejan crecer hasta que se hagan oportunos para vigas grandes, frontales de edificios, husos de herrerías y para palos necesarios para la construcción de navíos; no se les hace corte alguno en sesenta, ochenta y aun en cien años, según fuere el terreno.*»¹⁷⁵ Su altura y rectitud es idónea para transformarlos en mástiles, vigas y tablazón. Tampoco desprecia troncos y ramas de otras formas y calidades, que aprovecha para diversas piezas de la carpintería de ribera.

Los carboneros recurren al trasmucho. Consiste en el descabezamiento y tala periódica del árbol a unos 3 ó 4 m. del suelo; en ocasiones a menor distancia. Las frondosas así cortadas vuelven a rebrotar y desarrollan un ramaje joven a partir de sus yemas adventicias o durmientes. Hayas, castaños y robles sometidos a este tratamiento ofrecen excelentes rendimientos.

La coincidencia de criterios dispares sobre la explotación del bosque ha propiciado múltiples encuentros¹⁷⁶. Los visitantes de montes de la Marina realizaban inspecciones periódicas por los montes del país. Durante su reconocimiento marcaban los árboles de los que saldrían algunas de las mejores naves de la Armada española. Ignoraban los trasmuchos por su inutilidad evidente para tales fines. Esta circunstancia ha inspirado no pocos episodios de picaresca: muchos de los lugareños, comprometidos en la prosperidad de las herrerías o de otras industrias rurales, procuraban sustraer del control real la mayor porción de arbolado posible.

La construcción de bajeles alcanza particular intensidad en el siglo XVIII, de la mano del relanzamiento naval español emprendido por los Borbones. Felipe V y sus sucesores se proponen dotar al Estado de una Marina competitiva, objetivo para el que no escatiman recursos. La Armada tiene sus miras puestas en los bosques cantábricos. En última instancia su interés revierte en beneficio de la silvicultura, puesto que aporta el respaldo de la Monarquía a las iniciativas de repoblación y conservación forestal.

En este sentido las disposiciones destinadas a garantizar el suministro a los reales astilleros y arsenales son discriminatorias respecto a las prácticas carboneras¹⁷⁷. Imponen una estricta vigilancia sobre las plantaciones, cría y conservación de las especies arbóreas, así como sobre todo lo concerniente a su tala.

La prepotencia real en la regulación del uso forestal halla su reverso en el momento de la compraventa. La normativa foral contempla distintos precios de venta para la madera procedente de los montes comunes o concejiles, según sea su destinatario. Y fija cantidades sensiblemente su-

¹⁷⁵ M. de Larramendi, 1754, p. 50.

¹⁷⁶ Para una visión general acerca de la confluencia de intereses explotadores sobre el bosque, véase A. Aragón Ruano, 1996.

¹⁷⁷ Para más detalles, véase Lourdes Odriozola Oyarbide, 1998, pp. 243 y ss.

periores a la Corona respecto a otros clientes, como, p. ej., los mismos vecinos¹⁷⁸.

A lo largo del Antiguo Régimen el bosque natural cede posiciones frente al cultivado por el hombre. Las repoblaciones se efectúan con arbolillos nacidos y criados en viveros para su posterior trasplante. Los ejemplares más apreciados por los carboneros son, precisamente, los plantados por la mano del hombre: el roble albar y el castaño. Los habitantes del país desarrollan esta especialidad, que abarca también otras técnicas como la de semilleros, injertos,... Los procedimientos descritos por Villarreal de Bériz y Bowles en el siglo XVIII muestran el dominio que alcanzan en tales materias.

Una de las tareas emprendidas por Pedro Bernardo Villarreal de Bériz cuando se hace cargo del conjunto fabril de Bengolea consiste en la repoblación de los montes del coto, a la sazón despoblados. Para 1729, ha plantado 30.000 árboles. En aquella misma fecha, disponía de viveros provistos de entre 25.000 a 30.000 ejemplares de cajigos preparados para su trasplante.

Los viveros en los que crecen juntos roble albar y castaño son más productivos que los dedicados a una sola especie. De ahí la frecuencia de las repoblaciones mixtas de frondosas. Del mismo modo, la experiencia demuestra que la alternancia de ambas en un mismo terreno de cultivo mejora su crecimiento. Allí donde se arrancó un roble, prende mejor un castaño; y viceversa.

Los árboles destinados al carboneo se trasplantan a monte abierto hacia los 8 ó 10 años. A esta edad, los ejemplares alcanzan unas dimensiones que garantizan un buen arraigo y les permite defenderse de la acción depredadora de la fauna. Una vez plantados los arbolillos en su lugar de destino, se les corta la copa (trasmochado) y se les rodea de arbustos espinosos. Esta última precaución impide que el ganado se arrime y los dañe.

Durante los años siguientes se procede a las tareas de poda e injerto. Las indicaciones al respecto se hallan rigurosamente pormenorizadas. Los cortes a los que se someten los trasmochos son periódicos, de tal modo que permiten aprovechar su madera en vida del árbol, sin aguardar a su tala final; lo que es tanto más interesante por cuanto nos hallamos ante especies longevas. Esta práctica permite obtener leña abundante de un mismo ejemplar de cuatro a seis ocasiones a lo largo de su vida.

Una planificación adecuada de las arboledas garantiza el suministro regular de madera. Explotada de este modo la superficie forestal multiplica su capacidad de producción, pudiendo dar satisfacción a la demanda de las ferrerías y otras actividades rurales. Los ejemplares cuidados con corrección incrementan su productividad hasta los 70 u 80 años y decae a

¹⁷⁸ *Ibid.*, p. 279.

partir de los 90 ó 100. Es el momento de proceder a su desarraigo y sustitución por jóvenes¹⁷⁹.

Algunos castaños crecen tan altos y derechos, a pesar de haberseles cortado la guía, que sus dueños rectifican su destino y los venden al ramo de la construcción. Los robles adultos se podan cada 10 años; y cada 20 los castaños. Si se espacia más la poda, el carbón resulta muy duro, así como el hierro que trata. En la segunda mitad del siglo XVIII la periodicidad de los cortes se reduce notablemente debido a la carestía de carbón vegetal. En los montes de San Julián de Múzquiz que abastecen a la ferretería del Poval, p. ej., el margen de espera es de 7 años, cuando en fechas anteriores alcanzaba hasta los doce¹⁸⁰.

IV.4. Transporte y comercio

Con ocasión de la exposición acerca de la minería hemos tenido oportunidad de asistir a algunas de las tareas de acarreo nacidas a su sombra. Mencionábamos las recuas que subían al pie de las minas para ser cargadas con el mineral y bajarlas a los puntos de embarque costeros.

Galindo y Causo eran los fondeaderos más concurridos. A ellos llegaba la mayor proporción de las extracciones efectuadas en el coto de Triano, salvo la de su extremo occidental, que hallaba salida por Musques. El producto de Matamoros, Orconera y Saralejo se embarcaba en Ugarte.

Las dificultades que algunos de estos puntos presentaban al acceso de los bajeles obligaba a recurrir a gabarras. Éstas cargaban el mineral depositado en el litoral hasta la confluencia del Nervión con el Galindo. Allí se localizaba el fondeadero del Desierto o San Nicolás, donde acudían las naves marítimas. Una vez cargadas, retomaban la costa y lo distribuían por el litoral.

Hasta la Baja Edad Media, la comercialización de la materia prima incluía plazas extranjeras. En tanto hubo libertad de exportación en el Señorío, Somorrostro conoció épocas de explotación que superaban las posibilidades labrantes de las ferrerías vascas; tal era la demanda proveniente desde el mercado europeo.

La casa Salazar, p. ej., gozaba de la propiedad de grandes heredades en el criadero. La familia obtuvo permisos de los reyes castellanos para comercializar el mineral en cualquier plaza ultramarina. La ausencia de una prohibición expresa en la legislación vigente facilitó las repetidas renovaciones del privilegio. La exportación se dirigía principalmente a

¹⁷⁹ G. Bowles, 1789³, p. 358.

¹⁸⁰ R. Uriarte Ayo, 1988, pp. 95-6. Incluye la relación de 16 localidades. En todas ellas, los plazos de trasnochado son inferiores a los descritos anteriormente. La mayoría lo hace cada 7 u 8 años.

Fuenterrabía y Sur de Francia (puertos de San Juan de Luz, Bayona y Capbreton). Desde allí, el hierro era distribuido por las ferrerías de Gascuña y Laburdi.

Los dueños de las ferrerías del Señorío siempre se opusieron a la saca de hierro, que dejaba sin materia prima a sus propios establecimientos. La Baja Edad Media (siglos XIV y XV) conoce una variedad de disposiciones contradictorias respecto a la saca de vena. En 1499, una pragmática de los Reyes Católicos marcará la orientación de la actividad comercial en un futuro. A petición del Señorío, la exportación queda prohibida; pero se permite la de mineral labrado¹⁸¹.

A partir de estas fechas, el circuito de las menas vizcaínas se redujo principalmente a las ferrerías del País Vasco. En 1773, p. ej., la ferrería de Bengolea, en Legazpi, labra una media de 43 Quintales semanales. En ocasiones alcanzan los 46 Q. El hierro producido presenta una gran maleabilidad y limpieza. A decir de los oficiales empleados en el establecimiento, estas características son debidas a la calidad de la materia prima, una mezcla de mineral de Somorrostro con el de Mutiloa.

IV.4.1. *Rutas de comercio interior*

La regularidad del suministro quedaba establecida por contratos con los bajeleros. En el siglo XVI, los barcos especializados en el transporte eran de hasta 300 Tm. y recibían la denominación de «*Chanuqueros y Zabras*»¹⁸². Llevaban cargas de entre 700 y 800 Quintales. Cálculos de Uriarte Ayo para el año 1791 arrojan una media de 450 Q. por viaje y embarcación, con máximos de 1850 Q¹⁸³.

El mineral era descargado en los embarcaderos, desde donde era conducido por naves apropiadas («*alas*» o «*gallupas*») río arriba, hasta los puertos fluviales. La orografía o la mano del hombre determinaba la longitud del trayecto a salvar hacia tierra adentro. Por lo general, su fin estaba marcado por el inicio de los apresamientos levantados por las mismas ferrerías.

Los tramos navegables de los ríos se convirtieron en activos senderos comerciales. La ría del Nervión era remontada hasta la rentería de Achuri (Bilbao), donde el mineral pasaba a lomos de caballerías o carros. Desde allí, se distribuía entre los establecimientos ferreros del Duranguesado, valle de Arratia, Orozco y algunas ferrerías alavesas.

En territorio guipuzcoano este transporte penetraba por la desembocadura del río Urola y salvaba la distancia que mediaba con Bedua, en el límite de Zumaia con Zestoa. En el puerto y casa de Bedua la ruta fluvial dejaba de ser

¹⁸¹ Todavía en 1503, una sobrecarta de Isabel redonda sobre este tema en términos similares, con el fin de frenar el contrabando de hierro.

¹⁸² Según testimonio de Pedro de Medina, 1548, fol. 129 vto.

¹⁸³ 1988, pp. 58 y ss.

practicable. Las cargas eran trasladadas a los carros, que las transportaban hasta los mismos establecimientos. Este trayecto permitía surtir a las ferrierías de Iraeta, Lasao, Azpeitia, Azcoitia y toda la jurisdicción.

Alzola, en el valle del Deva, era el principal embarcadero y final de ruta. Un dinámico tráfico animaba su puerto, que distribuía la mercancía hacia Elgoibar y otras villas de los alrededores. Las ferrierías de Lasarte y Andoain se aprovechaban del tramo navegable del Oria, por Orio hasta Usúrbil. Las del Urumea se abastecían de la materia prima desembarcada en San Sebastián. Era transportada en alas más de dos leguas río arriba, hasta Ereñozu. Desde allí, se conducía con caballerías a Picoaga.

Los muelles de Capuchinos y Rentería, en la bahía de Pasajes, ofrecían otros tantos puntos de embarque para las ferrierías de su área. Las naves penetraban también por el Bidasoa para remontar el valle y adentrarse en Navarra.

Las cuencas gozaron de momentos álgidos en los siglos XVI y XVII, a tenor del incremento del tráfico con destino al Nuevo Mundo. El buen funcionamiento de las comunicaciones fluviales garantizaba el suministro de materia prima y la posterior salida de manufacturas. La acomodación de las infraestructuras o la mejora de las ya existentes supuso una preocupación constante para los mismos concejos municipales. El tránsito causaba gran mella en los caminos, que se deterioraban con el intenso tráfico. Su mantenimiento supuso una preocupación constante.

Los barcos de mineral vizcaíno alcanzan Bayona y San Juan de Luz. Desde estos enclaves, las cargas remontaban el curso de los ríos Adour, Nive, Nivelles y Bidouze en barcazas hasta alcanzar las tierras boscosas que albergaban las factorías. La ferriería más septentrional de Benabarra parece ser la de Came, en el bosque de Mixe (a 4 Km. de Bidache). Disponía de un embarcadero, el punto fluvial más remoto al que llegaba la vena depositada en Bayona.

Las alas o gallupas eran las embarcaciones características del tránsito fluvial. Su primera mención se remonta la Fuero de las Ferrerías de Elgoibar de 1335. Ignoramos si la duplicidad de denominaciones que reciben corresponde a un sólo modelo o si hace referencia a dos tipos diferentes. Eran alargadas y estrechas, para salvar con facilidad aquellos tramos en que la corriente circulaba con rapidez. Esteban de Garibay las describió «*al modo de las gondolas venecianas*;»¹⁸⁴ otras referencias especifican que la era quilla plana.

Las alas que navegaban en el Deva en el siglo XVII tenían una capacidad de carga equivalente a la de 7 u 8 caballerías; esto es, hasta 15 Quintales¹⁸⁵.

¹⁸⁴ 1628, Libro XV, cap. X, p. 338.

¹⁸⁵ Datos procedentes del *Libro de Caminos* del Archivo Municipal de Deva, recogidos por Urdangarín et al., 1996, pp. 202-4.

Sus dimensiones eran de 1 m. de manga por 8 de eslora. Su calado era de unos 20 cm. Para los tramos que oponían mayores dificultades a la navegación, se reservaban unas pequeñas embarcaciones, «chanelas», que eran empujadas por los mismos hombres sumergidos en el agua.

Los galluperos se servían de una pértiga para impulsar el movimiento. Las alas les arrastraban desde ambas orillas del río, sobre todo cuando viajaban a contracorriente. Éstas tiraban de la embarcación con la ayuda de tracción animal. Discurrían por caminos ribereños y, en algunos tramos, por acequias, según se deduce de algunas citas documentadas. El Fuero de Ferrerías de 1335 otorgado por Alfonso XI a las de los valles de Lastur, Mendaro y Ego fijaba la obligación de respetar las veredas que bordeaban los lechos fluviales para el paso de los bueyes o caballerías que tiraban de las naves.

El movimiento de mercancías era cubierto por los lugareños, quienes también ejercían de intermediarios entre los mercaderes del interior y los maestros de los bajeles que transitaban por las costas.

Las cargas tenían como destino los embarcaderos río arriba. Pero no siempre conseguían llegar intactas. Solían sufrir percances en el trayecto. En ocasiones, los carreteros de ferrerías lejanas salían a su paso en plena ruta¹⁸⁶. Detenían la embarcación en un meandro del río u otro tramo que se prestara al asalto. Actuaban preferentemente por la noche. Obligaban a descargar el mineral en la misma orilla, sin respetar necesariamente la parte que correspondía a otros establecimientos.

La impaciencia de quienes así procedían se explica en parte por la necesidad de asegurar un abastecimiento rápido y eficaz de materia prima a las áreas remotas. En el puerto de Alzola, p. ej., estaban prohibidas las labores de carga y descarga tras el toque de oración hasta el amanecer. Estas horas suponían un retraso añadido al ya dilatado plazo que debían aguardar los talleres de Eibar, Ermua, Oñate y Mondragón. Pero, además, la táctica del asalto les permitía eludir los cánones e impuestos percibidos en el momento de la descarga¹⁸⁷.

El flujo comercial incluía la distribución mercantil de bienes de ida y vuelta. Las gallupas retornaban a la costa cargadas principalmente de manufacturas de hierro, obra de las factorías del lugar. Les acompañaban fardos de lana castellana, madera, carpintería, trigo de la Meseta,...

El mineral depositado río arriba llegaba hasta las ferrerías del interior a lomos de caballerías o en carros. Se trataba de las mismas recuas que horas antes habían partido con los tochos y manufacturas para su depósito y embarque. Emprendían el viaje de regreso cargados con materia prima mineral, a la que guardaban los ferrones con impaciencia.

¹⁸⁶ A los que así procedían se les llamaba «*buyteros*», según constan en el Acta del Archivo Municipal de Elgoibar de 6-IX-1717.

¹⁸⁷ Véase L.M. Ecenarro, 1996, pp. 34-6.

El trasiego comercial se consolidó con la construcción de depósitos habilitados al efecto: las renterías y lonjas.

La prosperidad que animaba los puertos y las labores de carga y descarga incitó a los particulares que vivían en estos enclaves a la construcción de almacenes. Se trataba, por lo general, de casas de piedra sillar y numerosos vanos abiertos sobre la fachada que daba a la orilla, con hermosas balconadas en hierro¹⁸⁸. Estaban provistas de pescantes o máquinas que levantaban los fardos y los dejaban en sus espaciosas lonjas. Algunas de ellas disponían de edificios anejos para acomodar el género.

En estos establecimientos se depositaban las mercancías (mineral, hierro, acero, clavazón y ferretería...). En ellos tenían lugar las tareas de inspección, peso y medida. Los más importantes se localizaban en Achuri para Bizkaia; y San Sebastián, Hernani, Rentería y Alzola para Gipuzkoa. En estas plazas se concentraban mercaderes de diversas procedencias¹⁸⁹. Sus transacciones determinaban la geografía de la distribución de las manufacturas del lugar y les aseguraban salida en mercados lejanos, peninsulares, continentales o, incluso, ultramarinos.

Era habitual que los lonjeros combinaran sus actividades de medición y compraventa en el edificio a ello destinado con otras actividades lucrativas. Muchos de ellos se convirtieron también en mesoneros y ofrecían servicio de hospedaje. Los hay, incluso, quienes emprendieron negocios de mayor alcance y se involucraron en el comercio marítimo; o en la producción misma de hierro. Algunos lonjeros llegaron a ser arrendatarios de las ferrerías cuya producción comercializaban. Incluso poseían sus propios barcos.

IV.4.2. *Rutas internacionales*

En 1548, Pedro de Medina describe asombrado el intenso tráfico de mercancías que anima la villa de Bilbao. Nos la presenta como una plaza muy bien abastecida: «*Ay en ella contino pósito de trigo en tal manera que nunca siente hambre ni falta. [...] De vino es tan abastada [...] que se hallan en ella más de veynte diferencias de vinos de todas partes.*» También menciona frutas, carnes, pescados...¹⁹⁰

«En esta villa [prosigue Medina] es mucho el trato y mercaderías que por ella entran y salen en tal manera que lo que se trae de Flandes e Inglaterra y de Francia entra en Bilbao y de allí se lleva para muchos luga-

¹⁸⁸ Véase la descripción incluida en el Discurso preliminar de la primera Junta General Preparatoria de la RSBAP de 7-II-1765, p. 17, nota (b).

¹⁸⁹ Ecenarro reproduce la cita siguiente referente al tramo del río correspondiente al puerto fluvial de Alzola: «*porque hay en él mucha contratación de gente y de muchas naciones que acuden y es notorio.*» 1996, p. 33.

¹⁹⁰ Fol. 128 vto.

res. Y asimismo todas las mercaderías que de España salen para las dichas partes, de allí se cargan y llevan la mayor parte, [...]»

La prosperidad de la que gozaba la villa se refleja en la constitución de la Casa de Contratación de Bilbao, la más célebre institución de la villa. La eclosión del comercio a la que se sumó el País Vasco a fines de la edad Media es el reflejo de un amplio fenómeno internacional. A partir del siglo XV, Europa Occidental asistió a un despegue económico que la empujó hacia ambiciosas empresas para conquistar mercados cada vez más lejanos.

Son numerosos los factores que se dan cita para hacer posible esta realidad. Apela a cambios de mentalidad, como el experimentado por la Iglesia, que abandonó su antigua intolerancia respecto al intercambio oneroso; avances técnicos en el área de la navegación; una incipiente cobertura jurídica a las actividades comerciales y de servicios, como seguros y compañías; la aparición de grupos de individuos emprendedores, los comerciantes, con afán de lucro;...

Nautas y ferrones ofrecieron la réplica en tierra vasca al europeo moderno. Sus propias experiencias (periplos y fortunas) abrieron una brecha en la sociedad tradicional. Ellos fueron los agentes modernizadores que hicieron posible la integración del País Vasco en trepidantes carreras comerciales. Ambas figuras constituyen el mejor exponente del individuo que no se resigna al estrecho destino de su cuna y rango. Por contra, proyectaron una imagen de aventura, evocadora de promesas sugerentes de fortuna y riqueza. Su dinamismo precipitó la escisión de la sociedad vasca con las notas más oscuras de la herencia medieval. Ellos personificaron el espíritu empresarial y las notas más cosmopolitas del genio vasco.

Hacia el siglo XIII, Toulouse, La Rochelle y Normandía aprovisionaban al País Vasco de grandes cantidades de manufacturas metálicas (quincalla). A partir del siglo XIV, el flujo se invierte y el hierro vasco comienza a ser considerado en el mercado europeo. Se inicia la exportación de hierro y acero brutos. La industria transformadora cobra relevancia «in situ» de forma paulatina. Para el siglo XV, ya se ha ganado el prestigio internacional.

En los puertos vascos se embarcan lingotes, armas, municiones y artículos de ferretería. Todos ellos encuentran acomodo en las bodegas de los bajeles, junto a las manufacturas peninsulares (sacas de lana, velamen, fardos de seda y lienzos, vinos y frutos andaluces, salazones de pescado). La exportación se consolida durante el siglo XVI.

Las fórmulas más habituales de comercialización del hierro labrado eran el «*tocho*», el «*vergajón*» y la «*platina*»¹⁹¹. El primero correspondía a barras de una vara de largo (866 mm.) y 4 ó 5 onzas de grueso. El vergajón y la platina eran de sección circular; la segunda, algo más estrecha.

¹⁹¹ Para más detalle, véase L.M. Díez de Salazar, 1983, pp. 288-295.

Recibía la denominación de «*sotil*» el hierro más delgado de cada clase. Este adjetivo implicaba su paso por una ferrería menor para su adelgazamiento. Por lo general las piezas con estas referencias alcanzaban los precios más elevados. El «*cuadradillo*» era otra modalidad también muy fina. Consistía en barras de hierro forjado de sección cuadrada, de lado inferior a 0'2 cm. Se aplicaba en cerrajería y rejería.

En el siglo xv, las plazas mercantiles peninsulares por excelencia se localizan en Sevilla, Lisboa y Barcelona. En ésta última, los aceros vascos competían con el milanés. Pero su principal destino se localizaba en la fachada atlántica europea: los puertos de la Zelandia (Brujas, Amberes,...) e Inglaterra¹⁹². Los marinos vascos partían hacia el periplo atlántico cargados de lingotes, anclas y ferretería. Hacían escala en Bayona, La Rochelle, Saint Malo, Redon, Nantes, Dieppe, Rouen, Harfleur, Saint-Valery y la desembocadura del Somme...¹⁹³

Bayona se distinguía como centro redistribuidor del hierro vizcaíno y guipuzcoano. De ella salían lingotes y manufacturas hacia las costas francesa y británica; o se adentraban por rutas terrestres hacia el Béarn y la Baja Normandía¹⁹⁴. Una nueva ruta arrancaba desde La Rochelle para atracar en las costas de Irlanda y de Escocia. Los puertos normandos suministraban a la industria transformadora local. De Harfleur y Dieppe, el hierro viajaba hasta París. Pero parte se quedaba en la industria de la región, en forma de clavazones y cardas para sus ingenios textiles. Desde el Somme, el itinerario continuaba hacia la Picardía y Brujas. Las naves retornaban a puerto cargadas de aceite y grasa de ballena, bacalao, cuero de Moscovia, paños de Flandes, Inglaterra y Noruega, mercería francesa, trigo, brea y resinas que desembarcaban en Mutriku, Deba, Ondarru,...

Los nobles ferrones vascos acostumbraban a viajar a Sevilla para velar personalmente por la distribución de su hierro. Allí cargaban sus tochos, manufacturas y salazones con rumbo a América. Acudían de nuevo a la capital andaluza para recibir el convoy que regresaba de las Indias y cobrar los beneficios de sus negocios. Generalmente la familia señalaba a uno de sus miembros para que cruzase el Atlántico y comercializara las mercancías en el Nuevo Mundo. De este modo, además de velar por el patrimonio de la casa, podía emprender negocios sobre la marcha sin necesidad de intermediarios¹⁹⁵. Los segundones solían embarcarse también con

¹⁹² Véase capítulo V.4.

¹⁹³ El 95% del acero y el 90% del hierro que entró en el puerto de Nantes entre 1555 y 1567 era de procedencia vasca. Estudiado por M. Tanguy, recogido por J. Almunia, 1975.

¹⁹⁴ Más hacia el Este, el área de influencia del hierro vasco se desvanecía. Competía con el fabricado en Cousserans y Comminges; y aún con el procedente del Condado de Foix, uno de cuyos centros de redistribución se localizaba en Toulouse.

¹⁹⁵ Muchos de estos viajes, lejos de aportar riquezas suplementarias al mayorazgo, finalizaban dramáticamente. En ocasiones, la desproporción del riesgo que entrañaban estas aventuras daba al traste con la descendencia masculina de las familias. Véase, p. ej., la evolución de

otras miras, más aventureras, en busca de la fortuna que el régimen de mayorazgo les impedía heredar.

Un intenso correo comercial mantenía al olajaun al tanto de la marcha de sus negocios. En el dilatado plazo de espera que mediaba entre la partida y el regreso de la flota colonial, la economía doméstica de los olajaunes solía resentirse por falta de solvencia. Todos sus bienes se hallaban invertidos en la última carrera de Indias (además de los inmuebles del mayorazgo mismo). Desde Sevilla también se establecían tratos con Flandes e Italia, cuyos plazos de cumplimiento serían, a buen seguro, más breves.

El regreso de los galeones se celebraba como un gran acontecimiento, tal y como correspondía a su trascendencia económica. La llegada de un convoy americano a Sevilla era una noticia cuyos ecos se propagaban rápidamente al País Vasco. Con ellos no sólo llegaban los beneficios realizados en las transacciones; también lo hacían los miembros de la familia que habían permanecido en Colonias. Y si habían decidido prolongar su estancia en ellas, al menos enviaban noticias suyas. La percepción de las ganancias permitía al olajaun pagar los atrasos e invertir en la hacienda familiar para acrecentar su prosperidad. Compraba nuevas heredades o mejoraba las que ya poseía (casas, ferrerías y otras fábricas y edificios).

A medida que avanza el siglo XVI, se advierte un aumento de los comerciantes al cargo de las ferrerías¹⁹⁶. Este fenómeno responde al enriquecimiento de la élite mercantil, que diversifica sus inversiones e inicia su incursión en el negocio productivo. Posteriormente llegará a controlar todo el proceso (desde el abastecimiento de la vena hasta su exportación). Se gesta así la figura del ferrón-comerciante, que comienza a ser frecuente conforme nos acercamos al siglo XVII.

En el siglo XVIII, la disociación entre las figuras del dueño de la ferrería (olajaun) y la del ferrón que maneja el negocio (olagizon) es habitual. Los propietarios acostumbran a ausentarse. Arriendan el establecimiento y trasladan su residencia desde las inmediaciones de aquélla a un núcleo urbano, no necesariamente próximo. La frecuencia de la explotación indirecta del negocio del hierro es tal que el término «ferrón» se convierte, en la práctica, en sinónimo de «arrendatario».

Cuando el dueño reside en villas alejadas al establecimiento, el ferrón suele hacer las veces de administrador del conjunto de bienes raíces que integran el conjunto de la ferrería: casa solariega, heredades, bosques, molinos,...

El crecimiento de la actividad minera y siderúrgica precisa de sumas de capital que no siempre se hallan al alcance del explotador de la ferrería, bien sea su propio dueño o, lo más probable, su arrendatario. El aco-

los Carquizano (de la ferrería de Carquizano de Suso, Elgoibar) durante el siglo XVI, en L.M. Ecenarro, 1975, pp. 362-369.

¹⁹⁶ Díez de Salazar, *op. cit.*, pp. 238-9.

pio de materia prima para la ferrería y la comercialización del producto en las plazas coloniales o extranjeras exige una solvencia que supera sus posibilidades de solvencia. En el mejor de los casos podían contar con un amplio patrimonio familiar, circunstancia que no se traducía necesariamente en disponibilidad de numerario.

La necesidad de adelantar sumas de dinero para iniciar la labranza lleva a los ferrones a encomendarse a capitalistas («*verlagssystem*»)¹⁹⁷. Los propios comerciantes son quienes se hallan en mejor disposición pecuniaria para satisfacer tales necesidades.

A través de mecanismos crediticios, el comerciante-*verlager* adquiere plena trascendencia en el sector, aunque sin implicarse directamente en él¹⁹⁸. Domina todos los resortes de los negocios siderúrgicos por medio de un vasto sistema de adelantos. En última instancia, la capitalización de las iniciativas serán deudoras de las especulaciones de una élite comercial.

¹⁹⁷ Para ampliar este aspecto, véanse los trabajos de E. Fdez. de Pinedo, L.M. Bilbao, M. González Portilla y R. Uriarte Ayo.

¹⁹⁸ «*En última instancia, eran los comerciantes los que en la distribución de la renta generada en el sector se hacían con la “parte del león”, sin intervenir ni comprometerse, con ello, en el proceso productivo, sino controlándolo desde fuera a través del dominio cuasimonopolístico del crédito.*» L.M. Bilbao, 1978.

Capítulo V

Siglos XVII y XVIII. Conservadurismo tecnológico e inercia económica

«Los ferrones en estas provincias como ignorantes y preocupados se guían por una ciega práctica que no ha variado desde sus principios: se contentan con hacer lo que han executado sus abuelos, y fiados en la bondad del metal que emplean no procuran mejorar sus fábricas.» G. TABERN

En varias ocasiones hemos constatado la vocación eminentemente exportadora que alentó la industria del hierro vasco en los últimos siglos medievales. Este período marcó el momento álgido de la ferrería vasca. Su ciclo expansivo se prolongó hasta mediados del siglo XVI. Desde el arranque de mineral hasta la salida del lingote por los puertos marítimos, mineros y maestros ferrones se afanaban en satisfacer una demanda creciente, con un producto al que muy pocos competidores conseguían ensombrecer: el reputado «hierro vizcaíno».

Durante la Edad Media la Europa atlántica constituyó su principal consumidor. A fines del siglo XV, el descubrimiento del Nuevo Mundo supuso el definitivo espaldarazo a la ferrería vasca. Las necesidades de Castilla para la conquista y colonización del Nuevo Mundo (armamento, construcción, herramientas,... y toda serie de útiles metálicos) confirmó la receptividad de los mercados extranjeros respecto a su producción.

El comercio exterior del hierro dinamizó la economía vasca en su conjunto. Generó pingües rentas que trascendieron a la élite mercantil que traficaba con ellos y fomentó una prosperidad generalizada en el conjunto de las provincias atlánticas. Su carrera ascendente en el tráfico internacional culminó en el siglo XVI. Pero a mediados de esta centuria los indicios desvelan una inversión de la trayectoria expansiva.

Hacia 1560-1580 se inició una coyuntura regresiva, desencadenada por una contracción comercial. La ruta europea noratlántica, salida tradicional del producto de las ferrerías, entró en crisis y el volúmen del tráfico se resintió. El hierro forjado comenzó a hallar dificultades para penetrar en los mercados internacionales. Pronto se acumuló en stock sin posibilidad inmediata de venta.

La inestabilidad bélica se reveló pronto como uno de los principales desencadenantes de la situación. Las empresas imperiales castellanas habían granjeado a la Corona un gran número de enemigos. La Reforma protestante, la rebelión de los Países Bajos y la abierta hostilidad entre Inglaterra y el Imperio castellano desencadenaron bloqueos marítimos, patentes de corso y piratería¹⁹⁹. Todas estas prácticas constreñirían las rutas oceánicas que tantos beneficios reportaban al País Vasco. Mediatizadas por esta primera contracción de los mercados, las ferrerías entraron en un período de dificultades²⁰⁰.

Pero lo que podía haber sido una crisis coyuntural derivó en la antecala de un fenómeno de más amplias repercusiones: el desplome del circuito europeo del hierro vasco y el desmantelamiento del eje comercial. Numerosas áreas del continente se lanzaron a la aventura del hierro. Nuevos avances en materia tecnológica alentaban sus aspiraciones. Los fogales altos medievales habían alcanzado una madurez que propiciaba el despegue de la industria pesada en áreas que no habían descollado anteriormente. Los éxitos conseguidos les permitirían reducir la demanda masiva de hierro foráneo, incluido el vasco²⁰¹. De ahí que muchas potencias europeas emprendiesen una política de sustitución de importaciones en materia siderúrgica y sus derivados.

El producto del alto horno era sumamente competitivo por su reducido precio. Sus características lo invalidaban para las manufacturas de calidad, reservadas exclusivamente al excelente hierro de forja. Pero resultó idóneo para la confección de grandes piezas como, p. ej., la artillería pesada.

La industria armera de fuego se hallaba afianzada en el País Vasco para fines del siglo xv. Ya en aquellas fechas, los ferrones vascos gozaban de

¹⁹⁹ El conflicto con Inglaterra motivó una disminución del volumen de venta de hierro hacia este país. Pero como Gran Bretaña no podía prescindir de este abastecimiento, durante el siglo xvi siguió recurriendo al vasco. Éste era reexpedido a la isla desde los puertos de la fachada atlántica continental (desde Bayona a Dieppe) por transportistas ingleses o vascos. Bristol y, en menor medida, Southampton, fueron los principales destinos. En ocasiones, el hierro vasco alcanzó los puertos irlandeses. J. Almunia, 1975, pp. 24-5.

²⁰⁰ L.M. Bilbao argumenta también motivos estructurales derivados de la naturaleza misma de la demanda. Presenta un perfil inelástico; esto es, actúa con suma rigidez debido a la necesidad perentoria de metal por los Estados, tanto para la guerra como para la paz. Pero una vez saturados, «era la apertura o cierre de mercados el factor decisivo de ampliación o reducción de la demanda.» Conviene, pues, tener presente este elemento en el trasfondo inicial de la crisis.

²⁰¹ El caso inglés nos ofrece un excelente ejemplo. Entre 1517 y 1518, en el puerto de Bristol se desembarcaron 450 Tm de hierro, frente a las 16 Tm desembarcadas entre 1583 y 1584. Citado por L.M. Bilbao, 1977, p. 163.

notoriedad en la forja de ingenios mortíferos portátiles. Las primeras noticias datan de 1480, fecha en que la Corona castellana solicita a las herrerías de los 3 territorios históricos un suministro de armas blancas y portátiles de fuego con destino al ejército («*lanzas, paveses, bombardas, cervatanas y otros tiros de pólvora*»). Se trata del primer pedido conocido de una larga lista con que los monarcas pertrecharían sus ejércitos. Los escopeteros guipuzcoanos estuvieron presentes en el frente de Granada, en 1485²⁰². La especialidad se consolidó en los talleres de Larrabezua, Soraluze, Eibar, Elorrio, Ermua y Durango. Este área acaparó la producción de artillería ligera portátil de fuego en la Península: arcabuces, escopetas y mosquetes.

En los siglos siguientes, la producción de los talleres armeros conoció un incremento notable, a la par de su perfeccionamiento²⁰³. Acapararon la manufactura de artillería ligera en la Península: arcabuces, escopetas y mosquetes. Ofrecen uno de los episodios más brillantes de la metalurgia vasca, con proyección internacional.

La fabricación de grandes piezas de artillería siguió una trayectoria diferente. Para el siglo XV, en las mismas fechas en que los maestros vascos consolidaban su fama en el sector ligero, la confección de armas de gran calibre abandonaba los talleres de forja para abrazar los altos hornos y el hierro colado.

Las primitivas bombardas estaban realizadas con barras de hierro forjado soldadas. Pero los puntos de soldadura eran demasiado frágiles, y no soportaban la presión a la que se les sometía. Con frecuencia, cedían en el momento de disparar. Se intentó remediar con un refuerzo de hierro fundido, esto es, con el producto del alto horno, en la superficie. Muy pronto, tal envoltura dejó de ser un mero añadido para convertirse en la materia prima única. Su éxito supuso el desplazamiento del hierro forjado en el sector. Francia fue el primer país donde se aplicó la novedad. En el siglo XVI le seguiría Sussex. En adelante, hierros de Lieja, y más tarde suecos y rusos invadían el mercado internacional.

La Corona castellana promovió la creación de altos hornos en la Península. Los Austrias, comprometidos en la conquista y colonización del Nuevo Mundo, eran conscientes de que para el sostenimiento de tan vasto Imperio precisaban disponer de una Armada de grandes navíos, dotados de artillería. En tales circunstancias, la demanda de materia prima por el sector naviero se multiplicó por 20²⁰⁴.

²⁰² Los estudios de R. Larrañaga en este ámbito desmienten la creencia de que las armas de fuego portátiles fueron introducidas en la Península por los armeros que acompañaron a Carlos I desde Alemania en 1530.

²⁰³ Sobre todo en lo que a cañones y llaves se refiere. Véanse los trabajos de R. Larrañaga.

²⁰⁴ Las antiguas galeras mediterráneas se hallaban pertrechadas por 3 ó 5 cañones, y su peso total era de 40 ó 50 Quintales. Los Galeones atlánticos van artillados con unos 40 cañones, y su peso medio alcanzaba los 1.000 Q. Cálculos de González Tascón, 1992, pp. 127-8.

El bronce, otro de los materiales tradicionales de la artillería pesada, disparó su precio en el siglo XVI debido a la rigidez de uno de sus componentes: el cobre. De ahí el nuevo prisma de rentabilidad bajo el cual se contemplaba ahora al hierro moldeado, mucho más accesible y económico. En última instancia, la defensa efectiva de las colonias ultramarinas quedaba encomendada a la disponibilidad de hierro barato. Y esta cualidad sólo la proporcionaba la fundición.

En 1622 un belga residente en Lieja, Curcio, obtuvo permiso para instalar una fábrica siderúrgica con altos hornos a orillas del Miera, en Liérganes. A su muerte en 1629, el luxemburgués Jorge de Bande amplió el negocio y levantó otra factoría en La Cavada, en las proximidades de la anterior.

La mayoría del sector siderúrgico vasco permaneció aferrado a los parámetros medievales y no asumió la renovación. Su obstinación se saldó con la pérdida del antiguo alineamiento tecnológico y, por ende, de su competitividad. En las páginas siguientes expodremos con mayor detenimiento los extremos de este desfase.

V.1. El «*stücköfen*» y los altos hornos al carbón vegetal

El alto horno pertenece a la tipología de «hornos de cuba» con tiro forzado o «inyección» a través de toberas. Antiguamente se conocía como «horno de manga» («*blaseöfen*»). La denominación por la que lo conocemos en la actualidad («*hochöfen*») les fue atribuída con posterioridad a su funcionamiento.

Resulta difícil atribuir una fecha concreta a su invención, dado que es el fruto de una transición gradual que parte de los antiguos hornos medievales. A medida que se perfeccionaban los ingenios soplantes, el horno se elevaba en proporción. Los metalúrgicos buscaban una mayor capacidad de tiro que aumentase la potencia calórica. Es así como llegó a configurarse la silueta característica del «alto horno».

La mecanización de las funciones de soplado en la fusión permitió alcanzar cotas térmicas superiores. La temperatura de los hornos de fines de la Edad Media inició una carrera ascendente que dejó atrás los niveles en los que se habían desenvuelto las fraguas de siglos atrás.

En Alemania, Austria, Bohemia, Escandinavia,... los metalúrgicos se esforzaron por rentabilizar al máximo la potencia de insuflado de los ingenios hidráulicos. A partir del siglo XII, se asiste a una progresión de modelos que madura en el siglo XV con el «*stücköfen*», precedente del alto horno, para la fusión de mineral. Había conocido varios antecedentes, como el de Flandes (Renania), hacia 1380, de dimensiones reducidas. Gert Magnusson ha halla-

do vestigios de un horno de estas características en Lapphyttan (Suecia), que se remonta al siglo XIII²⁰⁵. En los próximos siglos, estos modelos primitivos se habrían elevado de forma paulatina, hasta adquirir su perfil esbelto.

En el siglo XV eran muchos los países europeos que habían adoptado el *stückeröfen* para el tratamiento del mineral de hierro. Su difusión se hallaba condicionada por la disponibilidad de combustible en grandes proporciones, dado su nivel de consumo, muy superior al demandado por una forja tradicional. De ahí su localización geográfica: bosque y selva de Dean, en Inglaterra; Champaña, Borgoña, Ariège y Delfinado en Francia; Eifel, Siegerland y Selva Negra en Alemania; Suecia central; Estiria y Carintia en Austria.

La principal característica del «*hierro colado*», «*crudo*» o «*fundido*» consiste en su alto contenido en carbono e impurezas. En las nuevas condiciones térmicas, el hierro absorbe una proporción de carbono elevada (hasta un 6% o más), por encima de la que capta en los fogales bajos, de temperaturas más reducidas. La combinación con este elemento disminuye su punto de fusión a tal extremo que le permite alcanzar la licuefacción a una temperatura asequible a sus posibilidades. En este estado el producto fluye por la parte inferior del horno hasta ser vaciado en moldes o lingoteras, donde se solidifica.

La alta participación del carbono en el producto de la fundición lo convierte en un metal quebradizo y de baja calidad. Por el momento, carece de aplicación en manufacturas delicadas. Éstas seguirán elaborándose en el hogar de las herrerías tradicionales, conforme a los métodos de forja. Por el momento, los ferrones pueden permitirse el contemplar con desdén las novedades. «*En todo caso [afirma José M.^a Palacios], aunque al principio la obtención accidental de hierro colado pareció una desgracia, lentamente se fue reconociendo su verdadera importancia*»²⁰⁶. Muy pronto los metalúrgicos perciben su idoneidad para la fabricación de ollas, cañones, bombardas...

La Europa post-medieval incorpora mejoras a los *stückeröfen*. La invención de la trompa a mediados del siglo XVI recibe una feliz acogida por cuanto garantiza un mejor insuflado. Los metalúrgicos renacentistas consiguen la «*fundición continua*». El procedimiento consiste en alimentar regularmente el horno con vena y combustible, de tal modo que se obtiene un flujo constante de hierro. El vaciado por fluidificación hace innecesario el apagado para extraer el metal.

²⁰⁵ Véase reseña en *Arkeolan*, 3, II-97, p. 9. Como en todo desarrollo evolutivo, existen numerosos pareceres acerca de cuál es el momento de configuración plena del modelo. Gimpel, p. ej., ofrece un contrapunto a Mokyr (a quien seguimos en el texto) y a Pounds; denomina «*altos hornos*» a los *stuckhöfen* medievales [convendría revisar el texto original, para descartar cualquier confusión debida a la traducción].

²⁰⁶ 1998, p. 21.

En 1700 se alcanzan hasta 40 semanas de fundición ininterrumpida, lo que permite un señalado ahorro de combustible. Para el siglo XVII, tal vez incluso antes, verdaderos «altos hornos», no ya stücköfen, funcionan en los centros siderúrgicos de Siegerland, Estiria, Schmalkalden y Países Bajos. Los walones lo introducen en Suecia en esta misma centuria.

Entre 1620 y 1650 la siderurgia sueca incorpora el método del alto horno de colada continua²⁰⁷. La nobleza del país aporta los capitales necesarios para sufragar tan costosas instalaciones. Las barras de hierro colado son tratadas posteriormente en forjas de afino. Los recursos forestales escandinavos proporcionan cantidades ingentes de carbón vegetal, muy lejos de las estrecheces en que se mueven sus competidores vascos, limitados a la sabia administración de unos bosques sobreexplotados.

En 1772 Ramón M.^a de Munibe, hijo del conde de Peñaflores y socio de la RSBAP, viaja a la ferrería de Sonderfäs con el fin de emitir un informe acerca de sus métodos. El gigantismo de las instalaciones y de los medios naturales de los que dispone es abrumador, en comparación con los márgenes en los que se desenvuelve una zeharrola.

La fábrica sueca emplea a 1.200 hombres. Se encuentra junto a un río, en el centro de un bosque propio que ocupa 7 u 8 «leguas francesas» de diámetro. Este cinturón forestal le proporciona 60 cargas de carbón²⁰⁸ que invierte en la elaboración de 265 Quintales machos semanales. El establecimiento trabaja todo el año, aunque lo hace con mayor intensidad en invierno. En la misma fecha el resto de las ferrerías suecas emplea un mínimo de 500 individuos, a los cuales mantienen y ofrecen alojamiento. La disponibilidad de recursos naturales es tan generosa que no necesitan economizar agua ni carbón en los procedimientos siderúrgicos.

Durante la Edad Moderna (siglos XVI al XVIII) las exportaciones de hierro sueco siguen en aumento. Alcanzan su cénit hacia 1750, fijando su techo en las 50.000 Tm. anuales²⁰⁹. A partir de este momento su evolución se estanca, mediatizada por la confluencia del hierro ruso en los mercados internacionales; y por los avances de ingleses y escoceses. Los éxitos alcanzados por los británicos en la aplicación del coque al alto horno en la segunda mitad del siglo XVIII encumbrarán la siderurgia de la isla hasta una posición hegemónica.

²⁰⁷ El hierro sueco gozaba ya de prestigio en los mercados medievales. En aquellos siglos, Suecia comerciaba el llamado *hierro Osmund*, obtenido por procedimiento directo en pequeñas unidades siderúrgicas similares a las vascas.

²⁰⁸ Creemos que con una periodicidad semanal, aunque este detalle no figura en el informe. Para ello nos basamos en el dato siguiente, en el que especifica esta misma periodicidad.

²⁰⁹ J. Almunia, 1975, p. 31.

V.1.1. *Fundiciones navarras. La experiencia de las Reales Fábricas de Municiones*

Los bosques del Quinto Real y la selva del Irati sostuvieron dos manufacturas de fundición de hierro. Se trata de iniciativas únicas por su originalidad en la trayectoria de la siderurgia vasca: las Reales Fábricas de Municiones de Eugi y Orbaiceta.

Eugi y Pamplona habían mostrado desde la Edad Media una señalada tradición en industria militar. En la ferrería de Eugi se forjaba material bélico desde, por lo menos, 1420; y en 1529 se fundían diversas piezas en Pamplona²¹⁰. Los valles septentrionales de Navarra ofrecían numerosos alicientes para la ubicación de fundiciones. Se localizaban masas de mineral en Valcarlos, St. Jean de Pied de Port y en el Quinto; había abundancia de agua, susceptible de ser aprovechada como energía; sus bosques densos garantizaban el abastecimiento de carbón vegetal.

Eugi disponía, además, de atractivos añadidos, que serían considerados conforme progresasen los métodos de fundición. La confluencia de dos regatas permitía ampliar las posibilidades de aplicación motriz y transportista de las corrientes fluviales. En los alrededores se localizaban piedra, cal, arena y otros materiales necesarios para la confección de molderías. El lugar contaba también con piedra de sillería refractaria idónea para acondicionar el vientre de los hornos («piedra de fuego»).

En 1536, la Corona adquiere la ferrería de Eugi para dedicarla a la producción de municiones, e instala en ella a fundidores belgas. La fábrica consume el mineral de los yacimientos de «Legarchulo» y «Asperro», al NW de la zona. Dispone de 2 hornos y está atendida por un maestro y 12 operarios. A mediados del siglo XVI es conocida como «Herrería Real»; años más tarde se le denominará «Armería Real».

A principios del siglo XVII se trasladan a ella maestros milaneses para reactivar el establecimiento. No obstante la producción adolece de costes excesivos, la mayoría de ellos derivados de su mismo emplazamiento. Su difícil acceso encarece todo tipo de transportes, incluido el destinado a la manutención de los trabajadores. Las opiniones favorables al traslado de la factoría se acrecientan conforme pasan los años. En 1637, ésta se hace realidad y la villa de Tolosa, en la vecina Gipuzkoa, se convierte en la nueva sede de la Real Fábrica²¹¹.

²¹⁰ Miguel Parrilla Nieto, 1987, p. 24.

²¹¹ Una Real Orden de 1626 disponía que se levantase en la villa guipuzcoana la casa que había de servir de almacén para la futura producción. Es de suponer que, en breve plazo, se diera inicio al trabajo manufacturero. Tomás López, en su *Diccionario* manuscrito (s. XVIII), describe la amplia gama de armas blancas de delicado trabajo que salen de la factoría de Tolosa: espadas, bayonetas, cuchillos, hachas, escoplos, martillos,... Véase referencia en González Tascón, 1992, p. 80.

A fines del siglo XVII las instalaciones navarras son arrendadas al marqués de Monterreal, que las reconstruye. La Guerra de Sucesión pone en evidencia su frágil situación, en la frontera con Francia. La inseguridad política y el temor a una invasión del enemigo obliga a inutilizar sus hornos.

La fábrica se reedifica en 1720 por cuenta del Estado. Los monarcas Borbones respaldan el negocio y deciden impulsarlo. Desde la subida al trono de Felipe V, la Corona española se había propuesto modernizar la Artillería. A lo largo del siglo XVIII se suceden las disposiciones destinadas a convertirla en un cuerpo moderno y eficaz.

Renovadas sus instalaciones, Eugi inicia otra etapa de su funcionamiento. Pero tan sólo tres años después, en 1723, los deficientes resultados productivos inducen a las autoridades a efectuar un reconocimiento²¹². El informe emitido por el comandante A.J. Braus, del Real Cuerpo de Artillería, nos ilustra acerca de los motivos de su escasa rentabilidad. La masa boscosa circundante se halla esquilada, como resultado de la confección masiva de carbón vegetal, sin atender a economías. Braus concluye que el consumo de las ferrerías resulta desproporcionado a su producción²¹³. Las instalaciones pasan a manos de asentistas.

Cuatro décadas más tarde Eugi conoce un nuevo empuje. La política borbónica de promoción de la Artillería culmina durante el reinado de Carlos III. Una de las normativas de mayor trascendencia para la factoría navarra es el Reglamento de 1756 debido al conde de Aranda. Su contenido incluye la normalización de fuerzas y calibres de las municiones. El texto confirma, además, la concentración de las iniciativas en establecimientos reales especializados.

El 5 de julio de 1766 la Real Fábrica ha revertido al Estado y se dispone a iniciar una nueva andadura. Enciende el primer horno de fundición y, ya para fines del mismo año, proyecta la construcción del segundo. Emplea en torno a los 200 operarios, cifra que evidencia su vitalidad. A su alrededor se levanta la colonia obrera. En ella se distingue una iglesia, alojamientos, oficinas,... La población dispone de un cirujano, un juez y un capellán para su asistencia. Posteriormente se añadirá un horno para cocer el pan, se reparará la fuente y se reforzarán las instalaciones urbanas y fabriles (carboneras, presas, puentes...). Un pequeño cuartel alberga un destacamento de 20 hombres y su oficial.

La citada Armería entra en decadencia en el siglo XVIII y desaparece. En este mismo siglo, funcionaba en la misma villa una fábrica de proyectiles de hierro forjado o batido. Zavala, Larrañaga, 1970, p. 36.

²¹² La producción anual se cifraba en 12 millones de Quintales de municiones. A. Rabanal Yús, 1987, p. 35.

²¹³ También destaca la ignorancia de los operarios, que incide directamente sobre la factura defectuosa de las municiones. *Ibid.*, pp. 32, 35.

En 1784 dan comienzo las obras de una nueva manufactura bélica en Orbaiceta. Este emplazamiento está destinado a substituir a Eugi, que para la fecha ha agotado el potencial forestal de sus alrededores con la confección de carbón vegetal. La Corona compra las instalaciones de las ferreerías de Orbaiceta, tasadas en 27.956 reales de plata²¹⁴. El valle de Aezcoa cede los terrenos, montes comuneros y minerales gratuitamente. El presupuesto de la reconstrucción se estima en 418.401 reales de vellón.

La fábrica se equipa con dos hornos de fundición y toda su maquinaria, presa, canales, carboneras, oficinas de moldeo, refinería, taller de carpintería y cerrajería,... además del apartado residencial destinado al alojamiento y asistencia de operarios y oficiales.

Orbaiceta y Trubia constituyen los principales centros productores de su especialidad en el Norte de la Península. Orbaiceta se mantendrá durante casi un siglo, alternando con períodos de inactividad. Parrilla Nieto aduce motivos de índole política para su cierre²¹⁵.

La escasez de madera parece ser el motivo que determina el cierre de otra experiencia de fundición de hierro de la que apenas nos han llegado noticias²¹⁶. En el valle de Baigorri funcionó un alto horno que construyó cañones y municiones con destino a los bajeles españoles y franceses. De ella se surtió la Real Compañía de Caracas para armar sus naves para el corso. La fundición tuvo una vida breve, debido a la falta de carbón vegetal.

V.2. Alternativas al carbón vegetal. Descubrimiento del coque

La explotación a la que sometió el europeo medieval a las masas boscosas de su entorno fue tan intensa que degradó notablemente el paisaje natural. La acción antrópica fue particularmente devastadora allí donde se labraba el hierro. «*Ya en 1140 se talaba con salvajismo el bosque medieval*», denuncia J. Gimpe²¹⁷.

En 1230 la carestía maderera sufrida por Inglaterra obligó a importar por vez primera abetos noruegos. Los cortes abusivos fueron motivo de reglamentación, sobre todo en aquellas áreas donde existía una tradición metalúrgica. En el transcurso de los siglos XVII y XVIII, el desarrollo y expansión de los hornos altos de la industria pesada precipitó la escasez del carbón vegetal. Pero ésta no fue la única responsable.

²¹⁴ Uno de los argumentos que debió de influir decisivamente en la elección del nuevo emplazamiento fue el proyecto de 1783 debido a Antonio Zara. En él se garantizaba el transporte hasta Pamplona por el río Esteribar. *Ibid.*, pp. 40 y ss.

²¹⁵ 1987, p. 25.

²¹⁶ Véase Pérez de Villarreal, 1977, pp. 26-29.

²¹⁷ 1981, p. 67.

Otras muchas industrias al margen de la Metalurgia recurrían también al mismo como fuente energética. Era el caso, p. ej., del vidrio y el jabón, y la cerveza en la Inglaterra del siglo XVII. Se añadieron, además, otros factores de variada naturaleza como la roturación de nuevas tierras de cultivo a expensas del bosque; el consumo de madera para la construcción; su empleo como combustible doméstico;...

La colada del *stücköfen* y del alto horno es un producto «intermedio» que precisa de una posterior operación de refinado. Pues bien: las refineras se ubicaron, por lo general, en un paraje distinto (con la precaución de que ambos enclaves mantuviesen una fácil comunicación por vía marítima o fluvial). El motivo se debía a que la demanda energética de ambos establecimientos (horno y refinera) solía exceder a las posibilidades de un mismo entorno. El lingote sueco, p. ej., era elaborado posteriormente en Países Bajos o Inglaterra; el de Siegerland, en diversos establecimientos de la cuenca del Rhin y en el Ruhr; las fundiciones del bosque de Dean se transformaban en el Black Country;...

La deforestación europea comprometió el suministro de carbón vegetal en la cuantía demandada por las fundiciones. Su precio se disparó. Pero el horno alto seguía su carrera expansiva. Los progresos tecnológicos emprendidos siglos atrás desembocaron en una situación que pronto sería apurada. El carbón de piedra parecía ofrecer la alternativa más interesante, dada la abundancia y ubicuidad de yacimientos. Entre los siglos XVI y XVII, se desarrolló su explotación y fue aplicado en multitud de industrias. Las de Gran Bretaña y Lieja ofrecían su mejor escaparate: manufacturas de vidrio y de sal, confección de jabón y de alumbre, quema de la cal,... En Holanda, la turba alimentaba las calefacciones que aliviaban los duros inviernos. Éste mismo fue el combustible de la fabricación de tejas y ladrillos, elaboración de pan, sal refinada, colorantes,...

Para 1700 el carbón mineral ya se había aplicado con éxito en los hornos de reverberación para la fundición de cobre y plomo. Pero las impurezas que contiene, especialmente el azufre, dotan al hierro de una gran fragilidad. Y las materias volátiles obstaculizan la marcha de los hornos.

Estas mismas sustancias impedían su aplicación al proceso de elaboración de la cerveza. Los caldos tratados con éste adquirían un repugnante sabor (sulfuros). Exasperados los cerveceros de Derbyshire por este motivo, exploraron distintas posibilidades de aplicación del carbón de piedra a sus bebidas que evitasen aquel desagradable efecto. Los fabricantes procedieron en la misma forma que con la leña para la obtención del carbón vegetal: lo quemaron parcialmente.

La experiencia culminó en éxito. Los sulfuros se eliminaron y, con ellos, aquel mal gusto en la cerveza. Había nacido el coque.

Debemos a Lord Dudley la primera asociación del coque a un alto horno. En 1615 este caballero consiguió un privilegio de 30 años para la fabricación de hierro con este combustible. Pese a su temprano éxito, hubo de

transcurrir casi un siglo para asistir al próximo avance en esta dirección. El siguiente y más conocido progreso aconteció en 1709. En este año Abraham Darby I culminó con éxito la fusión de hierro al coque en su factoría de Coalbrookdale, obteniendo una colada de calidad.

Pero el carbón vegetal se mantuvo como el combustible mayoritario. Habría que esperar a la segunda mitad del siglo XIX para asistir a su desplazamiento definitivo por el coque en Europa continental y Norteamérica. Sólo entonces las siderurgias abandonaron definitivamente los bosques para emplazarse en los alrededores de los yacimientos hulleros; o bien en parajes que dispusieran de fácil acceso hasta aquéllos.

El motivo de esta demora se encuentra en la carencia de recursos idóneos. La heterogeneidad de minerales de carbón y la variedad de los elementos que lo acompañan interferían en los procesos siderúrgicos provocando sensibles alteraciones en el producto elaborado. La falta de conocimientos sobre los procesos químicos que se sucedían durante la combustión desconcertaba a los metalúrgicos y los sumía en la incertidumbre sobre el metal resultante. La fundición de hierro al coque sólo alcanzó el éxito en instalaciones específicamente construídas para su uso (esto es, hornos más altos y con mayor potencia de inyección); y, sobre todo, empleando un carbón mineral con escasa presencia de azufre). Pero tales requisitos no siempre se encontraban disponibles.

Estas circunstancias explican que, durante muchas décadas y pese a las innegables ventajas económicas del combustible fósil, el mercado sostuviese la demanda de hierro al carbón vegetal, cuya bondad estaba respaldada por siglos de experiencia. De ahí que los europeos se obstinaron en alimentar sus altos hornos como en la Edad Media.

V.2.1. *Dificultades de carboneo en el País Vasco. Deforestación*

El País Vasco no supone una excepción en el Viejo Continente. Ya a fines de la Edad Media, la explotación indiscriminada de los montes impide garantizar el aprovisionamiento de leña en cantidades suficientes para la marcha de las ferrerías. En 1459, p. ej., los alrededores de la villa de Elgoibar, antaño boscosos, se encuentran «*tan gastados e mundos fasta la tierra rasa e mondas*»²¹⁸.

Este fenómeno ya había incitado a la nobleza rural alavesa en 1332 a tomar medidas drásticas. Los señores de la Cofradía de Arriaga actuaron para salvaguardar la actividad ganadera, que competía por el bosque con

²¹⁸ En esta fecha, la gravedad de la escasez ha obligado al cierre de la mitad de las ferrerías del valle. L.M. Ecenarro, 1996, pp. 76-81.

Ya en la Concordia de este mismo año, (entre el concejo de Elgoibar y las ferrerías) se estipulan dos tipos de leña de los comunales, según sea su destino: «*arragua egur*» para la calcinación de la vena; en oposición a la que debía arder en las habitaciones, «*su egur*». *Ibid.*, p. 83.

carboneros y ferrones²¹⁹. Solicitaron que no se instalasen nuevas ferrerías «*por que los montes non se yermen nin se astraguen.*» En aquella fecha los establecimientos ferreros de Araba persistían en parámetros técnicos arcaicos. La reducción del hierro transcurría en «haizeolas», que se distinguían por su voraz consumo de leña. Fuera de los oscuros intereses que ocultaban los cofrades de Arriaga tras sus ecológicos planteamientos²²⁰, sus argumentos dejan en evidencia los estragos que las ferrerías «secas» causaban en las arboledas.

El aprovechamiento del bosque da pie a numerosos conflictos entre las distintas comunidades que de él se benefician. Los intereses de carboneros y ferrones, de un lado, y de campesinos, por otro, chocan en múltiples ocasiones²²¹. Los primeros están interesados en el fomento del arbolado; en tanto que los labradores aspiran a ampliar los terrenos de cultivo aún a costa de las parcelas destinadas a la silvicultura. El entendimiento es, en ocasiones, difícil dada la precariedad que mueve a cada una de las partes.

Durante últimos siglos de la Edad Media la población vasca da síntomas de gran vitalidad demográfica. Aumenta el número de habitantes y, con ellos, la demanda de víveres (cereal) para su manutención. Es preciso incrementar la producción agrícola, y los campesinos recurren al único método que conocen: ampliar las roturaciones... a costa del territorio reservado al bosque.

Las ferrerías ofrecían múltiples posibilidades de empleo temporal a los campesinos (carboneo, tala y acarreo de leña,...), con su correspondiente retribución económica. Hemos señalado en varias ocasiones la importancia que tales ingresos suplementarios tenían en las familias campesinas. Pero cuando el número de sus miembros aumentaba por encima de lo habitual, la necesidad de cosechar alimentos adquiría prioridad sobre cualquier otra dedicación laboral. En suma, hombre, Naturaleza e Industria mantenían un frágil equilibrio que los momentos más pujantes de la demografía ponían en entredicho. En tales ocasiones la armonía de intereses entre Agricultura e Industria se quebraba.

Legazpi asistió a numerosos pleitos entre labradores y ferrones con el trasfondo de la presión sobre el suelo²²². Las negociaciones son difíciles, y se saldan con frágiles acuerdos que no tardan en romperse. A fines de la

²¹⁹ Documento de disolución de la Cofradía de Arriaga o «Pacto de Arriaga», 1332.

²²⁰ Véase J.R. Díaz de Durana, 1986, pp. 225 y ss. «*En definitiva, los hidalgos, además de propietarios de los montes alaveses, lo serían también de un elevado porcentaje del ganado que pastaba en ellos, al tiempo que su control —gravando el acceso a los pastos, caza, pesca, etc.— les reportaba interesantes beneficios.*» (p. 228).

²²¹ Álvaro Aragón Ruano detecta enfrentamientos en Gipuzkoa ya en el siglo XIV, respecto al disfrute de comunales compartidos por dos o más pueblos. «La importancia de la madera en la tecnología medieval en Gipuzkoa», en *Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media peninsular*, Fundación Hullera Vasco-Leonesa, 1996, pp. 467 y ss.

²²² Véase J.I. Lasa, 1970, pp. 47 y ss.

Edad Media (siglos XV y XVI), estallan los litigios. El hierro vasco atraviesa uno de sus mejores momentos y el mercado internacional absorbe cuantos lingotes salen a la venta. La Siderurgia está en plena expansión, y los ferrones exigen enormes cantidades de carbón vegetal para reducir y labrar el hierro. En 1532 se procede a amojonar las propiedades de las ferreñas. Las lindes de éstas indican el poder del que disfrutaban. No en vano habían alegado, una y otra vez, que la Villa debía su primer poblamiento y fundación a los ferrones.

Los testimonios sobre esquilma de masas forestales se acentúan en fechas más avanzadas. El panorama que describen los testimonios para el siglo XVIII es desolador. Durante el Siglo de las Luces la población experimenta una nueva expansión, fenómeno que supone una presión añadida a la superficie forestal. El incremento de los efectivos humanos amenaza con un nuevo desequilibrio entre los recursos y el número de habitantes que han de sostener. La provisión de alimentos compromete, una vez más, el modelo de aprovechamiento del monte en favor de la industria ferrona. Las reivindicaciones de nuevas roturaciones o pastizales para ganado cuestionan la distribución económica de los suelos.

La coyuntura alcista del hierro vasco en el mercado durante las décadas centrales del siglo XVIII preserva el bosque del empuje agrícola durante las mismas fechas. Pero la caída de las exportaciones de lingote iniciada hacia 1780 arrastra con ella el interés por la conservación de la masa arbórea. Sin los fuertes incentivos económicos que antaño las compensaban las celosas prácticas silvícolas ceden ante talas y desmontes. J.R. de Iturriza y Zabala afirma en 1787:

«Por falta de aguas en tiempos de sequía y de carbón, en lo sucesivo me parece que no se fundirá tanto, porque los montazgos se van aminorando considerablemente por convertirlos en heredades de sembradío y por el descuido de algunos pueblos en plantar cajigos.»²²³

Conviene puntualizar que las referencias a la deforestación aluden a aquellas manchas boscosas en parajes accesibles y con facilidades para su transporte; especialmente las de montes propios y concejiles. Los testimonios de los que disponemos están teñidos de un matiz económico que discrimina masas forestales emplazadas en lugares de difícil comunicación. Los costos de transporte habrían supuesto un obstáculo insalvable para su rentabilidad²²⁴. También se observa una mayor degradación en los montes costeros, fuente de aprovisionamiento para la construcción de bajeles²²⁵.

²²³ Vol. I.º, p. 114.

²²⁴ Lourdes Odriozola Oyarbide ha comprobado la existencia de montes con maderas abundantes en la provincia de Gipuzkoa en el siglo XVIII, que permanecen ignorados por su ubicación en emplazamientos con dificultades de acceso. 1998, pp. 243 y ss.

²²⁵ *Ibid.*, pp. 248 y ss.

El carbón vegetal comienza a escasear, y su precio evoluciona al alza. La subida es denunciada ya en la primera Junta General Preparativa de la RSBAP. En 1765 una carga que antes se valoraba en 3 reales se cotiza ahora a 6, 8 ó más rls. La contracción de la oferta carbonera compromete directamente el volumen y ritmo de la producción: «*Y se trabajarían muchos más [quintales de hierro, afirma una voz anónima] si no escaseasen ya los carbones, a pesar del esmero y cuidado que se pone por sus naturales en la plantación*»²²⁶.

La penuria obliga a buscar leña de forma indiscriminada, sin reparar en la edad del árbol ni en su idoneidad. Por estas fechas los carboneros emplean cualquier tipo de ejemplar, incluidos robles y castaños bravos. También recurren a bosques distantes de su ámbito de trabajo, llegando a Álava y Navarra. En estas ocasiones el precio final del carbón se incrementa con la suma del acarreo desde aquellos parajes²²⁷. El carbón confeccionado a partir de especímenes cuya tala no ha sido cuidadosamente observada suele presentar una particular dureza, así como el hierro obtenido con su combustión²²⁸. Y viceversa: el de ramas jóvenes es mucho más suave, como también lo es el hierro con él tratado.

Si a fines del siglo XVIII los bosques alaveses pudieron ofrecer una alternativa a las provincias limítrofes, su situación se degrada para comienzos de la siguiente centuria. La descripción de Alexandro Laborde a su paso por la provincia en 1809 denuncia los excesos de la acción antrópica:

*«pero las [montañas] de Álava que otro tiempo estaban cubiertas de bosques espesos e impenetrables, en el día casi todos están destruidos, y la causa es la multiplicación de las ferrerías, que consumen la leña y carbón en tanto grado, que con el tiempo desaparecerá enteramente el combustible, o será muy raro.»*²²⁹

Las dificultades que atraviesa el carbón tienen su reflejo inmediato en el sector siderúrgico. El incremento del coste repercute directamente sobre el precio del producto final, poniendo en peligro la competitividad del hierro vasco. El Quintal, que antes se vendía a 60 rls., en 1789 no descien- de de 80. En ocasiones rebasa los 90 rls., «*sin que por este aumento de precio saquen más utilidad los propietarios, quando al contrario el País halla mayor dificultad para hacer su comercio.*»²³⁰

²²⁶ Manuscrito anónimo procedente del Archivo de Prestamero, reproducido por J.M. Barandiarán, 1929, p. 103.

²²⁷ Así lo confirma R. Uriarte Ayo tras su estudio: «*No sería excesivamente aventurado suponer que el distanciamiento de éstos [recursos forestales] pudo multiplicar los costes derivados del acarreo y la elaboración.*» 1988, p. 130.

²²⁸ Gerónimo Tabern en su Informe a la Bascongada. *Extractos... 1789*, p. 17.

²²⁹ 1816, p. 302.

²³⁰ RSBAP: *Ensayo...*, 1768, p. 191.

Preocupados por la postración que amenaza a las ferrerías, los caballeros ilustrados del país se movilizan. Una gran parte de la labor de la RS-BAP se consagrará al estudio de la Metalurgia²³¹. La sustitución del carbón vegetal por el mineral no parece factible de inmediato, por lo que la Bascongada, siempre guiada por el pragmatismo, dedica sus esfuerzos a paliar los efectos más negativos de la escasez del primero y descubrir alternativas eficaces. Emprende diversas iniciativas para dilucidar los métodos más económicos en combustible.

Bien en sus laboratorios, bien a través de informes de sus socios, la RSBAP realiza estudios comparativos sobre las distintas variantes metodológicas practicadas en las ferrerías del país. Éste es uno de los principales objetivos que animan sus análisis de soplantes, de hornos de calcinación de menas, los viajes a centros siderúrgicos extranjeros,... En 1787, Fausto de Elhuyart estudia detenidamente los diversos métodos que aplican las ferrerías extranjeras. Los analiza atentamente conforme a un único criterio: el consumo de combustible²³². Concluye que el método que viene practicándose en el país para la elaboración del hierro sigue siendo el más adecuado a sus posibilidades.

Pero la carestía de combustible es una realidad acuciante. En 1789, el socio Gerónimo Tabern expone un informe al respecto en la Junta General de la Bascongada. En sus conclusiones propone que las ferrerías substituyan el carísimo y escaso carbón vegetal por el coque, *«pues según las observaciones de un químico moderno, el carbón de piedra puro no contiene parte alguna de azufre, y se consigue esta pureza por la acción del fuego.»*²³³ Alega la existencia de minas de carbón abundantes en Asturias, e incita a la RSBAP a emprender catas en los montes vascos.

²³¹ Véase el capítulo VI.3.1 dedicado al desarrollo y actividades de la Sociedad.

²³² Observa los establecimientos de Stoss (alta Hungría), Grob (Cariñola) y Treybach (Carinthia). La primera presenta un horno piramidal de 18 pies de altura. Sus métodos son los que más se asemejan al vasco. En la segunda funciona un horno de 14 pies de altura, de estampa similar al anterior. La última tiene fama de ser la mejor de la provincia y de toda Stiria. Dispone de un alto horno de 24 pies de altura, construído siguiendo las directrices de Jars. Su insuflado se realiza con 4 fuelles (todos los demás del país lo hacen con dos). *Extractos... 1787*, pp. 86-91.

Consumo		
	Pies ³ de carbón / 1 Q de hierro en barra	Comparación con Vizcaya
Stoss	43	consume más carbón, fabrica menos hierro
Grob	44	consume más carbón fabrica más hierro
Treybach	45 (sólo refinado)	consume más carbón fabrica menos hierro
Vizcaya	41	

²³³ *Extractos... 1789*, p. 19.

La Bascongada ya se había interesado con anterioridad en este aspecto. Cualquier alternativa al carbón de leña atrae su más vivo interés, dada la apurada situación que atraviesan las ferrerías. Experimenta con muestras extraídas del subsuelo del territorio vasco y permanece atenta a las novedades en este ámbito.

V.3. El acero fino al crisol. Método de Huntsman

La experiencia acumulada tras generaciones de acereros procuró a los hombres de las civilizaciones antiguas una cultura técnica, en ocasiones muy sofisticada. Las espadas japonesas medievales y las de Damasco ofrecen buena prueba de ello. Las primeras no llegaron a conocerse por sus coetáneos europeos; sí, en cambio, las segundas. El renombrado acero damasquino apareció a comienzos de la Era cristiana en Oriente Medio y se difundió por el Islam, a medida que éste consolida su imperio²³⁴. Europa no alcanzó parangón con la producción acerera oriental hasta fecha muy tardía. Sólo a partir de mediados del siglo XIX, el Viejo Continente comenzó a superar las cotas de producción metalúrgica de las culturas orientales.

En el siglo XVIII Europa se movía aún en unos volúmenes de producción reducidos. Era frecuente que, en piezas que exigían una especial dureza (como en el caso de algunas herramientas), se añadiese un buen acero en el extremo útil, estando confeccionado el resto con hierro barato local. Estos aceros primitivos al carbono carecían de aleaciones con otros elementos metálicos. Las variaciones en dureza y calidad se debían a la pericia del artesano y a las características de la materia prima empleada.

Los europeos estaban familiarizados con las técnicas del hierro forjado y colado. Tan sólo el acero los superaba en estima. Era altamente apreciado por sus cualidades, que lo convertían en el material idóneo para múltiples aplicaciones. Pero el alto coste de producción lo convertía en un material prohibitivo. Durante la Edad Media y hasta el siglo XVIII los acereros europeos de mayor renombre se localizaban en Estiria y en la Península Ibérica (el «acero de Mondragón», trabajado en la fábrica de espadas de Toledo).

A partir de 1740, los tradicionales centros manufactureros de acero fino (y con ellos, Arrasate) serán desplazados por Sheffield. Este año, el relojero Benjamin Huntsman culmina con éxito sus ensayos en busca de metal de alta calidad.

Sheffield destacaba desde fines de la Edad Media como centro productor acerero. Sus artesanos se hallaban especializados en la confección de cuchi-

²³⁴ Hasta 1821, los occidentales no consiguen desentrañar el secreto del acero de las espadas de Damasco. El mejor acero damasquino contiene entre el 0'87 y 1'28% de carbono. En ocasiones aparece acompañado de 0'04 a 0'14% de silicio.

llos y otros útiles para cortar. Trabajaban con lingotes de hierro forjado sueco, de excelente calidad, a los que sometían a un proceso de cementación²³⁵.

Benjamin Huntsman (1704-1776) es natural de esta localidad. Es maestro relojero y precisa del más homogéneo de los aceros. Sólo así puede garantizar el funcionamiento de los muelles que coloca en sus delicados mecanismos de precisión. Exasperado por las deficiencias del material disponible, ensaya diversas mejoras en la técnica que se venía practicando desde antaño en la ciudad. Sus experimentos le llevan a recuperar, de manera fortuita, la técnica de los antiguos crisoles orientales²³⁶. Para su construcción se sirve de piedra caliza y arcilla locales; ambos materiales resultan ser de excelente calidad. El combustible supone otra novedad: adopta el coque, que combinado con el chorro de aire proporciona temperaturas superiores a las obtenidas por medio del carbón vegetal. Huntsman divide las barras metálicas en pequeños fragmentos. Les añade un fundente y las reduce en un crisol de barro. Este método permite fundir incluso grandes lingotes, combinando la labor de varios crisoles.

El redescubrimiento del acero al crisol supone un oportuno respaldo a la Metalurgia occidental. Huntsman intenta mantener el secreto de su técnica, pero fracasa en el empeño. Poco después de su fallecimiento sólo en Sheffield funcionan 11 establecimientos de dichas características. No obstante el acero no consigue desligarse aún de su condición de metal caro y escaso, incapaz aún de usurpar su protagonismo al hierro fundido. Hasta el invento del convertidor por Henry Bessemer (1856) no será posible producirlo en forma masiva.

El método de Huntsman eleva notablemente la calidad del acero, pres-tándole una mayor uniformidad. El metal presenta, a lo sumo, 1/1.000 de manganeso y de silicio²³⁷. Las piezas con él fabricadas se caracterizan por la dureza y resistencia que confieren los métodos térmicos. De ahí su aplicación preferente en la confección de herramientas, muelles, cuchillos y determinadas armas.

V.4. Retroceso del hierro vasco en el mercado internacional

La vocación exportadora del hierro vasco supeditaba el sector del metal a las evoluciones del mercado exterior. Sus estímulos provenían de la demanda internacional; y era ésta, con sus avances y retrocesos, la que

²³⁵ El acero de cementación ordinario se obtiene por el calentamiento del hierro dúctil con carbón (carburation), sin llegar a su fusión. El procedimiento practicado en Sheffield consistía en colocar las barras de hierro forjado sueco en una caja de ladrillo refractario cerrada, en contacto con carbón vegetal. Se disponían en capas alternas. Se mantenían en combustión durante varios días, a una temperatura aproximada de 550 °C.

²³⁶ Técnica oriunda de la India (aproximadamente s. v a.C.).

²³⁷ *Espasa*, T. II, p. 120.

condicionaba las variables de producción y venta del producto. Durante los siglos XVII y XVIII, la ferrería conservó su reputación en la producción de hierro de calidad, donde no tenía rival. Mantuvo su posición en la oferta de productos selectivos de alto precio. Pero había perdido aquella capacidad exportadora que le había encumbrado a una posición hegemónica en las centurias anteriores.

Los mercados que habían absorbido tradicionalmente la producción sufrieron una drástica reducción. Este fenómeno se tornaría irreversible ante la negativa del País Vasco a adecuarse a las nuevas condiciones tecnológicas, esto es, a la fundición. La pujanza de los nuevos centros siderúrgicos, productores de arrabio, lo relevaron de las que habían sido sus plazas tradicionales. La competitividad del lingote extranjero era tan alta que, incluso, consiguió introducirse en el mercado castellano y colonial, reserva del vasco por antonomasia.

En 1644, las principales cuencas hidrográficas del Señorío (Cadagua, Nervión, Zeberio, Ibaizabal, Arratia,...) albergaban 152 ferrerías mayores y menores. Su cómputo había ascendido a 177 en 1658²³⁸. Pero en las décadas de 1670 y 1680, su número se redujo sensiblemente. Hacia fines del siglo XVII, 147 ferrerías se mantenían labrantes, frente a 128 establecimientos arruinados²³⁹.

Las Indias Occidentales ofrecían un refugio privilegiado donde poder colocar toda aquella producción que la Europa más desarrollada rechazaba. Pero el continente americano resultaba un cliente excesivamente atractivo como para permanecer ignorado por los competidores. La sola economía de los precios del hierro colado les franqueaba la entrada en Indias en las condiciones más ventajosas. En torno a 1775 un Quintal de hierro sueco costaba en Cádiz 70 reales; el Quintal del vasco se vendía en la misma plaza, a precio de costo, a 80 r²⁴⁰.

El colapso de la demanda internacional desencadenó fuertes tensiones en el País Vasco. La estructura productiva heredada de época bajomedieval se derrumbaba ahora por las fricciones entre quienes pujaban por acaparar el reducido segmento comercial que le quedaba. Los territorios históricos se estorbaron mutuamente y emprendieron estrategias marginadoras. La apurada situación y la conciencia de que «no había sitio para todos» relegó

²³⁸ 107 ferrerías mayores y 70 menores sobre un total de 200 establecimientos. J.R. de Iturriza, vol. I, p. 113. P. Henao, libro 1, cap. 38.

²³⁹ Informe del corregidor Fernando de Mier al procurador general del Señorío, año de 1688, citado por Valle Lersundi, 1979, p. 500. Reconocimiento efectuado por la Diputación de las Juntas Generales en 20-X-1687, citado por Basterra, 1894, p. 26. Labayru, T. I, p. 581.

²⁴⁰ En 1775, una Real Cédula de Carlos III prohíbe la introducción de hierro sueco en los dominios de la Corona. Sólo tras esta disposición, la cotización del Quintal de hierro sueco se elevó hasta alcanzar un precio entre 112 y 120 reales en Bilbao, y dejó de hacer sombra al vasco. J.R. Iturriza, vol. I, p. 114.

pronto cualquier noción de colaboración. Pujaron tratando de superarse en la carrera por el control de los escasos resortes disponibles²⁴¹.

La competencia del hierro colado era difícil de sostener. Desde el País Vasco se emprendió una intensa campaña para conseguir el monopolio efectivo de los mercados castellanos, tanto el peninsular como el colonial. Las presiones cerca de la Corona se tradujeron en una sucesión de reales cédulas (1619, 1621, 1674,...) por las que se vetaba la entrada del hierro extranjero y su venta en Indias. La repetición de las disposiciones ofrece un claro indicio de su incumplimiento.

En 1728 se fundó la Real Compañía Guipuzcoana de Caracas²⁴². Con ella culminaba más de un siglo de reivindicaciones por el mercado colonial del hierro. El malestar despertado por una leva de marinería exigida por la Corona en 1727 había brindado la ocasión propicia. La provincia aprovechó este servicio para solicitar a cambio al Ministro Patiño medidas que regenerasen su comercio y navegación. La Corona respondió favorablemente y otorgó a los donostiarras la exclusiva del tráfico con Venezuela (previo pago de derechos de aduana en Cádiz). Nace así la Real Compañía, que disputó a Sevilla y Cádiz la reserva de la que habían gozado tradicionalmente sobre el comercio indiano. Las nuevas actividades monopolísticas abrieron un período de bonanza para la exportación del lingote vasco. La hiperprotección del mercado colonial propició efectos positivos inmediatos sobre el sector siderúrgico.

En las décadas centrales del siglo XVIII se le añadieron nuevos estímulos que fortalecieron oportunamente el pulso productivo. Uno de ellos vino ofrecido por el mismo mercado interior peninsular. La evolución demográfica y agrícola de la España dieciochesca atravesó una coyuntura favorable que estimuló, dentro de los límites económicos del Antiguo Régimen, una promoción de la demanda interna. La extensión de las roturaciones, la mejora de los transportes y la política de construcción naval emprendida por los monarcas fortalecieron el mercado peninsular de productos siderúrgicos y sus transformados.

En las mismas fechas el mercado inglés se mostró receptivo a las importaciones de los hierros de procedencia extranjera; entre ellos, el vasco. La economía británica, en tanto no se generalizó la oferta del alto horno al coque, requería cantidades crecientes de hierro que su propia industria no

²⁴¹ Los vizcaínos se ampararon en sus Fueros y costumbres para negar aprovisionamiento de mineral de Somorrostro a los establecimientos guipuzcoanos. La ciudad de Vitoria, centro de intermediación en el tránsito entre Castilla y el atlántico, fue víctima de varias iniciativas aislacionistas; las provincias costeras buscaban conexiones directas que agilizaran la comercialización y evitaran costos añadidos de intermediación. San Sebastián sucumbió ante la competencia de los puertos de Bayona y Bilbao, que polarizaron el tráfico ultramarino...

²⁴² Véase la monografía de Montserrat Gárate Ojanguren, *La Real Compañía de Caracas*, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones, «Publicaciones del Grupo Dr. Camino de Historia Donostiarra, 31», San Sebastián, 1990.

podía aún satisfacer. Se trataba de un pequeño «respiro» que ofrecía el Reino Unido a sus competidores, en tanto asentaba las bases de nuevas tecnologías que relanzarían definitivamente su Siderurgia.

Las décadas de 1750 y 1760 ofrecen el período más dinámico de los siglos XVII y XVIII. Los indicios apuntan hacia una recuperación de posiciones en el mercado internacional²⁴³. Tampoco fue desdeñable la demanda proveniente del sector agrario interior (Castilla y la misma Araba), que requerían aperos de labranza. En adelante la agricultura meseteña y la alavesa misma se consolidarían como un importante consumidor de las ferreerías alavesas, llegando a absorber en torno a un tercio de su producción.

La industria tradicional del hierro respondió a la bonanza de los negocios con el aumento del número de ferreerías. Para 1773 en Araba se registraban cinco nuevas. A fines del XVIII funcionaban en esta provincia 20 establecimientos, y otros 296 en el resto del PV²⁴⁴. Entre 1752 y 1773 el número de establecimientos en Gipuzkoa se elevó de 91 a 103²⁴⁵. Su mantenimiento a medio y largo plazo implicaba, no obstante, la asunción de una competitividad que, no obstante, la Siderurgia vasca se hallaba muy lejos de ofrecer. Sus parámetros productivos permanecieron anquilosados en la tecnología tradicional; «*a medio plazo, se convertirían en medios de producción anacrónicos.*»²⁴⁶Hacia fines del siglo XVIII, el hierro forjado perdía definitivamente su capacidad de penetración en el extranjero, y las perspectivas de exportación se tornaron cada vez más inseguras. Las insu-

²⁴³ Véase R. Uriarte Ayo, Leioa, Vizcaya, 1988.

²⁴⁴ Se localizan en las hermandades de Llodio (3 ferreerías), Ayala (7), Urcabustaiz (1), Zuya (1), Villarreal (1), Aramayona (2), Asparrena (1), Arraya (1) y Vladegobía (1). J.I. Homobono, 1980, p. 275. Véase también Landazuri y Romarate, 1901, pp. 114-6.

Una estadística manuscrita localizada por J.M. de Barandiarán en el Archivo de Prestamero (1929) arroja cifras similares a las ofrecidas por Homobono: 294 ferreerías labrantes en las tres provincias vascongadas, que trabajan 230.000 Qm. de a 4 arrobas. Se distribuyen del siguiente modo: 20 establecimientos en Araba; 94 en Gipuzkoa; y 180 en Bizkaia. El manuscrito cita, además, 4 fábricas de fusiles (Plasencia, Mondragón, Eibar y Elgoibar); 6 oficinas de anclas (San Sebastián, Usúrbil, Hernani, Urnieta, Aya y Tolosa); 2 fanderías (Rentería e Iraeta); 1 fábrica de espadas y bayonetas en Tolosa; 3 de baterías de cocina (Tolosa, Vitoria y Durango) y 3 de balconería (Durango, Elorrio y Tolosa).

Labayru (T.I, p. 575) estima en 13 el número de ferreerías labrantes en Araba para las mismas fechas en que J. M. de Barandiarán ofrece la cifra de 20. Las diferencias entre ambos listados han sido aclaradas por M. Ibáñez et al., 1992, p. 146.

Para un seguimiento del cómputo de establecimientos, disponemos de las diversas encuestas efectuadas por los miembros de la RSBAP, recogidas en sus *Extractos...*

²⁴⁵ Los datos de 1752 (Arocena, 1935) son aportados por Oquendo. Funcionan 72 ferreerías mayores y 12 martinetes (más 7 acererías), con una producción anual de 88.600 Qm. El cómputo de la RSBAP para 1773 arroja un número de 103 ferreerías: 75 mayores, 22 martinetes y 6 fábricas de acero (*Extractos...*, pp. 54-55).

La cifra de 1752 se halla sobredimensionada por incluir las ferreerías de los valles navarros septentrionales, según advierten «Lengokoak» (1965). Esta circunstancia significa que el aumento de establecimientos labrantes entre las dos fechas es aún más acentuado.

²⁴⁶ J.I. Homobono, 1980, pp. 275-6.

ficiencias estructurales se agravaron con los problemas de abastecimiento de combustible.

La fallida reconstrucción de la ferrería de Agorriola (Aia, Gipuzkoa) en 1754 refleja las perspectivas que avistaba un ferrón de la época²⁴⁷. La coyuntura de las décadas centrales del siglo alentó la reconstrucción y puesta en explotación de este vasto complejo, que permanecía inactivo, al parecer, desde mediados del siglo XVI. La iniciativa partió del antiguo ferrón de Bikuña (Legazpi) y Ursuaran (Segura/Idiazabal), Joaquín de Lardizábal. Su experiencia en el negocio le permitió sopesar la reedificación de la antigua ferrería de Aia, guiado por un indudable ánimo de lucro. La obra se llevó a cabo sobre planos («traza») del maestro Ybero²⁴⁸. Las dimensiones del proyecto prolongaron los trabajos en el transcurso de casi 10 años y finalizaron en 1764.

El resultado no satisfizo a Lardizábal, quien pronto pudo cerciorarse de que la captura y aparejo hidráulico reunían numerosos defectos que impedían su funcionamiento. Sorprendentemente, dos años más tarde abandonaba cualquier intención de rectificación y, con ella, la posibilidad de labrar hierro y amortizar las inversiones iniciales. Al parecer la colosal obra efectuada en los años anteriores no fue puesta nunca en funcionamiento. Sólo se aprovecharon los dos molinos del conjunto. Aunque se desconocen los motivos, parecen estar relacionados con el cambio de coyuntura y que un hombre de la experiencia de Lardizábal habría podido muy bien presagiar.

Los ferrones vascos perdieron el tren del hierro colado al carbón vegetal. Fueron desbancados en el mercado del acero de calidad por los nuevos métodos de Sheffield. El alto horno al coque no parecía amenazarles de inmediato, pero tampoco les inspiró excesivo interés. ¿Qué motivos les indujeron a aferrarse a las técnicas de sus abuelos? En la actualidad se manejan varias hipótesis que no son incompatibles. Algunas se remiten a la naturaleza de las materias primas del País Vasco. Las excelencias del mineral vizcaíno, p. ej., desmerecían tras su sometimiento al alto horno; sólo el procedimiento de la forja extraía de él sus mejores cualidades.

Pero este argumento no explica la actitud de los guipuzcoanos, quienes durante años sufrieron el bloqueo vizcaíno de abastecimiento de vena. Llegado este extremo, se argumenta la voracidad con que los hogares altos consumían el combustible. Tales cantidades hubieran precipitado la es-

²⁴⁷ Véase la monografía realizada por M.^a Mercedes Urteaga Artigas (coord.), especialmente los fols. 69-122.

²⁴⁸ M.^a Rosa Ayerbe y Luis Miguel Díez de Salazar consideran que posiblemente se trate del maestro arquitecto Francisco de Ibero, natural de Azpeitia, a quien se deben numerosas obras del patrimonio artístico guipuzcoano: el Santuario de Loiola y gran número de iglesias y torres. «Este dato daría una importancia especial a la ferrería de Agorriá, caso de confirmarse.» M.^a Mercedes Urteaga Artigas (coord.), *op. cit.*, fol. 80.

quilación de los montes, cuya productividad mantenía un delicado equilibrio con las intesas talas. De ahí que no se considerara su implantación. La experiencia de la Real Fábrica de Municiones de Eugi parece refrendar este extremo.

Las nuevas instalaciones, por otro lado, hubiesen exigido un desembolso que apelaba directamente al gran capital. Y éste no figuraba en el patrimonio de los olagizones arrendatarios. Sólo la gran burguesía comerciante disponía de tal solvencia. Pero, en pleno siglo XVII, sus miras no se hallaban puestas en las ferrerías.

«El comerciante estaba dispuesto [afirma L.M. Bilbao] a adelantar un capital circulante de fácil, segura y pronta recuperación con las ganancias adicionales al crédito concedido. Pero quizá no estaba dispuesto [...] a unas inversiones en capital fijo que hacían lejana y problemática la obtención de beneficios hasta alcanzar una tecnología y, sobre todo, unos mercados ya difícilmente recuperables.»²⁴⁹

Las iniciativas por superar la crisis partirían de un sector directamente interesado en su promoción. En el capítulo siguiente veremos cómo representantes de la nobleza rural vasca, propietaria de ferrerías, se inquietan ante el creciente desfase tecnológico vasco y los recursos a los que apelarán para tratar de superarlo.

²⁴⁹ 1977, p. 179.

Capítulo VI

Tiempo de reflexión

«El nivel científico-tecnológico y podríamos añadir industrial de una sociedad depende fundamentalmente del sistema educativo y de su flexibilidad y capacidad para transmitir su conocimiento al sistema productivo.» P.M. ETXENIKE

Los estados europeos de los siglos XVII y XVIII conocían bien las ventajas políticas que aportaba el dominio tecnológico en materia militar. Pero comenzaron a especular también sobre sus repercusiones desde una óptica estrictamente mercantilista. Los hallazgos de los laboratorios creaban modelos que, aumentados a escala, podían ser explotados al servicio de la industria. Asociados al concepto de riqueza, los conocimientos técnicos son tratados con mimo por los soberanos modernos. Les guía la rentabilidad a corto y medio plazo de las pesquisas. Los gobiernos europeos impulsan el nacimiento de colegios y escuelas volcadas hacia las enseñanzas tecnológicas. Nacen así las sociedades científicas, dedicadas tanto a la ciencia pura como a sus aplicaciones. En la mayoría de los casos las nuevas instituciones crecen al margen de las universidades.

Los países centroeuropeos se adjudican los mayores logros. En 1720 se funda un laboratorio analítico en la ciudad de Freiberg por iniciativa privada (J.F. Henschel) con ayuda oficial. Sus investigaciones se encuentran estrechamente vinculadas a la explotación minera de los yacimientos de Sajonia. En 1767 se transformará en una «Academia de Minas» (Bergakademie), admirablemente organizada y con un alto nivel de cualificación. De similar prestigio goza la «Universidad Minera» de Schemnitz, que da sus primeros pasos en 1735. Pero es hacia 1770 cuando inicia una carrera de respaldo internacional. En este mismo año se funda la «Real Academia Húngara de Minas», que rivalizará en lo sucesivo con la de Freiberg.

Tanto los estados de Austria como los de Hungría y Sajonia disfrutaban del monopolio de las minas de sus territorios. Es comprensible, pues, el interés de sus administraciones públicas por estimular la investigación en dichas áreas. Y mucho más si tenemos en cuenta que estas materias se hallaban marginadas de los programas de la enseñanza superior.

El estado francés acapara el control de las vías de comunicación. Hacia 1747 inicia su actividad l'École des Ponts et Chaussées, bajo la dirección de Jean-Rudolphe Perronet. El título de «École» no será oficial hasta 1775; pero su ejemplo cunde de inmediato y estimula la fundación de instituciones al servicio de distintos organismos oficiales, siendo «l'École du Génie» (1747) la más famosa.

A fines del siglo XVII gobierna el Imperio castellano el último rey de la dinastía de los Austrias, Carlos II. El hundimiento en el que se precipita la Corona induce a la reflexión a profesionales de los más variados ámbitos de los saberes científicos y humanísticos. Florece en esta época una élite intelectual de inquietudes regeneradoras. Comparte una misma preocupación por el devenir del país.

Se gesta así una brillante generación de pensadores y científicos que apuesta por asimilar los principios de la ciencia moderna. Ya a mediados del siglo XVII se habían escuchado las primeras voces en defensa de la renovación. Pero es en 1687 cuando cristaliza un grupo de profesionales de tendencia progresista en torno a Juan de Cabriada²⁵⁰. Su espíritu les lleva a denunciar el tradicionalismo intransigente que domina la cultura y la investigación españolas. Abrazan decididamente las nuevas corrientes del pensamiento científico europeo. Se los conoce como los «novatores».

El anquilosamiento de los grandes centros docentes de la Castilla barroca (Salamanca, Alcalá, Valladolid) discrimina del foro universitario a los novatores. Éstos encuentran refugio en los salones de nobles y clérigos²⁵¹. Entre sus mecenas se distinguen Juan José de Austria, el marqués de Villena, el marqués de Mondéjar, el duque de Montellano, el conde de Alcudia, el marqués de Villatorcas,... Todos ellos hacen gala de una mentalidad iluminada que anuncia la de los nobles ilustrados de la segunda mitad del siglo XVIII.

Los mismos sabios organizan sus propios encuentros de forma independiente. Muchos de ellos se transformarán, con el paso de los años, en instituciones que gocen del reconocimiento real. Así, p. ej., el caso de las reuniones que el médico Juan Muñoz y Peralta inicia en 1697 en su casa de Sevilla. En 1700, el monarca Carlos II las institucionaliza como «Regia

²⁵⁰ En 1687, Juan de Cabriada publica su *Carta filosófica, médico-chymica*, que se convierte en un manifiesto donde se reivindica la renovación de las disciplinas científicas en España. En ella propone la observación y la experimentación como criterio único; esto es, unos fundamentos netamente progresistas.

²⁵¹ Véanse los estudios de J.M. López Piñero y S. García Martínez al respecto.

Sociedad de Medicina y otras Ciencias». De este modo se convierte en el primero de los centros oficiales en la Historia en España.

El País Vasco del siglo XVIII carece de una Universidad donde desarrollar tan elevados ámbitos del saber. Postergado de los foros de enseñanzas superiores, sus inquietudes intelectuales adquieren una marcada vocación pragmática, mediatizada por las necesidades del momento: la navegación y la siderurgia. El vasco de los siglos XVII y XVIII trata de potenciar ambas con los recursos disponibles y siguiendo el modelo más próximo: la Europa atlántica.

En una Castilla aferrada a las notas más oscuras del pensamiento medieval, las nociones del comercio y la industria modernas que ya animaban a las potencias europeas hacen su aparición de la mano de nautas y ferrones vascos. Metalúrgicos, comerciantes y navegantes de los territorios históricos se codean con los más intrépidos negociantes de la Europa moderna. Vigilan sus empresas con atención para asegurarse jugosos beneficios. Los hidalgos vascos no hallan inconveniente alguno en hacer negocios y presumir de limpieza de sangre. Relata Lope Martínez de Isasti en 1625 que *«se ocupan hasta treinta personas en cada ferrería, y se gana de comer trabajando, sin que por ello se pierda nada de la nobleza, por ser de sangre, que les provino de sus mayores»*.²⁵²

El olajaun arrendador, el ferrón arrendatario, el comerciante, el navegante... constituyen la génesis de una próspera clase social de connotaciones netamente burguesas. Evolucionan al margen de la sociedad castellana tradicional, sometida aún a viejos prejuicios medievales acerca del sentido del honor y del desprecio al trabajo. Por su condición de nobles o *«jauntxos»* (como se les conoce en el país), son equiparados por Julio Caro Baroja a la *«gentry»* inglesa. Describe a unos y a otros como *«familias adineradas, de linaje más o menos oscuro y mezclado, que aumentan su dinero, generación tras generación, y que viven muy holgadamente, usando todos los adelantos y modas del momento [...]»*. Caro les atribuye una prosperidad continuada, por encima de las crisis y avatares que sacuden al país, hasta mediados del siglo XIX²⁵³.

Su progresismo no se halla reñido con la ortodoxia católica²⁵⁴. Al contrario. Los inquietos hidalgos vascos ofrecen la réplica a los burgueses de Suiza y Países Bajos, que atesoran capitales con la bendición del puritanismo protestante. En la apostólica y romana Vasconia, triunfan los practi-

²⁵² Libro I, cap. XII, n.º 30.

²⁵³ Recientes estudios de I. Carrión refrendan este parecer, atribuyéndoles *«negocios florecientes y ascenso social»*, lo que no es óbice para que conociesen dificultades coyunturales. 1991, p. 252.

²⁵⁴ Cosa que sí sucederá generaciones después con los futuros ilustrados. Una suspicaz Inquisición vigilará atentamente las evoluciones de los miembros de la RSBAP, ya en el último tercio del siglo XVIII. Tendremos ocasión de comprobarlo en las páginas siguientes.

cantes fervorosos que manejan sus negocios con el más pragmático de los talentos²⁵⁵. El P. Larramendi (S.J.), p. ej., es uno de los más fervientes defensores del espíritu emprendedor de sus paisanos.

VI.1. Juan Bautista y Pedro Bernardo Villarreal de Bériz

Al abrigo de este ambiente, nace una élite intelectual de marcada inclinación empresarial que, ya desde fines del siglo XVII, sienta el precedente del espíritu ilustrado dieciochesco. Sus protagonistas se caracterizan por una moderna concepción del mundo, de la riqueza, del individuo. Los hermanos Juan Bautista y Pedro Bernardo Villarreal de Bériz son dos de sus exponentes mejor conocidos. Nos hallamos ante unos nobles de refinada cultura, apasionados de la lectura y con grandes dotes para la técnica. Hacen llegar cajones de libros desde Inglaterra, Holanda e Italia, y mantienen una relación epistolar con distintos eruditos hispanos e italianos, acerca de cuestiones científicas, matemáticas y astronómicas²⁵⁶.

En el segundo cuarto del siglo XVIII, los Villarreal cultivan una animada tertulia de corte científico. En ella se dan cita aristócratas y burgueses que mulgran con los aires modernizadores que circulan al otro lado de los Pirineos. La excelente biblioteca que sus anfitriones ponen a su alcance les mantiene al tanto del momento científico y tecnológico europeo. Los contactos de los Villarreal con el extranjero estimulan una viva relación entre su círculo y las corrientes de la época. Esta circunstancia supone una excepción, si no tal vez en el País Vasco, sí en una España donde los niveles de ostracismo inspiran a Juan de Cabriada amargas reflexiones:

«Que es lastimosa y aun vergonzosa cosa que, como si fuéramos indios, hayamos de ser los últimos en recibir las noticias y luces públicas que ya están esparcidas por Europa. Y asimismo, que hombres a quienes tocaba saber esto se ofendan con la advertencia y se enconen con el desengaño. ¡Oh, y qué cierto es que el intentar apartar el dictamen de una opinión anticuada es de lo más difícil que se pretende en los hombres!»²⁵⁷

Sus biografías discurren entre los quehaceres administrativos locales de cargos de mayor o menor relumbré, característicos de los miembros de la nobleza provinciana. De los dos hermanos, Pedro Bernardo es el más conocido. Debe tal notoriedad a la publicación de un tratado sobre ingeniería hidráulica aplicada a la ferrería. La singularidad de su libro ha atraído la atención de los estudiosos.

²⁵⁵ «En el país vasco, en el siglo XVIII, los jesuitas cantan las excelencias del trabajo frente a la concepción aristocrática de la vida, simbolizada por Madrid.» J. Caro Baroja, 1958, p. 254.

²⁵⁶ Para el detalle de obras y autores, véase K. Larrañaga, 1974, pp. 326-335.

²⁵⁷ Citado por J.M. Piñero, 1974, p. 422.

VI.1.1. *La obra de Pedro Bernardo Villarreal de Bériz (1670-1740)*

Pedro Bernardo es natural de Mondragón. Nace en el seno de una familia de alcurnia, de la estirpe de los Gamboa²⁵⁸. Recibe una esmerada educación. Su formación, unida a sus aptitudes naturales, hacen de él un hombre de vasta cultura. No tiene inconveniente en combinar su condición nobiliar con los negocios familiares y el cultivo de una de sus principales aficiones: la realización de proyectos de naturaleza arquitectónica e ingenieril.

Las inquietudes intelectuales le llevan a reunir una biblioteca con más de 1.000 volúmenes y mapas; así como una colección de instrumentos científicos procedentes en su mayoría de Francia, Holanda e Inglaterra. Los salones de su palacete, la torre de Uriarte en la villa de Lequeitio, congregan una animada tertulia de hombres de talante reformista, como su anfitrión.

Desarrolla una fecunda carrera en la administración local y del Señorío. Es Corregidor de la provincia, Alcalde de Mondragón en una ocasión, y en otras tres de Lequeitio. También desempeña el cargo de Diputado General del Señorío en dos ocasiones. Su ejercicio le brinda la oportunidad de conocer de forma precisa las necesidades más perentorias del país en materia económica y cultural. Ingresa en la Orden de Santiago hacia 1736.

La Ingeniería hidráulica es una de las disciplinas que más le atraen. Pedro Bernardo es, ante todo, un innovador de principios... y, sobre todo, de obras. Hemos tenido ocasión de citarlo repetidamente en el apartado referente a las instalaciones de las zeharrolas. Las ferrerías vascas desmerecen en su opinión, porque las considera víctimas de la tradición irracional, asfixiadas por prácticas artesanales fundadas en la ignorancia.

Pedro Bernardo pretende esclarecer los principios teóricos para la construcción del complejo mecánico, conforme a las leyes racionales de la Ciencia y Tecnología en boga. Su sentido eminentemente pragmático le lleva a experimentar con algunos de los métodos propuestos por Agrícola. En 1694 inicia la restauración del conjunto de la ferrería de Bengolea: las fábricas, la maquinaria, su presa²⁵⁹ y el molino de la misma. Se hace cargo de ella y la administra personalmente²⁶⁰.

²⁵⁸ Letona y Leibar (1970, p. 60) se refieren al mismo como Pedro de Villarreal Gamboa y Bériz.

²⁵⁹ Que no es de contrafuertes, como cabría pensar por la posterior actividad de Villarreal, sino de gravedad. Véase capítulo II.3.1.

²⁶⁰ Villarreal no sólo no compartía la fobia castellana al trabajo. Aún más, lo confesaba públicamente y no tenía inconveniente en publicarlo. Extraemos la siguiente cita de su libro, publicado en 1736: «[...] y así mi inclinación se fue cebando, y aumentando tanto, que aunque otros han cuidado de los materiales, y labranza de las Herrerías, he cuidado siempre de sus obras, asistiendo a ellas: y quando la falta de salud me lo ha embarazado, he dado medidas, e instrucciones.»

Todavía hoy podemos admirar las dimensiones monumentales del conjunto, superiores a la modestia que caracteriza a la mayoría de las herrerías del país. Una de ellas, conocida como «la Mayor», disponía de 2 hornos, cada uno de ellos equipado con su correspondiente pareja de barquines y rueda. Al final de la estolda existía un molino con presa baja de piedra. Ésta y sus canales podían elevarse cuatro pies (unos 112 cm.) durante los meses de estiaje, con el fin de prolongar la temporada de labranza en época de aguas bajas.

Relacionadas con esta faceta conviene recordar sus realizaciones en materia de presas, tal y como ha quedado señalado con anterioridad²⁶¹. Recupera para esta especialidad la tradición de las pantallas con contrafuertes, modalidad perdida desde sus últimos constructores, los ingenieros romanos del Imperio.

Hacia el final de su vida, recoge sus conocimientos en la obra *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya*, publicada en 1736. Para entonces, han transcurrido 40 años desde que se hiciera cargo del negocio familiar. Esta experiencia le ha brindado la oportunidad de aplicar la teoría y comprobar su acierto. Sus páginas se hallan, además, muy bien documentadas, como cabe esperar de la marcada inclinación intelectual de su autor. Ya en los momentos inmediatos a la publicación, el libro se gana los elogios de reconocidos matemáticos y eruditos.

VI.2. La escuela navarra. El nacimiento de la economía en España

Nos hemos detenido en Pedro Bernardo Villarreal de Bériz por su estrecho vínculo con la industria del hierro. Pero no podemos dejar de mencionar otras figuras que, en fechas tan tempranas, compartieron unas mismas inquietudes por la Economía en general; y por el comercio y la industria metalúrgica en algunos casos particulares. Son considerados el precedente de los fisiócratas y mercantilistas y, más tarde, de los ilustrados carlotercistas.

Encontramos aquí a los navarros Jerónimo de Ustáriz²⁶² y a Francisco Xavier de Goyeneche²⁶³. Ambos son considerados, junto con Ward, los padres de la Economía en España. Los dos primeros inician la que se ha conocido como «escuela navarra»²⁶⁴, corriente de carácter marcadamente mercantilista. Se prolongará a lo largo del siglo XVIII en la figura de otros

²⁶¹ Véase capítulo II.3.1.

²⁶² Tratado teórico y práctico del Comercio, 1724.

²⁶³ Comercio de Holanda o el Gran Tesoro historial y político del Floreciente comercio que los holandeses tienen en todos los Estados y Señoríos del Mundo..., publicado en 1717.

²⁶⁴ Véase Quadra Salcedo, 1943, p. 151.

brillantes economistas, muchos de los cuales desempeñarán un destacado papel en la Corte, en la administración de la Hacienda²⁶⁵.

VI.2.1. *Simón de Aragorri y la Fandería de Rentería (Aragorriola)*

Entre los personajes citados figura Simón de Aragorri y Olavide, Marqués de Iranda. La Metalurgia vasca encuentra en él uno de sus más brillantes exponentes del Siglo de las Luces. A él se debe la instalación de una fandería en Rentería, Aragorriola, la primera en el lapso de casi dos siglos.

Las fanderías substituyen el penoso proceso del martinete. En ellas se perfecciona el moldeado del hierro crudo o el tocho salido de la forja. Consisten en un tren de laminación impulsado por la energía que dispensan una o varias ruedas hidráulicas verticales. Éstas suelen ser de corriente baja o «vitrubianas». Son preferibles a las de corriente alta o gravitatorias debido a su lento movimiento, que se adapta mejor al ritmo de trabajo del metalúrgico que manipula las masas.

El laminador consiste en un aparato provisto de rodillos cilíndricos lisos, que aplasta la barra de hierro y la transforma en una delgada chapa. Posteriormente se la somete a la acción de la tajadera mecánica, aparato provisto de cuchillas giratorias. Esta máquina corta la lámina en barras, hasta 12 tiras estrechas e uniformes. La mecanización de las manipulaciones a pie de horno procuran una facturación de gran perfección, más rápida y económica que la de la forja.

Las chapas y cintas así obtenidas suponen un producto intermedio. Su transformación definitiva tiene lugar en fábricas metalúrgicas mecanizadas, provistas de trefiladoras, prensas hidráulicas y otros ingenios. Se aplican en la confección de clavazones, alambre, cuchillería y otros artículos de ferretería doméstica.

Las fanderías se expanden en Europa durante el siglo XVI, poco después de la muerte de Leonardo da Vinci (1519)²⁶⁶. En torno al 1600, el Principado de Lieja se apoya en talleres de estas características para emprender su desarrollo industrial. Para el siglo XVII, el producto de las fanderías europeas se ha convertido en una mercancía altamente competitiva. Pero su eficacia despierta el rechazo de los maestros ferrones, que ven en ellas un temible competidor.

²⁶⁵ Como Miguel Múzquiz y Goyeneche, Conde de Gausa, ministro de Carlos III; Cabarrús, fundador del Banco de San Carlos; Simón de Aragorri, Marqués de Iranda; Muguero, Gano, Iturralde,... De todos ellos afirma de la Quadra que «ponen muy alto el genio vascongado en cuestiones hacendísticas.» *Ibid.*, p. 151.

²⁶⁶ Leonardo ya había ideado una laminadora hidráulica en su *Códice Atlántico*. Pero el mecanismo era excesivamente complejo para su aplicación, dado que estaba provisto de numerosos engranajes. Nunca se llevó a la práctica.

La primera fandería de la Península se instala en la herrería de Berna, cerca de Durango, en la confluencia de los ríos Ibaizabal y Orobio²⁶⁷. Su construcción data de 1591 y se debe a Juan de Herrera y su sobrino, Pedro de Liermo. Vende su producción a los artesanos de Durango y a los cerrajeros de Madrid.

La suspicacia de los artesanos, unida a la postración técnica española detuvo la expansión de este tipo de establecimientos en la Corona de Castilla en el siglo XVII. En el siglo siguiente Argorri hubo de afrontar también el rechazo del artesanado tradicional. Arocena señala que, dadas sus características (especialmente su alta productividad), el ingenio del Marqués se presentaba como un temido rival del consorcio de herrerías del Urumea.

La Junta General Preparatoria de la RSBAP celebrada en 1765 denunciaba la falta preparación de los maestros vascos en la fabricación de hoja de lata, tachuelas, alambre, agujas « [...] y toda especie de quincallería y obras delicadas de fierro y acero». Muchas de estas especialidades hacían referencia al producto de la fandería, que se hallaba ausente en la oferta metalúrgica vasca del momento.

El 8 de agosto de 1769, Simón de Argorri compra la herrería de Renteriola, a orillas del Oarso. Se trata del mismo enclave donde veinte años atrás había fracasado el intento de establecer una Real Fábrica de Anclas (1749). Invierte más de 80.000 pesos en el negocio, que se inaugura en 1770 bajo el nombre de Argorriola.

Su equipamiento despierta la admiración de cuantos industriales la contemplan dada su modernidad. Sobresalen los dos hornos de reverbero alimentados por carbón mineral además del propio ingenio de laminación. El empleo del alto horno para la obtención de arrabio supone un caso excepcional en el conjunto siderúrgico de Gipuzkoa, en el que domina el proceso directo de obtención del hierro; más aún el combustible que lo alimenta, el carbón «de piedra». M. Urteaga estima que la temperatura alcanzada superaría los 1.500 °C²⁶⁸.

La maquinaria consiste en un conjunto de cilindros y cortantes que actúan sobre hierro, cobre, u otros metales. Son manejados por «*Oficiales Extrangeros, e inteligentes*», según observa Tomás López, contratados en Alemania. Disponemos completas descripciones que datan de su misma época²⁶⁹. Impulsadas por mecanismos hidráulicos, laminadoras y tajade-

²⁶⁷ Véase la monografía de Luis Cervera Vera: *El «ingenio» creado por Juan de Herrera para cortar hierro*, Madrid, Castalia, 1972.

²⁶⁸ 1995. «*Es de suponer que el alto horno para fundición del hierro se situaría en la margen derecha de la estolda, en una zona en la que se cuidarían de evitar las humedades.*»

²⁶⁹ Ignacio Gamón, es el responsable de un informe confeccionado hacia 1769, con destino al *Diccionario de la Academia* para la voz «Rentería». Los editores del Diccionario cercenaron el estudio para su publicación; pero el original conserva valiosos datos acerca del equipa-

ras ejecutan dos tipos de operación. Por un lado, cortan de 3 a 11 «líneas españolas en cuadro»; y sus cilindros ensanchan, adelgazan y alargan hasta 12 líneas (de un grosor de 6 a 84 líneas de ancho por 1 a 20 pies de largo).

El ingenio laminador dispone de una sola rueda que acciona el conjunto de mecanismos. Sus dimensiones son remarcables: 32 pies de diámetro (unos 9 metros) y 16 palas de roble²⁷⁰. Es de corriente baja. Supone un notable ahorro de tiempo, carbón y operarios respecto a los métodos de trabajo usuales en el país; sobre todo, en lo que concierne a la elaboración de clavazones, pipería, vasijería, arcos de cubos,... En una operación de tirar en fino o muy delgado entre 25 y 30 quintales de hierro, p. ej., consume entre 30 y 40 quintales de carbón mineral de origen escocés²⁷¹ y ocupa a 7 operarios: el maestro, cuatro oficiales y dos herreros.

En 24 horas Aragorriola tira y corta de 50 a 60 quintales diarios de hierro²⁷². No obstante, y según noticias de Tomás López, apenas rinde un tercio de su potencial. La infrautilización es tanto más notoria cuando se afirma que bastan tres oficiales (más el aumento proporcional de carbón) para que duplique la producción, dado que dispone de un segundo horno.

La iniciativa de Aragorri tendrá continuadores en el País Vasco. En Iraeta (Zestoa), a orillas del Urola, se instala una segunda fandería especializada en la confección de frascos para el transporte de azogue²⁷³. A fines de la misma centuria Juan Antonio de Urizaga, vecino de Bilbao, levanta otro ingenio similar equipado con dos ruedas hidráulicas, dos fraguas y dos muelas harineras. T. Guiard nos da noticia del funcionamiento de las instalaciones de Baracaldo y Zalla.

miento y productividad de la factoría. Reproducido en Múgica, Arocena, 1930, pp. 422-424. Nos basamos en él para los datos que ofrecemos a continuación.

Gamón probablemente se documentase en el *Diccionario Geográfico* de Tomás López (manuscrito del siglo XVIII, Biblioteca Nacional, n.º 7.311). Véanse las referencias incluidas por González Tascón, 1992, p. 101, y los estudios realizados por F. Arocena, M. Gárate Ojanguren, L. Odriozola Oyarbide, M.ªM. Urteaga Artigas. Véanse, también las transcripciones de otras descripciones: información recogida por Bernabé Antonio de Egaña, Tolosa, 1788, reproducida por González Tascón, *op. cit.*, p. 101; *Tratado sobre Metalurgia*, de la RSBAP, en vías de publicación; el mismo *Diccionario de la Academia* para la voz «Rentería»... Todos ellos recogidos en M. Urteaga, 1995, en lo que atañe a la fandería.

²⁷⁰ Las dimensiones de las palas son 4 pies de largo, 1'5 de ancho y 2'5 pulgadas de grueso, según descripción del *Tratado sobre Metalurgia de la RSBAP*. Reproducido en M. Urteaga, *op. cit.*

²⁷¹ M. Urteaga, 1995.

²⁷² En sus talleres se llegaron a producir semanalmente 45.000 libras de cortado (de 3 a 7 líneas cuadro); 25.000 libras de flejes (de 1 a 2 líneas de grueso y de 9 a 15 pies de largo); incluso se habían alcanzado los máximos de 55.000 libras de tiradillo y la de 30.000 de flejes semanales. Arocena, 1935.

²⁷³ De próxima publicación un artículo monográfico sobre la misma, debido a Beatriz Hererras Moratinos.

VI.3. Las sociedades económicas. La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País

Uno de los medios ideados por los monarcas españoles ilustrados para sacudir al reino de su colapso cultural fue la fundación de academias regeneradoras. Las sociedades científicas, económicas y académicas estaban destinadas a señalar los resortes de los recursos domésticos y examinarlos en profundidad. Su finalidad no era otra que fomentar la riqueza de la nación.

Los Borbones alentaron este asociacionismo, inspirados probablemente en las corporaciones científicas que prosperaban en aquel momento en Europa²⁷⁴. También otorgaron su reconocimiento a actividades culturales realizadas por particulares en salones privados. Muchas tertulias de profesionales y amigos fueron promocionadas de idéntica forma, hasta alcanzar el rango de «*academia*». Tal es el origen de la Sociedad Médica de Sevilla, la cual hemos citado con ocasión de los novatores y que venía funcionando desde 1697. Y ya en el Siglo de Las Luces, la Academia de Medicina de Madrid (1733), la Real Academia de Ciencias (antigua Conferencia de Física),...

En la segunda mitad de la centuria la Economía comienza a despertar la atracción de los sectores más aristocráticos. Individuos de alcurnia, como el Conde de Peñaflorida, se contagian del entusiasmo reformador que ya animaba a aquellos vascos, más «burgueses» que «linajudos», de una o dos generaciones atrás.

En Madrid el Conde de Campomanes, procurador del Consejo Supremo de Castilla, se inspira en la experiencia de las academias extranjeras. La política de fomento ejercida por los gobiernos franceses, austríacos, sajones,... mostraba ya sus frutos. El ritmo de las invenciones se había acelerado notablemente, y su rentabilidad se admiraba por doquier. Tan brillantes resultados convencen a Campomanes de su acierto y decide aplicar el modelo a España. En 1774, el Conde invita a las minorías cultas que deseen trabajar por el bien público a que se unan en sociedades económicas, al modo europeo.

Para entonces la RSBAP lleva una década de próspero funcionamiento. En estos años ha recogido los más brillantes frutos que cabía esperar de una institución de sus características. Su éxito inspira oportunamente a la Corona. Carlos III y sus ministros estimulan la creación de Sociedades Económicas y de plataformas donde los intelectuales encuentren la oportunidad de debatir los problemas de los sectores productivos y discernir soluciones.

²⁷⁴ En 1714 nace la Real Academia Española de la Lengua; en 1738 la de la Historia; en 1744 ve la luz la de Bellas Artes de San Fernando...

La Bascongada se gesta en un selecto círculo de ilustrados, miembros de conocidas familias vascas. Destaca entre ellos el entusiasta Xabier M.^a de Munibe, Conde de Peñaforida²⁷⁵, su artífice. El Conde, junto con otros quince Caballeros Procuradores de las Juntas Forales, redacta un «*Proyecto o Plan de Agricultura, Ciencias y Artes útiles, Industria y Comercio para Guipúzcoa*»²⁷⁶. En él se recoge su diagnóstico acerca de la situación económica del País. Desarrollan un ambicioso programa de 63 páginas y, en julio de 1763, lo presentan ante las Juntas Generales de la Provincia, reunidas a la sazón en Villafranca de Oria (actual Ordizia).

Los procuradores acuerdan difundirlo, emplazando una resolución definitiva para el año siguiente. Y ya en 1764, reunidos en Azcoitia, lo aprueban definitivamente. Apremian al Conde para que inicie en breve los actos preparatorios oportunos. Con este fin, ponen a su disposición los caudales convenientes.

El 24 de diciembre se funda en Azcoitia la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País. Al año siguiente quedan fijadas su funcionamiento y organización, reglas que prestan solidez a la institución. El padre Isla, célebre historiador jesuita, se referirá al grupo como «*los caballeros de Azcoitia*», sobrenombre de éxito que trasciende en la historiografía y por el que se conoce al círculo del Conde y sus amigos.

VI.3.1. *Trabajos de la RSBAP en materia siderúrgica*

Uno de los principales objetivos perseguidos por la Bascongada consiste en actualizar la industria ferrera vasca. Los «amigos» reflexionan sobre el retroceso del hierro vasco en los mercados internacionales y aspiran a relanzarlo hasta recuperar la elevada competitividad de la que disfrutaba antaño. El pragmatismo que inspira sus designios les lleva a concentrarse sobre el aspecto tecnológico.

Los estudios emprendidos desde Bergara se encaminan a salvar el abismo abierto en la última centuria entre la tecnología al uso en el país y los nuevos modos europeos. La Sociedad se propone impulsar la renovación de la ferrería tradicional y se vuelca en el análisis, estudio y difusión de las novedades en el sector sidero-metalúrgico²⁷⁷. Inspirada por un espí-

²⁷⁵ Xabier M.^a de Munibe desempeñó el cargo de diputado foral por primera vez en 1750, a los 21 años de edad, en 1754, 1758 y 1761.

²⁷⁶ El Proyecto que propició el nacimiento de la RSBAP contaba con un precedente en 1756. En este año, el corregidor de Gipuzkoa, Pedro Cano y Mucientes, había presentado ante las JJ GG de la misma un plan para el estímulo de la riqueza en el país. Ponía el acento en la Industria y el Comercio, así como en aspectos supeditados a éste último, como la dotación viaria. En 1763, se incluyen **todos** los sectores de la Economía en su globalidad. Véanse más detalles en M. Gárate Ojanguren, 1985, pp. 466-469.

²⁷⁷ Se encuentra en vías de publicación el *Manual sobre Metalurgia* de la RSBAP, en edición crítica por Arqueolan.

ritu netamente mercantilista, aboga por la exportación de manufacturas, reservando el mineral autóctono para su elaboración en el país. La orientación de sus esfuerzos ofrecen la mejor prueba de esta convicción.

El mismo año de su fundación, en 1764, la Bascongada nombra una «Comisión de Metalurgia». Sus integrantes se proponen experimentar toda novedad sugerida por los socios o que se practique en Europa²⁷⁸.

La Sociedad confecciona estadísticas sobre los centros productores existentes en cada territorio histórico. Toma conciencia del problema de la escasez y encarecimiento del carbón vegetal, así como de las dificultades que de ello se derivan para las ferrerías. Decidida a aliviar este problema, examina los procedimientos aplicados por las ferrerías, atenta a los que garanticen la máxima economía en combustible. Éste es el objetivo que preside los diversos ensayos comparativos entre modelos de barquines, barquines y haizearkas, hornos de calcinación de vena, empleo de fundentes,...

Los *Extractos* que publica anualmente la Sociedad dan cuenta puntual de sus frutos en estas y otras materias, ofreciendo así la oportuna difusión a sus hallazgos. En la actualidad, sus páginas proponen al historiador la mejor recopilación de fuentes sobre la antigua industria del hierro.

Entre las múltiples actividades de la Bascongada figura la subvención de viajes de investigación a los socios con destino a las ferrerías suecas y austríacas, con el fin de estudiar sus procedimientos.

Becados por la Sociedad, los hermanos Elhuyar se especializan en la Universidad de Friburgo con el químico Werner, fundador de la Mineralogía moderna. Completan sus estudios recibiendo otra beca similar para la Universidad de Upsala. Allí disfrutaban de las enseñanzas de los profesores Scheele y Bergmann, reputado éste último como el mejor analista químico de la época.

En 1771 Ramón M.^a de Munibe, hijo del Conde de Peñaflores, inicia un viaje de estudios que le conducirá a los principales establecimientos metalúrgicos y científicos del continente. Una intensa relación epistolar le permitirá mantener a la Sociedad al tanto de las últimas técnicas que se aplican en ellos.

Durante tres años Ramón recorre Francia, los Países Bajos, Suecia, Dinamarca, Prusia, Austria y varios estados italianos. Examina minas y fundiciones en Suecia, Sajonia, Carinthia, Stiria, Lieja, el condado de Foix, etc.

²⁷⁸ Los principales socios implicados en esta tarea son Ramón M.^a de Munibe (hijo del conde de Peñaflores), los hermanos Juan José y Fausto de Elhuyar, Ignacio de Zabala Zuazola, Trino Antonio Porcel y Aguirre, Gerónimo Tabern, Juan Dowling, Francisco de Furundarena, Juan Francisco de Guilisagasti, Joseph Antonio de Zabala, Pablo de Areizaga, Miguel Antonio Iriarte Balaundia, los profesores del Real Seminario Patriótico de Bergara Chavaneau y Thunborg,.... Además de un número de caballeros cuyo nombre no aparece explícito en los *Extractos* (comisionados que emiten informes acerca de sus diversas experiencias en el campo de la minería y la metalurgia).

Remite a Bergara informes detallados y envía muestras y objetos que completan las colecciones del Seminario.

Recibe las enseñanzas del abate Cluvier y completa su formación en diversas universidades europeas, especialmente en Suecia. Su actividad en este país es particularmente intensa: cursa Mineralogía en la Universidad de Upsala; se entrevista con el Rey Gustavo III; ingresa en la Real Academia de Ciencias de Estocolmo. A él se debe el informe acerca del funcionamiento de una herrería sueca remitido a la Junta General de la Bascongada de 1772. En este mismo año traduce el *Ensayo de Mineralogía* de Cronsted. Esta obra marca las directrices que seguirán en los sucesivos los Amigos para clasificar sus recopilaciones.

Ramón es nombrado socio de número y Secretario perpetuo de la RS-BAP en 1773. Su temprana muerte en 1774, a la edad de 23 años, pone fin a una de las mayores promesas de la Bascongada.

VI.3.2. *Las enseñanzas técnicas y científicas. Fundación del Real Seminario Patriótico de Bergara*

La Bascongada se había propuesto extraer la máxima rentabilidad de los conocimientos adquiridos. La Junta General celebrada en Bilbao en 1775 aprueba un proyecto de enseñanza al que denomina «Escuela Patriótica», cuyos programas refrendan este objetivo:

«La Escuela patriótica se diferenciará de los establecimientos conocidos por los nombres de Colegios y Seminarios, en que además de facilitar las nociones generales de buena educación comunes a todos aquellos, debe ser un taller adecuado a formar sugéto hábiles para las carreras y profesiones de inmediata utilidad al Estado con relación al país en que se establece.»²⁷⁹

El Conde de Peñafiorida inicia las gestiones para instalar la Escuela en un edificio apropiado. Repara en los inmuebles desocupados por los jesuitas, recientemente expulsados de los territorios de la Corona. Tras varias gestiones, la Bascongada recibe el Colegio que la Compañía tenía en Bergara, con todo su mobiliario y menaje. El conde se apresura a trasladar su residencia a Bergara, que pasa a convertirse en la nueva sede de la Sociedad y de su institución más preciada: el Real Seminario Patriótico Bascongado.

El Seminario dispone de una rica biblioteca. Imparte las enseñanzas de Física, Historia Natural, Matemáticas, Dibujo, Música. En su seno nacen las primeras cátedras de Química y Mineralogía que se instituyen en Espa-

²⁷⁹ «Proyecto de una Sociedad Patriótica», en *Extractos... 1775*. R. de Letamendía (1987) afirma que el contenido de los programas pretende inculcar una mentalidad burguesa en sus educandos, interesante novedad aunque quede supeditada, en última instancia, al servicio de la nobleza.

ña. De sus aulas proceden las aportaciones científicas más valiosas de la Sociedad²⁸⁰. En ellas investigan renombradas personalidades como Luis Joseph Proust, los hermanos Elhuyar, Mr. Chavaneau, Nicolás Tunborg,... En 1783 el Seminario renueva su Plan de Estudios y añade una nueva disciplina: Trabajos subterráneos o Técnicas de Minería. Se crea también una Escuela práctica de Minería y Metalurgia.

La Corona española contempla la nueva Escuela y sus modernas enseñanzas como una inversión en la modernización de los métodos mineros que se empleaban en las Indias²⁸¹. Los trabajos que se desarrollen en su seno encontrarían una aplicación idónea en la mejora de la explotación del subsuelo americano²⁸².

En 1778 Carlos III dota con 30.000 reales de sueldo anual a los profesores de Química, Mineralogía y Metalurgia; y con 6.000 reales los experimentos en estas materias²⁸³. La enseñanza de estas disciplinas cuenta, además, con gabinetes, materiales y laboratorios que despiertan la admiración de Thunborg²⁸⁴. El profesor sueco no duda en afirmar que los de Upsala o Estocolmo sólo alcanzan a la cuarta parte de los de Bergara.

Los especialistas del Seminario mantienen estrechas relaciones culturales y amistosas con profesores y profesionales de la Metalurgia suecos. La condición de potencia siderúrgica de la que goza el reino escandinavo encarece los tradicionales vínculos que habían venido manteniendo desde siglos atrás los profesionales de ambos países²⁸⁵.

²⁸⁰ Son emblemáticos dos de los hitos alcanzados en su laboratorio: en 1783, los hermanos Elhuyar descubren el metal Tungsteno o Wolframio; tres años más tarde, fruto de la colaboración entre Chavaneau, Proust, Fausto de Elhuyar y Thunborg, se consigue por primera vez aislar y purificar el metal de platino, descubierto por los mineros españoles en el continente americano.

²⁸¹ Los colonizadores castellanos no se apresuraron en implantar una infraestructura de industria pesada en América. Las primeras actividades de purificación de mena de hierro en el Nuevo Continente datan de mediados del siglo XVI. Fueron obra de portugueses y realizadas en territorio brasileño. En Nueva España no se conocieron las técnicas siderúrgicas hasta la siguiente centuria.

²⁸² En 1784 llega a América Juan José de Elhuyar, con el fin de estimular la actividad extractiva en lo que posteriormente se conocería como Virreinato de Nueva Granada. En 1788 le sigue su hermano Fausto, consagrado ya como científico de valía. Es enviado en calidad de Director del Cuerpo de Minería de México, organismo creado por Carlos III para la prosperidad de sus colonias. Una de sus primeras ocupaciones en el Nuevo Mundo consiste en la redacción de un Plan de estudios para el Real Seminario de Minería, que verá la luz pocos años después. L. Silván, 1974, pp. 189-190.

²⁸³ Cuando concluimos la redacción de este trabajo «Arkeolan» prepara la publicación de un tratado de Metalurgia inédito, obra de la Bascongada. Nos congratulamos del hallazgo y de su próxima difusión que, esperemos, despeje incógnitas interesantes.

²⁸⁴ Carta escrita en 1788, un año después de haber sido nombrado profesor de Bergara. Citada por M. Laborde Werlinden, 1980, p. 399. El Laboratorio de Química se instaló en la casa-palacio Zabala de la calle Vidacruzeta, arrendado expresamente para este fin. Por aquella época este edificio se comunicaba con el edificio principal del Seminario (el antiguo Colegio jesuítico) por su parte posterior.

²⁸⁵ España y Suecia mantuvieron una intensa relación científica y cultural durante siglos, que se tradujo en el trasiego de eruditos, profesores y hombres de ciencia; y en la difusión de

Ramón M.^a de Munibe inicia la relación durante su viaje a Suecia. Le seguirán los hermanos Elhuyar. El propio Director Gerente de las ferreerías reales suecas, Stockenström, ingresará en la Bascongada en calidad de socio.

VI.3.3. *La RSBAP y el acero*

La especialidad acerera sustrae la atención de los socios desde fecha temprana. Ya durante los primeros ejercicios exploran las posibilidades de modernización del sector acerero, que había gozado de una gran pujanza hasta fechas recientes. Buscan alternativas al método natural practicado por las ferreerías tradicionales, o al modo de proceder de los maestros aceros de Arrasate²⁸⁶. Su producción se había visto postergada por la concurrencia de los aceros cementados, sobre todo de Sheffield, en el mercado europeo²⁸⁷. Y serán estos mismos los que la Bascongada tratará de fomentar en el país²⁸⁸.

Los primeros experimentos siguen las directrices propuestas por Ferchault de Réaumur. El método descrito por el científico francés en 1722 había precipitado a la ruina el acero mondragonés y la técnica del temple, según señaló Villarreal de Bériz. Pero los ensayos concluyen invariablemente en fracaso. Los resúmenes presentados ante las asambleas anuales dejan constancia de la reiterada frustración de los Amigos.

Por otro lado el temprano periplo europeo de Ramón M.^a de Munibe no había dado el resultado apetecido. El hijo del Conde era uno de los individuos mejor preparado de la Bascongada. Pero apenas tuvo ocasión de comenzar su andadura profesional. Su inesperada muerte ensombreció aún más la posibilidad de descubrir los últimos secretos metalúrgicos.

Cabía la esperanza de contratar hábiles maestros extranjeros que enseñen el oficio a los naturales. Pero esta alternativa se le antojaba al Conde

obras científicas. Reyes, diplomáticos, ministros y figuras destacadas del ámbito de la Universidad y la cultura de ambos países propiciaron estos contactos que se remontan a la Edad Media. Las relaciones políticas entre ambos estados se intensificaron bajo el reinado de Cristina de Suecia (1632-1654), que se convirtió al catolicismo.

Para la segunda mitad del siglo XVIII, los lazos políticos se habían debilitado; pero no así el influjo científico cultural. Intelectuales e investigadores de ambos países estrecharon los eslabones de un fructífero enlace hispano-sueco, que brilló especialmente en el área de las entonces denominadas «Ciencias Naturales». La experiencia de la Bascongada pone un broche a tan notable trayectoria.

²⁸⁶ Véase capítulo III.5.

²⁸⁷ Véanse capítulos III.5.1 y V.3.

²⁸⁸ No por ello se olvida de estudiar el método tradicional practicado en el país. En 1775 experimenta con venas procedentes de Arrasate y Mutiloa, combinadas en distintas condiciones y proporciones, para fabricar acero directamente de la vena, tal y como se había procedido tradicionalmente en las ferreerías. Los artífices del experimento son el coronel de Artillería Pedro Ruan, y el socio Joseph Angel de Aranguren. Véanse *Extractos... 1775*, pp. 69-70.

de Peñafiorida excesivamente costosa, tales eran los honorarios demandados habitualmente por los artesanos de alta cualificación requeridos para estos menesteres.

Hacia 1775 el relanzamiento de la especilidad acerera, en el que los ilustrados habían invertido tantos esfuerzos, parecía tan lejano como lo estuviera desde un principio. Los objetivos de actualización tecnológica propuestos por la sociedad se hallaban comprometidos. Los éxitos que los Amigos creían poder encontrar fácilmente en los laboratorios se demoraban. Y Ramón Munibe, en quien habían depositado tan grandes esperanzas, había fallecido tempranamente.

Momentáneamente cunde el desánimo en los salones del Conde. En esta situación es posible que Peñafiorida haya relegado momentáneamente los cauces estrictamente científicos para sopesar otras estrategias que garanticen resultados inmediatos. El espionaje industrial ofrece una alternativa muy interesante. El Estado ya había recurrido a varias misiones de esta naturaleza con el fin de superar el atraso tecnológico de la industria española.

En el ánimo del Conde pesa un ejemplo cercano, el de Juan Fermín de Guilisagasti. El maestro ancorero debía su formación a una provechosa estancia en Holanda, a expensas de la Real Compañía Guipuzcoana de Caracas.

La atención de Peñafiorida se detiene sobre la primera potencia acerera, Inglaterra. Las siderurgias inglesas, especialmente las de Sheffield, aplican una tecnología puntera y han conseguido desbancar la competencia europea en su sector (entre ellas, la de Mondragón). Pero no desean compartir sus conocimientos. Sólo un agente con dicha misión conseguiría arrebatarles el secreto. Consultado al respecto el Marqués de Iranda, éste aplaude la idea y confirma Sheffield como objetivo idóneo de la operación.

Desconocemos los términos en que se desarrolló la operación; e incluso si ésta se llevó a efecto²⁸⁹. El episodio ha sido estudiado por Ibarrodo, quien sugiere que tal vez fuera Ignacio de Zavalo-Zuazola el «espía» enviado por Peñafiorida. Refuerza esta hipótesis el éxito que, pocos años después, obtiene Zavalo en la fabricación de acero fundido. En 1777, la Corona le concede un privilegio de explotación de una fábrica de acero, conforme a un nuevo método «de su invención», por espacio de ocho años²⁹⁰.

En octubre de 1778 Zavalo-Zuazola construye un alto horno en Alegría de Oria²⁹¹. En los próximos diez meses realiza 6 hornadas de 40 quintales cada una. El horno disponía de capacidad para cementar 60 quinta-

²⁸⁹ Para más detalles, véase Ibarrodo, 1976.

²⁹⁰ R. Cédula de 17-IX-1777.

²⁹¹ Ésta es la referencia técnica con la que figura en los *Extractos* de la RSBAP de 1779, en pp. 14-17.

les. Pero, al parecer, la mala calidad de la arena local impide aprovechar el total de su potencial²⁹².

El metal despierta encendidos elogios de cuantos expertos lo prueban; entre ellos los del maestro principal de la fábrica de espadas de Toledo. En 1779 lo somete a numerosas pruebas ante el director de la misma fábrica, quien exclama que «*era un acero tan bueno o mejor que el de Alemania*»²⁹³, En adelante, recurre a él para abastecer de materia prima a la prestigiosa factoría de armas. El Diccionario de Madoz refiere que la Fábrica toledana empleaba, antes de la Guerra de la Independencia (1808-1814), «*el acero de Vizcaya llamado de zavaló*». La alusión del material producido por el ilustrado bergarés parece fuera de dudas²⁹⁴.

La misma Bascongada supera el bache que atravesaba durante sus primeros ejercicios y, ya en 1776, consigue el primer éxito en materia de fabricación de acero. En este año funcionan ya en Bergara dos hornos de cementación construidos por la Sociedad. El acero en ellos obtenido es de excelente calidad²⁹⁵.

Tenemos noticias del funcionamiento de otra fábrica de cementación en las mismas fechas²⁹⁶. Se trata de Pedro de Allanegui, arrendatario de la ferrería de Azcue en Ibarra. Labraba acero desde, por lo menos, 1750. En 1775 levanta un horno de cementación con su propio capital que, poco después, choca con el privilegio del que disfrutó Zavalo²⁹⁷. Para entonces, Allanegui ya había conseguido acero cementado; pero en el momento del encuentro de intereses, el horno se hallaba en reparación.

VI.3.4. *El espíritu de la Bascongada*

Los «caballeritos de Azcoitia» combatieron el fanatismo y el atraso científico,... facetas penosas de la cultura de la época. Su proximidad a la frontera les permitió un fácil acceso a la obra y de las nuevas teorías científicas. Cultivaron con entusiasmo las ciencias y las artes que iluminaban la Europa del otro lado de los Pirineos. La Bascongada se preocupó por reunir una biblioteca bien equipada. Tras las españolas, las obras francesas

²⁹² RSBAP: *Extractos... 1979*, pp. 14-17.

²⁹³ En F. Arocena, 1945, p. 292.

²⁹⁴ Véase, p. ej., F. Arocena, 1945; M. Laborde, 1979; y L. Silván, 1986^b.

²⁹⁵ En el ejercicio que va de septiembre de 1780 al mismo mes de 1781, p. ej., el horno de cementación de Bergara ha producido 7 hornadas de 100 arrobas cada una. El acero es de muy buena calidad, y se ha vendido en Castilla, Navarra y Aragón; aunque también es demandado en el propio País Vasco. *Extractos... 1781*, p. 42.

²⁹⁶ Véase F. Arocena, 1945, p. 291.

²⁹⁷ Para más detalles, véase Juan Garmendia Larrañaga: *La Ferrería Azkue la Nueva o Pertzola en la villa guipuzcoana de Ibarra*, San Sebastián, 1988. Reproduce algunos textos del expediente abierto con motivo del litigio con Zavalo-Zuazola; en uno de ellos se incluye la descripción del propio horno.

fueron las segundas en enriquecer sus fondos, tanto por el elevado número de volúmenes como por su calidad.

Ya desde 1772, sus estantes soportaban el peso de la vetada *Encyclopédie méthodique*. Había llegado, por fin, la licencia para su lectura, cuya prohibición pesaba a este lado de los Pirineos desde 1759. Según testimonio de Foronda, para 1783 la *Enciclopedia* contaba con 11 suscriptores en Bergara²⁹⁸.

Es de suponer que los Amigos no se contentarían únicamente con ojear los artículos exclusivamente económicos. Probablemente cometiesen la audacia de leer las páginas cuyo contenido era considerado nocivo. Ya con anterioridad, las tertulias de los caballeritos han planteado cuestiones que no son todo lo ortodoxas que exige el espíritu de la época. En Bergara se debate la aceptación generalizada del deshonor del comercio para concluir en afirmaciones contrarias a la opinión general. Los *Extractos* de 1776 incluyen una disertación acerca del lujo, atacado ferozmente desde los púlpitos de todo el Reino. Los Amigos toman partido por los «mundanos», oponiéndose a las diatribas de los predicadores²⁹⁹.

Samaniego, Altuna, Ibáñez de la Rentería, Foronda,... son renombrados Amigos del País y claros exponentes de la tolerancia y el liberalismo. Hacen gala de una amplitud de miras poco frecuente en la sociedad en que viven. Su actitud no se encuentra exenta, en ocasiones, de algunos rasgos irreverentes. En sus tertulias, los chistes sobre los frailes se celebran con regocijo; los filósofos franceses despiertan un interés sin reparos; no se invoca a Dios con la frecuencia que desearían los más beatos; tampoco se ven mal algunas licencias en el dominio de la fe y de la ciencia, aunque algunos de ellos no dudan en condenar la disipación de la corte pontificia,...

Una de las logias más relevantes de la masonería mundial, «Les neuf soeurs»³⁰⁰, incluye entre sus principales dignatarios (su segundo vigilante) al abate Du Rouzeau, miembro de la Bascongada. Entre los no dignatarios encontramos a significados Amigos, como el propio hijo y sucesor del título del conde de Peñafiorida, Antonio de Munibe, Eguía e Izquierdo, Agustín de Vicuña, los hermanos Elhuyar, Chabanneau,...

Pero, al igual que en los órdenes político y social la RSBAP no cuestiona radicalmente el sistema vigente, en el ámbito religioso prevalece también el respeto a la autoridad eclesiástica. Los Amigos son católicos.

²⁹⁸ Según comenta Ruiz y González, la prohibición que pesaba sobre la obra garantizó, a buen seguro, su rápida difusión y la más grata acogida en los círculos y las tertulias reformistas. 1977, p. 13.

²⁹⁹ Tal liberalidad tuvo que pagar su correspondiente castigo. Los *Extractos*... del año siguiente incluyen 3 páginas (¡tres!) de disculpas al comienzo del volumen.

³⁰⁰ Se funda en 1776, y acoge a distinguidas figuras de todos los ámbitos del saber, como Franklin, Montgolfier, Lalande,... El mismo Voltaire se inició en ella poco antes de fallecer. J.A. García-Diego, 1985.

Pero la tolerancia de la que hacen gala les vale la animosidad de los grupos ultraconservadores.

Las Sociedades Económicas vieron su actuación constreñida en un ambiente adverso que nunca las aceptó y que vigiló atentamente los límites de su evolución. La prevención de los sectores más reaccionarios se apoyaba en el temor a que los contactos científicos propiciasen un trasvase de principios políticos liberales. La *Enciclopedia* ofrecía el mejor ejemplo de sus fantasmas. En sus páginas convivían noticias acerca del progreso tecnológico con máximas sociales revolucionarias.

Fuera de los minoritarios círculos de iluminados, entre los que se hallaba el mismo monarca y algunos de sus principales colaboradores, los Amigos sólo hallaron hostilidad. La Inquisición actuó contra Francisco de Zerain, Pablo de Olavide, Samaniego y el Conde Narros. Ésta era la respuesta del aparato estatal ante los intelectuales ilustrados avanzados.

Este sentimiento general fue en aumento cuando las primeras noticias acerca de la Revolución Francesa cruzaban la frontera, en 1789. Inquisición y Estado cerraron filas ante los aires revolucionarios que circulaban allende los Pirineos. La sociedad agudizó su prevención respecto a las Sociedades Económicas, que en las décadas precedentes habían comulgado con el «afrancesamiento» como símbolo del progreso. La suspicacia arrastró a no pocos ilustrados de tibias convicciones.

Los ideales reformadores de la Bascongada se estrellaron contra la cerrazón de sus paisanos. Fueron marginados por un país que se precipitaba hacia un fin de siglo catastrófico, en el que guerras sucesivas convertirían su propio suelo en campo de batalla. La Guerra de la Convención (1792-1795) y la invasión napoleónica (1808) truncaron la continuidad a sus proyectos bienintencionados.

Capítulo VII

Prolongada convivencia entre viejas y nuevas tecnologías

«cuando en un Pays de esta naturaleza se prefieren las ruedas hidráulicas no sé cómo hay quien aconseje el uso de las máquinas de vapor en un Pays como el nuestro que por lo mismo que es montuoso, está cubierto de ríos y arroyos que presentan caídas a propósito para los Establecimientos de Industria, y donde el combustible está tan caro.»

F. A. DE ELORZA Y AGUIRRE

En capítulos anteriores hemos tenido ocasión de conocer los primitivos altos hornos y su producto, el hierro colado o fundido. Las ventajas de la fundición residían en que se prestaba a ser moldeada e incluso llegaba a admitir carbón mineral como combustible en el proceso de reducción. Pero contenía más carbono e impurezas que el forjado; de ahí su fragilidad. Las posibilidades del hierro fundido en la construcción fueron exploradas con éxito en la Francia del siglo XVII. En 1664 las tuberías que conducían el agua a las fuentes del Palacio de Versalles fueron confeccionadas en este material. La evolución posterior ha visto en este hito el comienzo de la aplicación de las fundiciones a obras de ingeniería.

La red de tuberías versallescas anunciaba los cometidos utilitarios a los que se sometería al producto del alto horno en lo sucesivo: arquitectura, obras públicas y maquinaria. Pero en el siglo XVII no se daban aún las condiciones para una explotación masiva del hierro fundido. Era preciso perfeccionar los procesos siderúrgicos hasta que garantizaran el suministro de hierro moldeado en grandes cantidades y a precios reducidos.

Esta evolución no tuvo lugar en Francia, sino en Gran Bretaña un siglo más tarde. A mediados del siglo XVIII cuajaron en la isla unas circuns-

tancias propicias que convirtieron al hierro fundido en uno de los pilares sobre los que se sustentaría el excepcional progreso de los años venideros. Los acontecimientos sucedieron dentro de un contexto más amplio y de múltiples connotaciones económicas y sociales. Este complejo fenómeno se conoce como «Revolución Industrial».

En esa misma época las ferrerías vascas y catalanas gozaban del máximo prestigio en la manufactura de rejas, armas blancas,... Las desventajas que durante siglos habían caracterizado al hierro moldeado facilitaron la pervivencia de la forja. La sobrada pericia de sus maestros tampoco fue un factor ajeno a tan prolongado éxito. Los altos hornos españoles abastecieron otros sectores: armamento pesado (cañones), tuberías, cilindros para fanderías,... La especialización productiva de cada modalidad favoreció su convivencia. Todavía en 1808 J.M. Muthuon defiende en su célebre tratado³⁰¹ el hierro forjado por sus superiores cualidades.

W. Strassman ha observado el fenómeno de la coexistencia armónica entre viejas y nuevas tecnologías³⁰². La pervivencia de las antiguas, especialmente en los sectores energético y metalúrgico, le ha llevado a reflexionar acerca del desfase tecnológico y del concepto unilineal del progreso. Matiza el concepto que en general se maneja para definir el «anacronismo», señalando que el producto de los modos arcaicos puede convivir armónicamente con el de los modernos; incluso evolucionar al alza en términos absolutos. ¿Fue éste el caso de las zeharrolas?

VII.1. La Revolución Industrial británica

La Revolución Industrial británica se asienta sobre una eficaz organización entre las áreas de la energía, la sidero-metalurgia, los bienes de equipo y los transportes³⁰³. Una feliz combinación de todas ellas propició la optimización de sus resultados, de modo que la renovación experimentada por las fuentes energéticas provocó una cascada de cambios multiplicadores que, en última instancia, revirtieron en favor de la explotación misma de la energía.

Las diversas vinculaciones entre los avances realizados en cada materia propiciaron su mutuo beneficio. Unos sectores y otros se desarrollaron en estrecha relación. Esta circunstancia ofreció un sostenimiento duradero al despegue industrial británico, garantizando arraigo y estabilidad a cada una de sus conquistas.

³⁰¹ *Traité des forges dites catalanes ou l'art d'extraire directement et par une seule opération le fer de ses mines*, Turín, 1808.

³⁰² Citado por Rosemberg, 1993, p. 19.

³⁰³ El progreso tecnológico continuado de los últimos siglos y la necesidad de una explicación didáctica del fenómeno ha motivado la distinción de los acontecimientos que tratamos a continuación como «I Revolución Industrial». En la segunda mitad del siglo XIX, y siempre con fines didácticos, se establece una distinción conocida como «II Revolución».

Las innovaciones en la industria sidero-metalúrgica se tradujeron en una mejoría generalizada de la maquinaria de precisión, que repercutió directamente en la calidad del hierro y redujo su precio³⁰⁴. El descenso de los precios de las fundiciones favoreció su empleo en la fabricación de ferrocarriles. La red ferroviaria se prolongó y ofreció facilidades crecientes al transporte de carbón; el abastecimiento desde las minas a las fundiciones experimentó el descenso continuado de los costes. Esta nueva cotización a la baja del combustible provocó el descenso paralelo de los precios del hierro, acentuando su competitividad en el mercado. El ciclo descrito se realimentó sucesivamente. El progreso de cada aspecto contribuyó a una espiral ascendente que estimuló a la globalidad de la producción.

En este entramado el alto horno desempeñó un papel imprescindible, pero antes hubo de superar el estadio en el que se encontraba en el siglo XVII. Durante el siglo XVIII la obtención y tratamiento del hierro fundido experimenta una progresión continua. Sus efectos se manifiestan en una modificación sustancial tanto en términos cuantitativos (disponibilidad masiva del metal) como cuantitativa (notable mejoría de sus cualidades).

Tres son los jalones principales que marcan esta evolución: la factoría de Coalbrookdale (1709 y ss.), las Carron Ironworks (1760 y ss.) y el horno de pudelado de Henry Cort (1784). Todos ellos se concentran en Gran Bretaña. La isla capitaliza el desarrollo siderúrgico y se convierte en la enseña del progreso.

VII.1.1. *El hierro al coque de Coalbrookdale*

A principios del siglo XVIII el cuáquero Abraham Darby (1676-1717), fabricante de Bristol y refinador de cobre, adquiere las minas de Coalbrookdale, a orillas del Severn. En 1709 procede a fundir hierro en un alto horno al que aplica coque. La excelente calidad del mineral y del combustible coronan con éxito su experiencia. Darby I había tenido la fortuna la fortuna de disponer de unas materias primas con un contenido en fósforo y azufre insólitamente reducido. Una materia prima de tales características garantiza resultados óptimos, como de hecho sucedió³⁰⁵. Coalbrookdale adquiere pronto un gran prestigio en el área de Birmingham.

El coque aporta notables ventajas a la Siderurgia respecto al carbón vegetal. Es más duro y resiste un peso considerable, lo que permite aumentar

³⁰⁴ El progreso sidero-metalúrgico permitió mejorar la fabricación de máquina-herramienta con la que mecanizar los procesos fabriles y avanzar en eficacia. La máquina de vapor, p. ej., se aplicó a la inyección del alto horno, para introducir aire caliente.

³⁰⁵ En 1781, Bergman identifica fósforo en el hierro frío. Este hallazgo clarificó numerosos aspectos oscuros sobre el comportamiento diferenciado de las menas sometidas a un mismo tratamiento y que habían sumido en la más profunda incertidumbre a generaciones de ferrones durante siglos.

el tamaño de las cargas de mineral y caliza sin desmenuzarse³⁰⁶. Con él se eleva también la altura de los hornos. Ambos factores posibilitan el paso cualitativo y cuantitativo hacia la producción masiva.

No obstante este hierro sigue siendo de inferior calidad al tratado con carbón vegetal. Al parecer contiene silicatos, compuestos que encarecen su posterior tratamiento. Entre 1709 y 1750, años inmediatos al triunfo de Darby I, sólo se levantan unos 6 hornos al coque en toda la isla. El carbón vegetal sigue garantizando mayor rentabilidad a las fundiciones. Será preciso aguardar a mediados de la centuria para que la difusión del coque se acelere.

Los sucesores de Darby, entre ellos el propio Abraham Darby II (1711-1763), encumbran el negocio familiar en pocas décadas hasta convertirlo en líder de su especialidad. Darby II descubre la posibilidad de refundir el hierro crudo en un horno de fundición para eliminar los silicatos. Esta operación facilita su posterior dulcificación. Las indicaciones de Darby II fueron el estímulo que precisaba la coquización para su impulso definitivo, y su empleo se extendió en Gran Bretaña desde mediados del siglo XVIII.

VII.1.2. *Las Carron Ironworks*

El siguiente progreso en materia siderúrgica nos traslada a Escocia. En 1760 se establece la fábrica de hierro de Carron, con especialistas y maquinaria trasladados de Coalbrookdale. El incremento que han adquirido las dimensiones de los últimos altos hornos al coque exige un aumento proporcional de la presión de soplado. La potencia de los tradicionales fuelles hidráulicos no colma las necesidades y compromete la marcha del proceso.

En Carron, a propuesta del ingeniero John Smeaton, los viejos barquines de cuero son substituídos por una potente bomba de pistón. La ráfaga expedida es tan intensa que la temperatura del horno se eleva notablemente. Su mayor poder calórico le permite alcanzar una temperatura superior y el hierro fundido es más fluído.

Las Carron Ironworks se convierten en uno de los símbolos de la Revolución Industrial. En las décadas siguientes el coque se difunde como combustible en las fundiciones británicas. Los hornos altos aumentan su tamaño y productividad, además de elevar sustancialmente la calidad del hierro. En un entorno tan favorable como el descrito, los precios evolucionaron a la baja.

³⁰⁶ Por este mismo motivo, no se desintegra en el interior del vientre. Esta misma cualidad evitaba los episodios de ahogo de la carga pesada que acontecían en los altos hornos al carbón vegetal.

A principios del siglo XVIII, la capacidad de resistencia de la carga por parte del carbón vegetal imponía una altura máxima de 7'62 m. a los altos hornos británicos. Cálculo de Charles Hyde, 1977, citado por Rosenberg, 1993, nota 3.

Para 1790 la mayoría de los hornos ingleses ha abandonado el carbón vegetal y se alimenta de coque, consiguiendo fundiciones de excelente calidad³⁰⁷. Paradójicamente la aplicación del coque en la Siderurgia continental se demora. Hasta 1796 ningún alto horno de estas características se explota con éxito; el primero lo encontramos en la Alta Silesia (Prusia). Pounds aventura que su buen resultado bien pudiera deberse a que se construyó siguiendo atentamente las indicaciones inglesas.

La Siderurgia francesa y belga incorpora el coque una vez finalizadas las guerras napoleónicas (de 1813 en adelante). El primer alto horno al coque del Ruhr habrá de esperar a 1849. Todavía en 1910, en Allentown (Pennsilvania, EE UU) se construyen dos altos hornos al carbón vegetal para asegurar un producto «de calidad».

VII.1.3. *El pudelado*

La aplicación del coque en la siderurgia dispuso de un estímulo trascendental a partir de 1781. Este año, Henry Cort (1740-1800) inventa el horno de pudelado, que transforma el arrabio de los altos hornos en hierro dulce. El pudelado ofrece el tercer gran hito en materia metalúrgica. Junto con el alto horno al coque y el acero de Huntsman, constituye la brillante trilogía de aportaciones británicas en el siglo XVIII.

Cort reúne algunos de los avances de los últimos siglos (el horno de reverbero que se aplicaba en la industria vidriera y el laminado en caliente) y los combina felizmente consiguiendo un metal alta calidad, a gran escala y con costes reducidos. Lo patenta en 1784, fecha que se maneja habitualmente para datar el ingenio.

El lingote de hierro colado se funde en un cuenco profundo, calentado por efecto de reverbero con coque. Se le añade mineral de hierro que actúa como agente oxidante. El metal se funde aislado del combustible. En este estado, el pudelador lo revuelve enérgicamente con una barra de hierro para exponerlo al calor y al óxido de hierro.

Eliminado el carbono³⁰⁸, la temperatura de fusión asciende³⁰⁹. El metal se convierte en una masa viscosa que el operario debe cuajar y redondear en una bola («*goa*» o «*lupia*»). A este producto se le denomina hierro pudelado, *dulce*, *batido* o *soldado*. Se extrae del horno y se somete a la acción de unos rodillos estriados para darle forma.

³⁰⁷ Rosenberg estima en 1 siglo el período de conversión de los altos hornos británicos al nuevo combustible. El ritmo del proceso, iniciado con gran lentitud, se acelerará a partir de las aportaciones de Henry Cort (pudelado, 1784) y de los talleres de laminación (véanse los párrafos que se exponen a continuación).

³⁰⁸ Su presencia desciende de un 4 a un 0'1% aproximadamente.

³⁰⁹ De unos 1.000 a unos 1.400 °C.

La tarea del pudelador se caracteriza por una particular dureza. Es preciso dar forma a la lupia dentro del mismo horno. Para ello la maneja con una larga barra introducida por un acceso lateral. Durante la operación, los pudeladores deben impedir que los tochos se adhieran a las paredes del vientre. Se necesita una gran fuerza y pericia para su manipulación. Las labores son realizadas por equipos de profesionales especializados. La cualificación exigida para este procedimiento explica que tarde algún tiempo en extenderse³¹⁰.

La patente de Cort especifica que este hierro dulce debe ser envuelto entre láminas de acero. Así dispuesto, se procede a enrollarlo para convertirlo en barras. Los restos de escoria se extraen en forma de hilos. El metal final presenta una estructura fibrosa de gran solidez que lo hace recomendable para vías de ferrocarril o cadenas pesadas. En 1790 son ya 50.000 las Toneladas producidas por este método. El pudelado resuelve la búsqueda que durante siglos protagonizan los metalúrgicos para la dulcificación del producto del alto horno, cuyas deficiencias han quedado expuestas en los apartados correspondientes.

A finales del siglo XVIII el patrón siderúrgico inglés, esto es, la tecnología puntera del sector, comprende el combustible mineral asociado al alto horno, el de puddler y sus correspondientes trenes de laminación³¹¹. Su época de esplendor se dilata hasta mediados del siglo XIX (Bessemer)³¹².

VII.1.4. *Pudelado versus forja*

Este método indirecto de producción de hierro compite con los establecimientos tradicionales de reducción directa; esto es, con las ferrerías. Hasta la fecha los distintos avances en materia siderúrgica habían ido despojando a las forjas de segmentos de mercado. Pero éstas no tenían rival en su actividad privativa: la producción de hierro maleable. Esta circunstancia las había convertido en establecimientos imprescindibles para un estrecho margen de demanda. Desde 1784 se ven expuestas a la fabricación industrial masiva de un metal de eficacia equivalente (aunque algunos defensores del hierro forjado afirman que aquél carece de algunas de las cualidades más finas de éste). El método de Cort compromete definitivamente el futuro de las fraguas.

³¹⁰ En 1840, las condiciones de elaboración se alivian parcialmente gracias a Joseph Hall: descubre un revestimiento para el horno, (conocido como «*bull dog*») que no interfiere en el metal fundido. Este material refractario participa, además, en la operación de afinado, optimizando el proceso. Las mejoras introducidas por Hall son conocidas como «proceso húmedo» o «ebullición del lignote».

³¹¹ El método de pudelado es particularmente intensivo en combustible, por lo que sus talleres buscan la cercanía de yacimientos carboníferos con preferencia a la de las fundiciones.

³¹² En la primera mitad del siglo XIX, se suceden diversas mejoras en el revestimiento de los hornos o en el modelado inmediatamente posterior del hierro dulce, que facilitaron los procedimientos. Citemos, entre otras, las aportaciones de John Nasmyth (1838) y Joseph Hall (1839).

La fuerte competitividad del pudelado se ve acentuada por la economía de sus costes. El horno de reverbero mantiene el metal aislado del combustible. Esta circunstancia permite prescindir del carbón vegetal y recurrir a carbones minerales con mayor contenido de impurezas, dado que éstas ya no interfieren directamente en los procesos. Por otro lado el tratamiento admite un amplio margen de tipos de hierro; entre ellos, la chatarra³¹³. Ambas características amplían notablemente el abanico de aplicaciones.

VII.2. Nuevas aplicaciones del hierro fundido

El empleo del coque en la fundición y la facilidad creciente para el moldeado favoreció la confección de piezas moldeadas superiores en tamaño y calidad. Los procesos de pudelado y laminación y, ya en el siglo XIX, la aplicación de la máquina de vapor al alto horno, revolucionaron los modos siderúrgicos. La espiral transformadora introdujo una mejoría generalizada en la siderurgia que llevó a la reflexión acerca de los múltiples empleos de un material tan versátil.

En la segunda mitad del siglo XVIII los británicos se apresuraron a explorar sus posibilidades. Construcción y maquinaria protagonizaron los primeros pasos. Los arquitectos encontraron en él un material idóneo para estructuras y viguerío frente a la tradicional madera. Su primera aplicación tiene lugar en 1772, en las columnas de la iglesia de Santa Ana de Liverpool.

Una de las mejores propagandas de sus posibilidades constructivas lo ofrece el puente que en 1779 concluye Abraham Darby III sobre el río Severn³¹⁴. Hasta entonces, el hierro había sido empleado como elemento secundario. En esta ocasión, se incorpora a la estructura misma del puente, concebida por Darby para ser confeccionada en hierro. Estas cualidades lo convierten en una obra de exhibicionismo del hierro colado.

El metal soporta mayores cargas y supone un alivio para el peligro de incendio al que estaban expuestas permanentemente las viviendas, fábricas y edificios. En el siglo XVIII las construcciones eran de madera y disponían de lámparas de aceite y velas para su iluminación. Para fines del siglo XVIII, las estructuras de los edificios industriales se levantan en hierro fun-

³¹³ Acerca de la capacidad de reutilizar chatarra, Nathan Rosenberg comenta acerca del pudelado: «[...] la facultad de una tecnología para explotar un campo más amplio de entradas que las tecnologías primitivas tiene un significado económico fundamental. Significa que esta nueva tecnología amplía efectivamente la propia base de recursos.» 1993, p. 94.

³¹⁴ Abraham Darby III (1750-1791) levanta su puente sobre un arco de hierro de 30 m. de luz. Las viguetas principales tienen una longitud de 21 m. Diez de ellas habían sido fundidas directamente en el alto horno de Coalbrookdale.

dido. Fábricas textiles y teatros habían sido tradicionalmente algunos de los edificios más vulnerables a las llamas³¹⁵.

Coalbrookdale es puntero en máquina herramienta³¹⁶. Sus altos hornos al coque permiten elaborar un instrumental más barato, exacto y eficaz que el conocido hasta la fecha. Esta especialidad conoce un impulso señalado con Henry Maudslay (1771-1831). En 1797 inventa un tipo de torno que abre las posibilidades de la fabricación de ingenios de alta precisión y convocará en torno a su figura un elevado número de alumnos.

El descenso señalado de los precios del hierro fundido estimula su introducción en nuevos campos³¹⁷. En las décadas siguientes las mejoras introducidas en el alto horno no cesan de multiplicarse, como tampoco su empleo y las áreas de aplicación. Su desarrollo eleva al Reino Unido a la categoría de primera potencia mundial.

VII.3. Declive de la forja vasca. Pérdida del mercado siderúrgico

El mercado interior y el colonial ofrecían el último refugio a una industria decididamente obsoleta. Pero en el siglo XIX las colonias americanas iniciarían movimientos independentistas que les llevarían a segregarse de la metrópolis. Las perspectivas de ruina para las ferrerías vascas se acentuaron cuando la Siderurgia inglesa afrontó el despeque de las nuevas tecnologías de la Revolución Industrial. La asunción definitiva del coque por los altos hornos británicos y el descubrimiento del pudelado situó a la industria pesada inglesa y escocesa a la cabeza europea, a partir de los años de 1780.

Las instalaciones vascas no pudieron hacer frente a tan vasto competidor e iniciaron el que sería su lento pero definitivo declive. La producción de las dos ferrerías labrantes de Aramayona (Olaeta) ofrece un indicio de su declive. En la última década del siglo XVIII habían llegado a producir 2.500 Q. En 1802, sólo alcanzaban los 1.500. La Guerra de la Independencia agudizó su apurada situación.

En 1813 algunos de los propietarios de ferrerías tradicionales se hallan arruinados. Su negocio ha perdido atractivo para el capital: las expectati-

³¹⁵ En la década de 1790, John Banks (*On Mills and Millwoks*, 1790-1792) propone el modelo de viga de hierro fundido que, con sucesivas mejoras, fundamenta los nuevos métodos constructivos. Gracias a su modelo, prosperan nuevas fábricas, puentes para ferrocarriles rápidos y pesados, barcos de gran tonelaje,...

³¹⁶ Los hermanos Cranage consiguen la patente sobre su procedimiento en 1766.

³¹⁷ En 1763, Richard Reynolds de Ketley decide prescindir de los raíles de madera y coloca raíles de hierro de sección en L para la comunicación entre las minas hulleras y los puntos de embarque. La resistencia del metal prolonga su duración. Pero, además, son más potentes, de modo que soportan vagones con cargas más pesadas. Pero el tendido férreo tardará aún varias décadas en superar su confinamiento minero y desarrollar sus posibilidades de transporte.

vas ruinosas disuaden a posibles inversores de mantener la especialidad³¹⁸. No obstante los negros augurios, en los años posteriores a la Guerra de la Independencia la actividad inicia una lenta recuperación. En 1829, los establecimientos alaveses llegan a superar los niveles productivos de principios de siglo.

En el Señorío la Diputación propone varias iniciativas para sacar de su postración al sector³¹⁹. Entre ellas figura la de implantar una escuela de enseñanzas técnicas en los alrededores de Bilbao. También contempla la necesidad de iniciar prospecciones en el territorio foral, previo asesoramiento de González Azaola, con el fin de detectar carbón minera³²⁰. El desencadenamiento de la I.^a Guerra Carlista, en 1833, trunca cualquier iniciativa, tanto de recuperación como de renovación.

Entre 1833 y 1840 el conflicto bélico detiene la producción vasca. La «carlistada» paraliza toda actividad siderúrgica o la reorienta hacia las necesidades armamentísticas. Algunas ferrerías modifican su tradicional especialidad para suministrar pertrechos al ejército. Con frecuencia acaban siendo destruidas por alguna de las facciones para evitar su reutilización por el enemigo en la confección de piezas de artillería o municiones.

VII.3.1. *Traslado de la hegemonía siderúrgica a Marbella*

Detenida la producción, destruida la infraestructura, la industria del Norte sufre un lapsus prolongado. La hegemonía del sector pesado se desplaza a Andalucía, donde se mantendrá por espacio de 30 años. El Sur de España conforma un señalado mercado siderúrgico caracterizado por una demanda naviera y agraria basada en la exportación de caldos y la necesidad de aperos de labranza³²¹. Dispone de yacimientos de hierro en Ojén, cerca de Marbella. El complejo siderúrgico se ubicará en la costa, en Marbella, con el fin de favorecer el abastecimiento marítimo de carbón (hulla), procedente de Asturias e Inglaterra.

Las aspiraciones originales que motivan el levantamiento de la planta son modestas. Las intenciones de su promotor, Manuel Agustín Heredia,

³¹⁸ Una estadística de 1813 revela que algunos de los establecimientos alaveses que permanecen en activo (Maestu, Oquendo, las dos ferrerías de Olaeta) son deficitarias y se explotan a niveles inferiores a su capacidad productiva. Homobono, 1980, p. 217.

³¹⁹ Basterra, 1894, pp. 64-7.

³²⁰ Otras de las medidas contempladas por la Diputación consistían en la reparación de los caminos para facilitar el tránsito de cargamentos de vena; la construcción de un muelle en Bilbao, y la confección de un nuevo reglamento de minas. *Ibid.*

³²¹ Andalucía contaba con un importante capital proveniente del comercio. La exportación de productos agrarios y el comercio americano habían procurado una notable acumulación de capital que buscaba diversas salidas inversoras. Los Domecq se decidieron por la vía agraria, aprovechando la oportunidad que les brindaba la desamortización. Los Heredia representaban la opción industrial.

se reducen a la instalación de una ferrería tradicional donde se confeccionen los flejes de los toneles en los que se exportan los productos agrícolas de los alrededores. Pero el mineral disponible presenta un elevado grado de fusión, inalcanzable por los hornos tradicionales. El alto horno se perfila pronto como el procedimiento más adecuado.

En 1830 comienzan a funcionar hornos altos al carbón vegetal en la fábrica «La Concepción». En 1833 se inaugura la fábrica «La Constancia», donde se aplican las tareas de afinado y laminado. Se alimentaba del mismo combustible que la primera. Pronto se les une la empresa de Juan Giró con su ferrería y altos hornos de «El Angel».

A la sombra de la Guerra Carlista en el Norte el enclave marbellí disfruta del máximo esplendor. Las dificultades de sus competidores proporcionan a los andaluces un oportuno incremento de la cuota de mercado. Entre 1834 y 1839, la factoría de Heredia llega a emplear a 2.000 hombres. En 1844 Heredia y Giró son los responsables del 73% del arrabio que se produce en España³²².

La empresa dispondrá de la colaboración de uno de los técnicos vascos más brillantes de su época, Francisco Antonio de Elorza y Aguirre, quien se desplazó expresamente a Andalucía para aplicar sus conocimientos. Fue uno de los vascos preocupado por el desfase en el que se hundía la industria de su país. A lo largo de su carrera tuvo ocasión de demostrar sus inquietudes e iniciativas.

Elorza, uno de los principales artífices de la experiencia andaluza, es un militar de origen guipuzcoano (Oñate, 1798) y destacado metalurgista³²³. Sus inquietudes por renovar los modos industriales le llevan a emprender diversas giras por el extranjero. La primera de ellas tiene lugar entre 1823 y 1828. Durante estos años Elorza se desplaza a Francia, Bélgica e Inglaterra. Su estancia le permite familiarizarse con los avances europeos del momento. A su regreso a España desarrolla su labor profesional en Málaga, donde pone en práctica cuanto ha aprendido acerca del hierro³²⁴.

Sus convicciones políticas de hombre liberal le conducen al exilio. Aprovecha esta circunstancia para iniciar un periplo que le lleva hasta las principales fundiciones extranjeras. A su vuelta en 1844 Elorza se cerciora del atraso tecnológico español. Accede a la dirección de la fábrica de arti-

³²² En 1851, descendió al 55%, proporción que fue reduciéndose en los años siguientes, hasta el 4'7% de 1868. Véase Jordi Nadal, *El fracaso de la Revolución industrial en España (1814-1913)*, Barcelona, 1978.

³²³ Para más información, véase M. Gárate, 1997.

³²⁴ Heredia y sus socios no descuidaron la actualización tecnológica de su complejo siderúrgico. Para ello contaron con el asesoramiento de Elorza. A partir de 1843 trataron de emular los métodos de «Butterfly Iron Co.» de Derbyshire, que aplicaba la antracita a todos los procesos de combustión. Los ensayos fueron infructuosos, y las instalaciones de «La Concepción» quedaron finalmente desfasadas. Para entonces, Francisco Antonio de Elorza se hallaba al frente de la dirección de la fábrica de Trubia.

llería de Trubia. Su gestión será la responsable de la transformación de las viejas instalaciones del Principado en el principal productor español de armamento pesado³²⁵.

VII.3.2. La «Junta de Fomento»

Hubo otras personalidades vascas que mostraron la misma inquietud que Elorza, en consonancia con el mejor espíritu heredado de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País. Eran éstos Manuel José de Zavala, III Conde de Villafuertes, Francisco Antonio de Echanove, Gregorio González de Azaola, el conde de Echaz,.... todos ellos hombres de grandes conocimientos teóricos o técnicos.

El Conde de Villafuertes catalizó todos estos personajes en torno a su figura. Les unía un mismo interés por promover la renovación de la Siderrurgia vasca. Tenían sus miras puestas en Europa. Viajes, estancias y una intensa correspondencia les mantenían informados de la actualidad tecnológica de los centros productores continentales³²⁶. Villafuertes mantenía, además, amistad con el sabio geólogo Brongniart, profesor de la cátedra de Mineralogía de la Sorbona³²⁷.

Las iniciativas de estos personajes cuajaron en la fundación de una Sociedad de Fomento en Zumárraga el 2 de septiembre de 1830³²⁸. Pero su vida fue efímera dado que el estallido de la I.^a Guerra Carlista, tres años más tarde, dio al traste con el proyecto. No deja de ser representativo que se tratase del mismo conflicto que tantos daños fuera a causar en la infraestructura industrial que la Sociedad pretendía salvar.

³²⁵ Substituyó los viejos hornos por dos nuevos, «Daóiz» y «Velarde», los primeros hornos de España que funcionaron sistemáticamente con coque. También mandó construir una batería de coque de cuarenta hornos circulares con cubierta de bóveda en Riosa. Reemplazó las viejas barquineras por ingenios de cilindros y pistones, conforme al modelo introducido por John Smeaton en Inglaterra en 1761. Su rendimiento resultó ser tres veces superior al de aquéllas. La máquina soplante introducía aire caliente a 220 °C.

Elorza modificó el aprovechamiento hidráulico para aumentar su potencia conforme a las necesidades del nuevo aparejo soplante. Elevó la presa y ensanchó el canal de derivación hasta conseguir 300 cv con un caudal de 2'5 m³/seg. Retiró las viejas ruedas vitrubianas y colocó otras del tipo Poncelet y de cangilones (gravitatorias), de potencia superior. Ellas fueron las responsables del sostenimiento energético del ingenio soplante, cilindros de laminación, barrenado de cañones, martinets de forja,... hasta molinos de carbón, coque y arcilla refractaria. El complejo disponía de laboratorio químico, probaderos subterráneos de cañonazos e ingenios de barrenado que llegaron a considerarse los mejores de Europa. González Tascón, 1992, pp. 166-167; Véase J.A. Cabezas, 1975, pp. 54-56.

³²⁶ Véanse las 9 cartas reproducidas por M. Gárate, en *ibid.*, pp. 207-242.

³²⁷ Entre 1826 y 1833, Villafuertes mantuvo una intensa relación epistolar con Brongniart, basada no sólo en su amistad sino también en el intercambio de conocimientos. El Conde remitió numerosas muestras del subsuelo para que éste pudiese analizarlas y deducir la posibilidad de yacimientos carboníferos.

³²⁸ Para más detalles, *ibid.*, pp. 193 y ss.

VII.3.3. *El traslado de las aduanas a la costa*

Pero volvamos a las ferrerías vascas. En 1841, finalizada la carlistada, las aduanas interiores vascas se trasladaron a la costa. Las aduanas interiores ofrecían uno de los vestigios del régimen foral conservado por las Vascongadas. Una de sus manifestaciones más peculiares consistía en el cobro de derechos al tránsito de bienes con los territorios limítrofes bajo distinta administración, aun cuando se hallasen vinculados a la misma Corona.

En 1841 se rectifican hasta coincidir con la línea marítima, esto es, con los límites del territorio de la Corona. Los impuestos que tributaban las mercancías a su paso hacia el interior de la Península desaparecen. La caída de los gravámenes promociona de inmediato los talleres de forja alaveses³²⁹. El cese de la antigua percepción de derechos les franquea el acceso al mercado castellano de aperos de labranza. Estos años coinciden con una coyuntura agraria favorable, circunstancia que potencia la capacidad adquisitiva de la nueva clientela. Con este impulso la producción cobra mayor relevancia en una provincia que contaba, ya de por sí, con una demanda agrícola de reconocido peso.

Pero dos décadas más adelante la libertad de exportación de vena vizcaína al extranjero desbarata las esperanzas de una recuperación sostenida. En 1863 se suprimen los derechos arancelarios a la exportación de mineral, iniciándose una liberalización que más adelante refrendará el Arancel Figueroa. El Decreto-Ley de 29 de diciembre de 1868 facilita la explotación masiva del coto con las miras puestas en el mercado internacional y en su pujante clientela, la gran siderurgia europea. Las nuevas condiciones disparan el precio del mineral y superan las disponibilidades económicas de las ferrerías locales.

Las fraguas alavesas especializadas en cerrajería y herramientas sufren un declive paralelo, acaso más temprano. La exención arancelaria para el hierro extranjero con destino al tendido ferroviario en 1855 había precipitado su decadencia. Su producción no podía competir con la proveniente de los altos hornos al coque.

VII.4. **Las últimas ferrerías vascas**

Superada la mitad de la centuria las Zeharrolas inician el cierre definitivo. Durante sus últimos ejercicios, conviven con las nuevas formas de producción industrial introducidas en el país. La agonía se precipita una vez finalizada la II Guerra Carlista (1872-1876). Las forjas quedan postra-

³²⁹ Homobono, 1980, p. 277.

das en una profunda crisis y van apagando sus hornos. Su número decrece de forma imparable hasta extinguirse en las últimas décadas de la centuria.

No existe acuerdo acerca de las fechas de desaparición. Lo recóndito de la ubicación de muchas de ellas así como su trascendencia local puede explicar las discrepancias a la hora de datar este momento. Mariano Zuaznávar, quien probablemente presenciara el cierre de más de un establecimiento, fija su cese en 1865 para las de Araba; 1867 para las de Bizkaia; y 1880 para las de Gipuzkoa³³⁰. Homobono advierte que todavía en 1877 funcionaban las de Maestu, Bost-Ibayeta y La Encontrada en territorio alavés³³¹. Para 1886 todas ellas han sido destruidas o transformadas en molinos. Este año marca también el final de la farga catalana³³².

Mirandaola y Bengolea (Legazpi) y Azkue (Ibarra) son los nombres que se manejan para las últimas ferrerías guipuzcoanas en activo; y las de Aranekola (Durango) y Poval (Galdames) para Bizkaia³³³.

Algunos de sus establecimientos son aprovechados para otros menesteres como la molienda o las centrales eléctricas. Esta metamorfosis viene propiciada por la comunidad de instalaciones hidráulicas que comparten una y otra actividad fabril. Una mínima adecuación garantiza la reconversión del complejo. La ferrería de Bengolea, en Legazpi, es reconvertida a manos de uno de sus últimos «olagizonos», el más joven de cuantos habían trabajado en su tradicional fragua³³⁴. Aprovecha sus aparejos hidráulicos para transformarla en serrería mecánica.

La ferrería de Alarbin Goikoa (Altamira, Busturia) abandona la fusión y forja del hierro por la molienda del grano cosechado en los alrededores. Posteriormente pulveriza caolín con destino a la fábrica de cerámica de la localidad. Su última actividad consiste en abastecer de energía eléctrica al vecindario mediante el acoplamiento de una turbina al salto de agua original. Sus instalaciones no se recuperarían de las inundaciones de 1983, que pusieron fin a tan prolija y dilatada carrera.

Concluye así un ciclo económico que se remonta hasta el siglo XIII, tal vez antes. La crisis implica a telares, batanes, el trabajo del lino,... y toda una serie de talleres que se servían también de la energía hidráulica. Otras manufacturas artesanales acompañan a las ferrerías en su eclipse, como los alfares y hornos públicos. Su hundimiento arrastra consigo unos modos de pensar y hacer enlazados a su explotación: es el adiós de un mundo arcaico que muere sorprendido ante los nuevos modos de la industria moderna.

³³⁰ 1905, pp. 26-7.

³³¹ 1980, p. 282.

³³² *Espasa*, T.55, p. 1.230.

³³³ Véase Lecuona, 1955, pp. 102 y ss.; L. Silván, 1976, p. 46; Barrio Loza (dir.), T. I, 1989, pp. 120-1.

³³⁴ Según relata Lecuona, 1955, pp. 102 y ss.

VII.5. La rueda hidráulica y la máquina de vapor. Una larga convivencia

Las mejoras técnicas, incluso las de rentabilidad comprobada, suponen en muchos casos la necesidad de introducir modificaciones o de renovar los antiguos ingenios. En ocasiones pueden condenar la primitiva maquinaria a su desmantelamiento completo y la sustitución por otra nueva.

Esta circunstancia compromete la realización de beneficios a corto y medio plazo, dependiendo del margen de solvencia y de la capacidad de riesgo del empresario. Los costes de la operación pueden llegar a ser tan elevados que, en muchos casos, las innovaciones no se afrontan hasta el desgaste irremediable de los anteriores ingenios.

A la hora de incorporar la máquina de vapor a su equipamiento las pequeñas empresas se encuentran con la barrera de los costos, en ocasiones infranqueable. La termodinámica es poco o mal conocida aún a mediados del siglo XIX. Sus leyes no serán recogidas en un «corpus» hasta avanzada la centuria. De ahí que la renovación y actualización del equipamiento industrial se plantee como una demanda por encargo directo, altamente individualizada.

Ingenieros e inventores son requeridos por las empresas para resolver pedidos concretos de forma puntual. Cada uno de estos proyectos supone un trabajo de orden experimental que se resuelve con atención particular. Los nuevos modelos se convierten en «*banco de pruebas*»³³⁵ de diseños y materiales. Hasta la década de 1870 no puede hablarse de una oferta del producto acabado propiamente dicha. Sólo a partir de entonces las formas y volúmenes de producción de bienes de equipo abaratan costes y franquean el mercado a las empresas modestas y medianas.

La experiencia alavesa de la fundición de San Pedro de Araya es ilustrativa a este respecto. En 1848 Antonio Larrea fundó una fábrica de hierro colado al carbón vegetal en dicha localidad. La gestión técnica del negocio se caracteriza por un marcado conservadurismo, como se deduce por el combustible aplicado. El carbón mineral queda reservado a las labores de segunda transformación. La dimensión del capital requerido puede estar detrás de esta falta de ambiciones modernizadoras³³⁶.

Sus primeros ejercicios están marcados por beneficios mínimos y grandes inversiones en infraestructura. Los fuertes desembolsos y las obligaciones financieras resultantes derivan en el trasvase de la fábrica de

³³⁵ Es expresión de M. Ibáñez et al., 1992, p. 60.

³³⁶ Al cierre de este libro nos llega un ejemplar de la tesis doctoral de Miguel Ángel Sáez García, confeccionada bajo la dirección de Emiliano Fernández de Pinedo y defendida en Vitoria, en el Departamento de Historia e Instituciones Económicas de la UPV/EHU. Se trata de una monografía acerca de esta empresa. Por su magnitud y profundidad ofrece la referencia principal para abordar el estudio de la fábrica de Araya. A ella nos remitimos para mayor detalle.

unas firmas a otras, lo que se traduce en una sucesión de sociedades explotadoras. El despegue de la fundición data de 1858, en que pasa bajo la administración de la compañía comanditaria «Sesé, Urigoitia y Cía.».

La dirección técnica recae sobre un metalúrgico de origen inglés, Hickman, quien proyecta la actualización del equipamiento³³⁷. Propone completar el aparejo hidráulico con máquinas de vapor montadas por técnicos ingleses. Su incorporación permitiría subsanar las carencias energéticas a las que el estiaje comprometía a la producción. Un año más tarde Hickman deja el cargo y sus planes caen en el olvido. M. Ibáñez opina que los costes de la operación³³⁸ habrían ofrecido un argumento más que disuasorio a los responsables de la empresa.

La necesidad de reforzar el equipo de la fábrica con calderas se convierte en un planteamiento recurrente en el Consejo de Administración durante los próximos años. En 1888, p. ej., la sequía veraniega obliga a paralizar 1 ó 2 de los 5 hornos de puddler³³⁹. No obstante su resolución será aplazada sucesivamente hasta fin de siglo³⁴⁰. El alto precio del alineamiento tecnológico se acentúa por las cortapisas que la estructura económica alavesa impone al desarrollo del negocio; especialmente el transporte ferroviario de materia prima y combustible³⁴¹. A ello se añade la escasa demanda, la falta de capitalización y la competencia siderúrgica extranjera.

Todas estas circunstancias se combinan para que la fábrica de Araya desarrolle su actividad en términos modestos respecto a la industria pesada de la vecina Bizkaia³⁴². Hacia 1865 el coste productivo por Qm de lingote de hierro en una ferrería tradicional ascendía en torno a los 155'05 reales³⁴³. En San Pedro de Araya el coste era sensiblemente inferior, 57'55 reales; pero aún era más reducido en Nra. Señora del Carmen, en Baracaldo: 42'50 reales.

³³⁷ Contaba, a la sazón, con 2 altos hornos al carbón vegetal, 5 hornos de pudelar, 2 hornos calentadores, 7 fraguas de afinación y 2 trenes de laminación. M. Ibáñez, *ibid.*; J.I. Homobono, 1980, p. 281.

³³⁸ M. Ibáñez et al. calculan en 104.000 reales sólo hasta el desembarco de las calderas en Bilbao. *Ibid.*, p. 58.

³³⁹ Homobono, 1980, pp. 281-2.

³⁴⁰ En 1861, León Urigoitia procedió a introducir algunas mejoras en el negocio. Instaló hornos de pudelar revestidos de ladrillo inglés, material más resistente que el local. Este mismo año, comenzó a abastecerse de mineral vizcaíno procedente de Ollargan, ante la escasa calidad mostrada por las vetas locales. En 1865, la producción se estima en 8.120 Qm. de hierro en barras destinado al mercado interior más próximo (País Vasco, Castilla y Aragón). Homobono, 1980, p. 281.

³⁴¹ Véase J.I. Homobono, *ibid.*, p. 281.

³⁴² Véase el cuadro 29 en Homobono, *ibid.*, p. 281: «Costo por Qm de lingote de hierro».

³⁴³ Cálculo de Homobono tomando como base el conjunto de la ferrería subsistente en Navarra en la fecha. *Ibid.*

VII.5.1. *Competitividad de la rueda hidráulica*

Una rápida progresión tecnológica como la iniciada con la I.^a Revolución Industrial británica no implica necesariamente un ritmo paralelo de difusión de las novedades. El mercado de la Tecnología se halla mediatizado por inercias no siempre fáciles de detectar. Existen múltiples factores que favorecen la coexistencia de las técnicas nuevas con las antiguas antes de que éstas caigan en desuso. La substitución de unas y otras atiende a motivos que superan la mera idoneidad desde la óptica ingenieril: expectativas empresariales, superioridad continuada de las máquinas existentes,...

Este es el caso de la energía hidráulica. La rueda siguió experimentando mejoras valiosas que aumentaron su productividad y eficacia. La antigüedad de sus principios mecánicos no supuso un obstáculo para el ritmo creciente de sus rendimientos. De ahí que conviviese al menos un siglo con la máquina de vapor.

La difusión del ingenio de Watt se encontró con las trabas que le imponía su vetusta competidora. La rueda hidráulica demostró una capacidad de adaptación y mejora tales que impidieron plantear su substitución como una simple cuestión evolutiva.

En el decenio de 1750 John Smeaton ideó y perfeccionó la rueda hidráulica de corriente media. El agua caía en sus paletas en un punto intermedio, haciéndola girar en el mismo sentido de la regata, al contrario de sus antecesoras de corriente alta. Esta particularidad le facilitaba un margen de funcionamiento en circunstancias adversas como avenidas e inundaciones. El modelo se expandió rápidamente. Hacia 1780, John Rennie mejoró el conjunto, añadiéndole una compuerta que permitía colocar la caída fluvial a la altura idónea. El mecanismo facilitaba su adaptación a cualquier nivel de agua.

A comienzos del siglo XIX los modelos siguieron progresando. Su construcción en hierro prolongó su duración. En Francia, en 1823, Jean Victor Poncelet inventó la rueda que lleva su nombre. Entre sus peculiaridades figuraban la curvatura de las palas y la entrada de agua a través de una compuerta inclinada³⁴⁴. El progreso en los diseños y en el rendimiento hizo de ella una alternativa sumamente atractiva a los incipientes balbuceos de la máquina de vapor. La evolución de la rueda hidráulica culminaría en 1873 con la turbina de agua, debida a Benoît Fourneroy³⁴⁵.

Para mediados del siglo XIX los europeos dominaban casi todos los secretos del aprovechamiento energético hidráulico. Si éstos no se explotaron al máximo fue debido a las cortapisas que imponían el desconoci-

³⁴⁴ La aportación de Poncelet se sustentaba sobre las teorías de Jean Charles Borda, quien había estudiado el mecanismo de las ruedas hidráulicas en 1766.

³⁴⁵ Sus fundamentos teóricos se remontan al siglo XVIII, con las investigaciones de Leonhard Euler y su hijo Johann.

miento de la Ciencia hidrológica, la Meteorología y diversas disciplinas como la Geografía y la Historia Natural.

Las diferentes modalidades de la rueda persistieron durante décadas, en plena Revolución Industrial, retrasando la adopción de la máquina de vapor en los sectores de su particular reino³⁴⁶. Probablemente muchos industriales pospusieron su abrazo a las nuevas tecnologías en espera a que las diferencias de productividad entre ambas fuesen lo suficientemente hondas como para persuadirles de la necesidad de cambio.

La vigencia de la energía hidráulica nos remite, una vez más, a San Pedro de Araya. El recurso a las viejas fuentes energéticas ofrecía una de las características de la firma todavía a fines del siglo XIX. La sociedad administradora otorgó prioridad a la compra de derechos de explotación de aguas, como saltos y molinos. Su tren de laminación y muchos de sus ingenios funcionaban aún a impulsos de una rueda hidráulica. A comienzos del siglo XX fue substituída por una turbina de 90 caballos, que se acoplaba a los diversos ingenios por una simple cuerda trenzada³⁴⁷. En 1895 la sociedad levantó una central hidroeléctrica para completar el equipamiento de su fábrica. La instalación le permitiría alimentar una red de alumbrado para la población.

La empresa no abandonó los métodos energéticos tradicionales. Pero pocos años después sorprendía al sector siderúrgico con un decidido paso. En 1904 adquirió el primer horno eléctrico de España y cuarto en Europa³⁴⁸. Incluso se adelantó a la casa Krupp, quien sólo después se equiparía con otro de similares características.

³⁴⁶ La trubina de Fourneroy, p. ej., se introdujo en Nueva Inglaterra tempranamente y se aplicó en la industria textil. Su éxito vetó la entrada en el sector de la nueva energía del vapor durante décadas.

³⁴⁷ M. Ibáñez et al., 1992, p. 59.

³⁴⁸ J.M.^a Palacios, 1998, p. 29. Miguel Ángel Sáez García afirma que entró en funcionamiento en 1906. Maite Ibáñez lo retrasa hasta 1907. Se trata de un horno sueco de inducción para la fundición de acero, de tipo Kjeling. Lo que no fue obstáculo para que la fábrica mantuviese su oferta de productos tradicionales: lingotes de hierro al carbón vegetal; hierro pudelado y laminado; productos de forja, transformados en el hogar de la antigua ferrería (rejas de arado, ejes de carro, calzaduras,...).

Capítulo VIII

El hierro vasco y la II.^a «Revolución Industrial»

«[...] pues en lo general todo el mundo sabe que no hay en Europa mina tan fácil de fundir, ni que dé hierro tan suave como ésta de Somorrostro; y siempre ha sido así desde el tiempo de los Romanos [...]»

G. BOWLES

A fines del Siglo XIX Bizkaia y Gipuzkoa asumen iniciativas modernizadoras de signo industrializador que les llevan a incorporarse al tren técnico de las potencias occidentales. La actualización económica decanta una profunda transformación en todos los niveles (financiero y productivo, pero también demográfico, social y cultural) que convierte al País Vasco atlántico en uno de los epígonos desarrollistas de la periferia peninsular.

Como en siglos anteriores, el hierro lideró la economía vasca en un momento de tan gran trascendencia como el de su incorporación al tren de la Revolución Industrial. En los albores del siglo XX la industria pesada y de derivados metálicos articuló el entramado vasco empresarial. El dinamismo que imprimió al tejido productivo y financiero consolidó un desarrollo material y social que le ha caracterizado hasta las últimas décadas del siglo XX.

Siderurgia y Metalurgia lideran la actualización económica vasca. Pero ésta no hubiera tenido lugar de no haber concurrido los factores que hicieron posible su despegue: la promoción de los recursos del territorio en un momento técnico-coyuntural que garantizaba su máxima rentabilidad. El descubrimiento e inmediato auge de los sistemas acereros ácidos demandaba una materia prima como la que se encerraba en el anticlinal de Somorrostro: un mineral de hierro no fosforoso y de fácil reductibilidad.

Sólo tras la evaluación de tan oportuno potencial por el mercado internacional el hierro vasco experimentó una apreciación que disparó su de-

manda. El intenso tráfico de mineral hacia Europa, al que más tarde se unió el lingote de fábrica vizcaína, propició una vasta acumulación de beneficios en manos de una burguesía emprendedora. Su responsabilidad en el posterior tejido industrial es indudable, pese a las diferencias mantenidas por los estudiosos en torno a la proporción que cabe atribuírsele en su participación financiera.

VIII.1. El momento técnico

Nadie pone en duda el protagonismo desempeñado por el hierro fundido sobre cualquier otro material metálico durante el período conocido como «I.^a Revolución Industrial». No obstante, con el desarrollo de la demanda nacida al amparo de aquélla, quedaron en evidencia sus limitaciones. Su desgaste en rieles y piecerío de máquinas supuso un gran coste de mantenimiento. Era un material poco maleable y débil para ser aplicado en la construcción o en la confección de algunas máquinas.

Durante la segunda mitad del siglo XIX se resolverán todos los problemas que habían impedido fabricar acero a precios asequibles. Inventores europeos idean procedimientos que, con la incorporación de mejoras sucesivas, permiten abaratar los costes productivos hasta límites insospechados. En un estrecho margen de tiempo (entre 1856 y 1865), las empresas occidentales dispondrán de dos sistemas de fabricación de *acero* que constituirán la matriz de su producción y aplicación masivas.

VIII.1.1. *El convertidor de Henry Bessemer*

El primero se debe al genio de Henry Bessemer (1813-1898), hombre de vigorosa personalidad. Se trata de un procedimiento indirecto que transcurre en horno cerrado o «*convertidor*». Sus bazas consisten en la intensidad de la temperatura y la turbulencia con que remueve la masa. Es conocido también como «*método de afino de aire*» o «*de afino por reacción interna*».

Somete al hierro colado a una segunda fusión en un horno de crisol, para descarburarlo. Una corriente de aire inyectada a alta presión³⁴⁹ atraviesa el baño líquido, dividiéndose en múltiples chorros. Durante el proceso, la fundición se agita enérgicamente. La operación dura veinticinco minutos; incluso puede reducirse a nueve o diez. Consume una parte de combustible, frente a las seis o siete invertidas por los métodos tradicionales, para una misma cantidad de producto final.

Bessemer da a conocer su invento en 1856, durante una conferencia pronunciada en la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia. La

³⁴⁹ Entre 80 y 140 cm de mercurio. *Espasa*, T. II, p. 121.

demostración es un éxito y el método, barato y rápido, se hace merecedor de la mejor acogida. Pero las coladas posteriores ofrecen una baja calidad que dista de aquella primera exposición. Es evidente que el convertidor presentaba reacciones químicas que habían pasado inadvertidas al mismo Bessemer³⁵⁰.

En sus primeras experiencias, como la efectuada ante la asamblea de la British Association, había empleado hierro sueco no fosforado. Pero el hierro británico era fosforado. Pronto se percibe que otro de los causantes de la baja calidad del producto final es precisamente el fósforo. En los años inmediatos a su invención, la plena efectividad del convertidor se ve reducida a un pequeño espectro de minerales de hierro: aquellos desprovistos de la impureza que el procedimiento original se muestra incapaz de eliminar³⁵¹. Los yacimientos británicos quedan, de momento, al margen de este método.

Ésta es la razón por la que, en el plazo de varias décadas, se reserven para el sistema de Bessemer las venas con bajo contenido en fósforo, como las que se extraen en Suecia y Bizkaia. Es el período de auge de la Minería de Somorrostro. Esta misma circunstancia explica que Alemania, poseedora de abundantes yacimientos de hierro fosforoso, se ve obligada a recurrir al mercado exterior para abastecer a su industria siderúrgica de fundiciones apropiadas.

Localizadas sus limitaciones, el procedimiento experimenta una extraordinaria difusión. La primera acería Bessemer nace en Terre-noire (Francia). La seguirá, también en territorio francés, la de Creusot en 1864. Su introducción en Alemania data de 1862, y lo hace de la mano de la casa Krupp, en Essen. En Austria hace su aparición en la explotación de Turrach (Estiria), en 1864. Al año siguiente lo hace en EE UU, y se convierte en la técnica más generalizada del sector en las últimas décadas del siglo XIX.

Los norteamericanos adoptan el convertidor con el fin de abastecer la demanda masiva del creciente mercado ferroviario. El tendido se halla entonces en plena expansión por el Nuevo Continente. Los raíles de hierro habían mostrado una propensión a las hendiduras debido a su blandura y a los restos de escoria. Los confeccionados en acero comienzan a ser colocados en 1862 y demuestran pronto su superioridad.

Bessemer será nombrado Par del Reino Unido en 1879. Su hallazgo suscita un profundo interés en la comunidad científica por la Metalurgia.

³⁵⁰ Para elevar la forjabilidad del metal, Bessemer se inspiró en los descubrimientos de Robert Mushet, quien disfrutaba de una patente sobre la aplicación de manganeso al hierro carburizado por aire. Bessemer propuso la adición al caldo de una aleación de carbono, hierro y manganeso («*spiegeleisen*»). Con ello consigue eliminar las burbujas que acusaban sus primeros aceros.

³⁵¹ La dosis de fósforo no debe exceder del 0'1%. *Espasa*, T. II, p. 121.

Se inician estudios sistemáticos sobre la elaboración del acero. Los investigadores comienzan a descubrir distintas calidades de metal en función de los aditivos y elementos de aleación: manganeso, tungsteno, cromo, vanadio,... o de variaciones en el contenido de carbono.

VIII.1.2. *Los hornos Martin-Siemens*

El segundo de los procedimientos modernos para la obtención del acero fundido se conoce como «Martin-Siemens» *ácido* y es el fruto de investigadores del continente europeo. En 1856 Friedrich Siemens experimenta con las posibilidades de aprovechamiento de los gases de desecho del alto horno. Un año más tarde su socio Cowper los emplea en el calentamiento del aire destinado al mismo. En 1861 Siemens incorpora en sus hornos un mecanismo de recuperación del calor que aplica sobre el gas y el aire. Su carácter regenerativo permite alcanzar elevadas temperaturas a bajo costo.

En 1863 Emile y Pierre Martin (padre e hijo) obtienen acero en un hogar abierto a partir de lingote de hierro y escoria de acero. Para ello les ha sido preciso incorporar el método de calefacción ideado por Friedrich Siemens, que les ha proporcionado calor barato y elevado. Para su mejor aprovechamiento las paredes del horno se cubren de ladrillos refractarios de arena cuarzosa. La materia prima más conveniente para estos primeros hornos es, como en el caso de los primeros convertidores, mineral de hierro pobre en fósforo y azufre³⁵².

El procedimiento Martin-Siemens es más lento que el Bessemer. Puede prolongarse entre ocho y diez horas. Pero presenta ventajas nada desdenables. Su capacidad de aprovechar chatarra de hierro, así como combustibles de menor potencia, hacen de él un sistema rentable. Por otro lado la duración de la operación se convierte en una ventaja, porque tan dilatado espacio de tiempo permite un control más estricto de la aceración, interviniendo en el proceso a voluntad. Da opción a la toma y análisis de muestras y a modificar las condiciones del vientre del horno según la conveniencia. Se pueden regular sobre la marcha las cantidades de carbono y azufre, obteniendo una aleación de gran plasticidad. De ahí su idoneidad para la obtención de aceros para laminación³⁵³. El color que va adquiriendo la escoria indica al operario avezado el progreso de la fundición. La dureza del acero se reconoce también a simple vista, cuando se procede a llenar las lingoteras.

³⁵² Las fundiciones apropiadas, además de la ausencia de los componentes citados, son las que contienen del 2 al 2'5 de silicio; del 3 al 3'5 de manganeso; y entre un 3'5 y un 4% de carbono. *Espasa*, T. II, p. 124.

³⁵³ El control y regulación del contenido carbonoso permite conseguir desde el acero dulce, con un 0'07 a un 0'30% de carbono; hasta los aceros de usos generales (cables, raíles, herramientas,...) cuyo contenido en carbono supera el 0'60%.

Los primeros hogares abiertos disponen de una capacidad de cuatro Toneladas. Este límite será ampliado hasta llegar a admitir entre 50 y 100 T. Nos hallamos ante cifras superiores a las de cualquier convertidor. En 1907 la producción mundial de acero en horno abierto supera por vez primera a la fabricada en convertidor. A partir de este momento la distancia entre ambos aceros se incrementa y el Bessemer conoce un declive. Más adelante los hornos eléctricos acapararán el segmento de los aceros de aleación de alta calidad.

Tabla II
Producción total de acero

Año	Toneladas (miles de)
1848	70
1867	600
1880	4.233,4
1895	14.898,1
1900	27.859,9
1901	30.455,5

Fuente: Espasa, T. II, p. 135.

La difusión de ambos sistemas, Bessemer y Martin-Siemens, margina la técnica del pudelado. El primero de ellos lo substituye en la fabricación de raíles; el segundo, en laminados para la industria naval y maquinaria. A partir de la década de 1860, el acero es producido en masa a precios cada vez más reducidos. Esta circunstancia le brinda un protagonismo fundamental en el futuro desarrollo industrial.

Tabla III
Variaciones en el precio del riel de acero (1868-1900)

Año	\$/Tonelada
1868	158,50
1870	106,75
1880	67,50
1890	31,75
1898	17,62
1900	15-13,90

Fuente: Espasa, T. II, p. 135.

Los métodos modernos, no obstante su alta competitividad, conviven durante décadas con técnicas antiguas. El acero al crisol gozaba de un prestigio que ninguna de las novedades consiguió eclipsar. Su principal exponente se hallaba en Sheffield. Esta plaza llegó al siglo XX manteniendo su fama de centro especializado en las modalidades acereras más finas y de mayor dureza.

VIII.1.3. *Procedimientos acereros básicos*

La efectividad de los primeros métodos modernos acereros se hallaba reducida a un pequeño espectro de minerales con bajo contenido en fósforo. Esta limitación marginaba extensos criaderos de hierro británicos y de la Europa atlántica y central. Las siderurgias de estos países se veían obligadas a trabajar con minerales de origen sueco, vizcaíno (Somorrostro),... A la sombra de tal circunstancia se generó un intenso tráfico comercial exterior de materias primas.

A fines de la década de 1870 este obstáculo se supera gracias al perfeccionamiento de los dos métodos originales descritos más arriba. La introducción de modificaciones en el revestimiento del hogar permite su aplicación sobre todo tipo de arrabio. Esta novedad multiplica las posibilidades de explotación del hierro fosforado.

El éxito es obra de los ingleses Sidney G. Thomas y Percy C. Gilchrist. Demuestran que la acción que ejerce una escoria rica en cal elimina el fósforo. Su descubrimiento supone un hito en el desarrollo y extensión de los métodos de fundición en la década de 1880. El «proceso básico» es aplicable a cualquiera de los sistemas y permite el aprovechamiento del mineral de hierro fosfórico, marginado hasta la fecha.

Entre 1875 y 1879, Thomas y Gilchrist ensayan con éxito la introducción de un revestimiento básico en el interior del convertidor, de dolomía calcinada. También señalan las propiedades de la magnesita como base refractaria resistente a los efectos corrosivos³⁵⁴. Las escorias extraídas de estas coladas presentan un contenido en ácido fosfórico del 14 al 20%. Los alemanes, que adoptan pronto esta tecnología, las aplicarán en la agricultura como fertilizante.

El convertidor Bessemer guarnecido de este modo se conoce por «convertidor Thomas». En un principio sólo produce aceros muy suaves. Pero las posteriores modificaciones para facilitar las operaciones de recarburación permitirán la fabricación de toda su gama.

³⁵⁴ Las fundiciones Thomas deben contener entre un 1'9 y 2'7% de fósforo; 1'1 a 2% de manganeso; 0'2 a 0'5% de silicio; 3'2 a 3'6% de carbono. *Espasa*, T. II, p. 123.

El nuevo recubrimiento soporta hasta 1.700 °C, temperatura con la cual la acción simultánea del aire y de la cal provocan una fácil desfosforación del arrabio. Un operario experto regula la duración de la corriente (entre 2 y 3 minutos). En pocos minutos de trabajo, las dosis de fósforo quedan reducidas a unas pocas décimas.

La adaptación del modelo Martin-Siemens pasa por un revestimiento dolomítico del vientre del horno, a semejanza del ideado para los convertidores. La adaptación básica se difunde también en la década de 1880. Resulta apropiada para aquellas fundiciones demasiado pobres en fósforo para el convertidor Thomas y demasiado ricas para el Bessemer³⁵⁵. Permite además beneficiar cualquier chatarra, independientemente su composición. Sus aceros presentan una extraordinaria flexibilidad, y una calidad similar a la de la modalidad ácida.

Las versiones básicas de Bessemer y Martin-Siemens conocerán un gran desarrollo en Francia (Briey), Alemania, Bélgica y EE UU (Cleveland). Estos países disponían en su subsuelo de extensos yacimientos de hierro con un alto contenido en fósforo, que se revaloriza por sus posibilidades de aplicación en la siderurgia moderna. Alemania y Bélgica sustentaron en ella su despegue económico.

VIII.2. Características del mineral vizcaíno

En el País Vasco abundaban los hematites y carbonatos. La fuerte explotación a la que han sido sometidos los yacimientos, incluso desde época romana, son la causa de que actualmente se encuentre prácticamente agotado.

Los principales criaderos se localizaban en Bizkaia. Comprendían un área de 6 Km de anchura (distancia entre Somorrostro y Galdames) por 24 Km de longitud en dirección Noroeste a Sudeste, siguiendo los estratos cretáceos que partiendo de Basauri (mina «San Prudencio», a 4 Km. de Bilbao) alcanzan Cantabria. Más hacia el SE se localizan otros yacimientos de menor importancia: Zarátamo, Galdácano y Bedia.

El foco más importante se encuentra en Somorrostro, donde se concentran dos masas de mineral: Triano y Matamoros. La primera es la más afamada. Plinio ya la citaba con admiración³⁵⁶. Su longitud es de unos 3.080 m., y su anchura presenta una gran variabilidad. Comienza en torno a los 1.300 m. (extremo SE) hasta reducirse conforme avanza hacia el NW. Su potencia varía desde unos pocos metros hasta más de 30. Las mayores se presentan en la masa de Matamoros, superando los 70 m. en algunos puntos³⁵⁷. Está constituida principalmente por «rubio» o hematites parda³⁵⁸.

³⁵⁵ Esto es, para las que comprendían una proporción de fósforo entre el 0'1 y el 1'5%. Es aplicable tanto para aceros extrasuaves como para los duros, obteniéndose en cualquiera de ambas ocasiones unos resultados de extraordinaria calidad que se sueldan muy bien. *Espasa*, T. II, p. 125.

³⁵⁶ Plinio «el Viejo»: *Historia Natural*, libro XXXIV, XLIII, 149.

³⁵⁷ La longitud de Matamoros es de 2.000 m. de NW a SE, y se halla separada del mineral de Triano por el barranco de Granada.

³⁵⁸ Véase más adelante la descripción de éste y otros tipos de mineral.

No se ha encontrado «*campanil*» en ella; pero sí algunas masas de *vena*, *rubio avenado* y *hierro espático* a cierta profundidad.

El resto del mineral está repartido en cantidades más reducidas, al Oeste de San Juan de Somorrostro y en el límite con Cantabria. Galdames se encuentra unida a la Comarca de Somorrostro por pequeños manchones de mineral de hierro. Su criadero presenta un espesor variable y su ley oscila entre un 52'3 y un 54'8. Su explotación comienza en 1870. Un informe debido a ingenieros ingleses alienta el nacimiento de una sociedad en Londres con este expreso fin.

Las minas de Sopuerta se componen de un mineral (hematites parda, rubio y algo de vena o hematites roja) más silíceo que los anteriores. Se encuentra repartido en dos agrupaciones, oriental y occidental.

Existen otras masas más reducidas que afloran en diversos puntos: en el sitio conocido por «Regato» al SW de Matamoros; el grupo Iturrigorri (hematites parda y algo de carbonato, con el más alto contenido en azufre de toda la masa vizcaína); Miravilla, el Morro y su prolongación hacia el SE en el monte Ollargan. En éste último, la hematites roja, envuelta en arcilla, alcanza una gran pureza (ley del 54%); también la hay parda silíceo. Más hacia el SE se encuentra la mina de San Prudencio y, aún más lejos, las de Zarátamo, Bedía y el valle de Arratia.

Desde antiguo se sabe de la explotación de una pequeña masa mineral localizada en las alturas del valle de Dima: «Mina Urregui». Consistía en hierro espático, rubio, en hojas cristalinas. Fue explotada para consumo de las ferrerías tras la I.^a Guerra Carlista. Su escasez, mediana calidad y difícil acceso motivaron su posterior abandono.

El estudio realizado por Fausto de Elhuyart en Somorrostro en 1783 localiza los tipos de mineral ferruginoso característicos en los que se basará la explotación de los criaderos vizcaínos hasta su agotamiento a mediados del siglo XX³⁵⁹. Elhuyart describe cuatro variedades de mineral extraído, conocidos vulgarmente por los nombres de «*vena*», «*campanil*», «*rubio*» o «*rubia*» y «*hierro espático*».

La «*vena*», dulce o dura, fue explotada durante siglos para el consumo de las ferrerías tradicionales. Consiste en hematites roja pura, un óxido férrico de extraordinaria calidad, con poca ganga de arcilla y bastante blanda.

La ley de grandes partidas de vena alcanza el 58%. En ocasiones llega al 64 ó 65 por ciento³⁶⁰. «*La vena, quando sale de la mina* [relata Bowles],

³⁵⁹ La Junta General de la RSBAP nombra comisionado a Fausto de Elhuyart para que reconozca las minas de Somorrostro y emita un informe acerca de su estado. Este trabajo, junto con el escrito por Guillermo Bowles, constituyen actualmente las principales fuentes de conocimiento sobre las prácticas mineras vizcaínas bajo el Antiguo Régimen.

³⁶⁰ Alzola, 1896. Almunia rebaja estos máximos ocasionales a un 61%. 1975, p. 48. Un muestreo practicado por el químico Luis de Arriaga a fines del siglo XIX localiza venas con leyes del 49 al 62% en las minas vizcainas de «Cristina», «Altura», «Alhóndiga», «Barga» y «Sol» entre otras.

*es de color sangre de toro; y mojándola toma el de púrpura.»*³⁶¹ Su fácil reductibilidad lo convierte en un mineral idóneo para su tratamiento por los procedimientos directos.

Estas cualidades han valido al coto vizcaíno su fama histórica. De ahí que haya sido el único mineral explotado hasta avanzado el siglo XIX, por tratarse de la materia prima por excelencia de los hornos de las zeharrolas; así como de los hornos de esponja (Chenot y Tourangin).

El paulatino agotamiento de este mineral promovió la explotación de la variedad llamada «campanil». Consiste, como el anterior, en hematites roja; pero de una gran compacidad. Aparece asociada con poca ganga de espato calizo. Al igual que la vena, se localiza también en los estratos superiores, de intensa metalización, y puede beneficiarse directamente sin tratamientos intermedios.

Su ley no es tan rica como la de la vena: entre un 55 y 56% de hierro³⁶². Presenta un aspecto negro azulado y duro. Su nombre le viene del peculiar ruido que producen los picos de los obreros cuando golpean una masa de estas características.

El campanil es el primer mineral vizcaíno explotado a gran escala hasta su agotamiento. Comienza a exportarse en 1857 (aunque ya se embarcó en 1850 mezclado con vena), coincidiendo con la intensa demanda promovida con la extensión del convertidor Bessemer.

Su dureza lo convierte en una variedad particularmente apreciada para su transporte. Es también idóneo para su tratamiento en alto horno al carbón vegetal, de reacciones poco enérgicas y en los que los gases reductores permanecen poco tiempo en contacto con el mineral. Esta cualidad estimula su demanda en el mercado siderúrgico interno, a medida que se levantan altos hornos. Ya en 1896 se advierten síntomas de escasez, debido a la intensidad de las labores extractivas a las que se ha visto sometido.

A partir de los años 1880-1885 comienza a explotarse el «rubio», variedad despreciada por ferrones y mineros hasta la fecha³⁶³. Se compone de hematites parda (Hidróxido ferroso) mezclada con arcilla o materia silíceas, con una ley ligeramente superior al 53% de hierro³⁶⁴. En ocasiones se presenta con vena; entonces se cotiza como el campanil. A fines del siglo XIX es el más abundante de los tipos de mineral explotados, con destino al extranjero. Presenta escorias calizas y exige elevadas temperaturas para fundirlas. Su poca permeabilidad hace necesario prolongar el contacto con los

³⁶¹ 1789³, p. 347.

³⁶² La verificación de Arriaga en las minas de «Nra. Sra. de Begoña», «César», «Aurora» y «San Miguel» arroja una variabilidad más amplia: entre el 51'7 y el 58'8%. Basterra, *op. cit.*

³⁶³ Fausto de Elhuyart (1783) se refiere a él como una variedad escasa y pobre.

³⁶⁴ Los resultados del muestreo realizado por Arriaga en las minas de «San Benito», «Concha» e «Inocencia» arrojan porcentajes de hierro que van del 48'85 al 58'62. Basterra, *op. cit.*

gases reductores. De ahí que su tratamiento idóneo sea el recibido «en los enormes altos hornos modernos alimentados con cok.»³⁶⁵

En 1894 Basterra se hace eco de la inquietud que cunde en el Señorío por un inminente agotamiento del criadero:

«¿Cuándo llegará ese día?

Por fortuna un procedimiento, no aplicado en Vizcaya hasta hace poco, la calcinación de los carbonatos ferrosos, viene a aumentar la cantidad de hierro aprovechable, alejando más el peligro que las Juntas del Señorío trataran de conjurar prohibiendo la saca de mineral a reinos extraños.»³⁶⁶

Basterra alude al hierro espático, que ocupaba importantes extensiones en los estratos inferiores de la cuenca y que había permanecido ignorado hasta la fecha. Bowles ya hizo alusión a esta variedad en su *Historia Natural*. Afirmaba que no se explotaba porque producía «un hierro muy agrio», y advirtió que si este mineral se tratase con piedra de cal o «castina» se corregiría tal defecto.

En el tránsito finisecular, este tipo experimentará una revalorización a expensas de la demanda del mercado, conforme las capas superiores (los óxidos descritos) dan síntomas de agotamiento.

Los carbonatos componen masas de textura cristalina cuya ganga no supera el 9%. Su sometimiento al alto horno requiere una operación previa de calcinación. Los análisis de Arriaga le atribuyen una ley del 42 al 48'8% de hierro³⁶⁷. Tras la calcinación, ésta puede elevarse entre un 54'86 y un 65'26%. Su contenido en azufre es, en ocasiones, un tanto elevado, por efecto de la pirita de hierro. Este inconveniente queda compensado por la presencia de manganeso, cal y magnesia, lo que lo convierte en un mineral apto para variadas aplicaciones siderúrgicas.

VIII.3. Explotación minera

Goenaga estima en 40.000 Qm. anuales la producción media de las minas vizcaínas entre 1700 y 1816. Desde 1817 hasta fines del año 1856, la cantidad habría aumentado hasta 50.000 Qm. Sólo se explotaba la vena dulce. A partir de este momento, el ritmo de extracción se habría acelerado velozmente (véase tabla IV).

La legislación liberal borró aquellas trabas legales que habían obstaculizado la exportación masiva del mineral desde el Señorío, y fijó un marco

³⁶⁵ Alzola, 1,896, p. 11.

³⁶⁶ Pp. 21-2.

³⁶⁷ Verificado en las minas de «San Benito», «Concha» e «Inocencia». *Op. cit.*

Tabla IV

Ritmo de producción de las minas de Somorrostro

Período	Miles de Tm.
1818-1856	2.000
1857-1866	580
1867-1876	2.590
1877-1881	7.915
1881-1882	3.500

Fuente: Ignacio GOENAGA; reproducido por Basterra, 1894, pp. 19-20.

favorable a su explotación. Las disposiciones que se sucedieron entre 1863 y 1869 liberalizaron el sector³⁶⁸. Esta política fue refrendada por el Arancel Figuerola.

Fue durante la segunda mitad del siglo XIX cuando se extendieron las formas modernas de explotación en el coto. La extracción de la vena vizcaína conoció su punto álgido con la extensión de los sistemas ácidos de fabricación del acero.

Los minerales apropiados se localizaban en algunos criaderos suecos, griegos y españoles. Todos ellos resultaban insuficientes para el consumo de la industria del acero fundido, que comenzaba una fuerte expansión. El mineral vizcaíno era de una pureza excepcional, idónea para su sometimiento a los procedimientos ácidos. Esta oportuna cualidad lo ubicaba en una situación privilegiada, en el punto de mira de una demanda inelástica.

Gran Bretaña aplica tempranamente los sistemas acereros ácidos, para los cuales dispone de yacimientos con las características apropiadas; esto es, hematites no fosforosos. Pero son insuficientes para abastecer su potencia industrial. Esta circunstancia dota de gran rigidez a su demanda exterior de materia prima y la convierte en el principal cliente y puerto de destino de las menas de Somorrostro. Por otro lado Francia, Bélgica y Alemania carecían de menas puras y ofrecían otros tantos focos de clientela.

Entre 1876 y 1913, de un total de 133 millones de Tm. exportadas, el 70% va a parar a la siderurgia británica³⁶⁹. La isla se mantiene como el

³⁶⁸ Especialmente del Decreto-Ley de 29-XII-1868. Pero ya en 1863 se habían suprimido los derechos arancelarios a la exportación. También fue decisiva la Ley de Sociedades Anónimas de 1869: eximió a las sociedades mineras, autóctonas o foráneas, de la autorización gubernamental previa y de la inspección de su funcionamiento.

³⁶⁹ A. Escudero, 1994, pp. 31-2.

principal destino del mineral vizcaíno hasta 1913. Esta posición se deriva de la aplicación de los sistemas ácidos en Gran Bretaña, responsables del 78% del acero producido por ésta. De ahí la inelasticidad de su demanda.

Alemania absorbe un 20% de las exportaciones del mismo período. En las dos últimas décadas del siglo, su siderurgia incorpora los dos sistemas acereros básicos, a cuya aplicación se debe el 86% de la producción. Los métodos básicos permiten a los germanos explotar yacimientos fosforosos de Lorena, suecos y franceses.

Los alemanes no dependían, pues, del criadero vizcaíno en la medida en que lo hacían los ingleses. A partir de 1900, la avanzada tecnología que desarrollaron en sus acerías del Rhür les permitió aprovechar menas vascas de calidades inferiores.

La demanda creciente y el agotamiento progresivo de las calidades extraídas estimularon las concesiones. Las primeras minas se concentraban en un pequeño territorio de Triano, «*el corazón de la minería vizcaína*»³⁷⁰. La ocupación fue ampliando sus límites. Para 1868 alcanzaba los yacimientos de Güeñes, Sopuerta y Muskiz.

Sólo un reducido porcentaje de extranjeros tuvo acceso a la explotación del coto³⁷¹. Estuvieron prácticamente excluidos de los mejores yacimientos. Las minas de mayor riqueza, sitas en el criadero central de Triano, fueron registradas por indígenas.

Las mejores y más antiguas concesiones se concentraban en manos nacionales. La mayor parte de la producción minera procedía de tres compañías: los grupos familiares Ibarra Hermanos y Chávarri Hermanos; y José M.^a Martínez Rivas. El conjunto de empresas que abarcaban las tres firmas suministró más de la mitad del mineral extraído entre 1890 y 1897, años de la época dorada de la minería vizcaína.

Pero los intereses extranjeros también participaron en la explotación. Entre 1871 y 1876 grandes siderurgias europeas fundaron compañías mineras que operarían en Bizkaia: «Bilbao Iron Ore», de la siderurgia británica «Jhon Brown»; «Luchana Mining», relacionada con «Bolckow Vaughan»; «Orconera» con capital de Ibarra Hermanos (un 14%), «Krupp», «Dowlais» y «Consett»; «Franco Belga», también con capital de Ibarra Hermanos (un 10%), «Denain», «Montataire» y «Cockerill».

Una concentración vertical de estas características permite a las acerías europeas abastecerse directamente de materia prima a precios preferenciales. La explotación del criadero por empresas filiales garantiza a las potentes firmas las mejores condiciones de compra-venta. De este modo esquivan los perfiles más duros de la oferta y la demanda, ventaja más que evidente en un mercado de rígida demanda.

³⁷⁰ Es expresión de Manuel Montero, 1995.

³⁷¹ Un 14'5% de la nómina de propietarios estudiada por M. Montero (1995).

La mitad del mineral extraído del criadero entre 1876 y 1913 se concentra en manos foráneas. La articulación empresarial entre sociedades extractivas y fábricas siderúrgicas asegura unos precios de venta inferiores a las elevadas cotas a las que podría haberse comercializado aprovechando la coyuntura tecnológica. La red de nexos que vincula el coto con las grandes acererías europeas, tal y como ha quedado expuesta más atrás, impide que la exportación se rentabilice en la medida que cabría haber deducido de una coyuntura tan oportuna.

De 1876 a 1913 Bizkaia exporta 133 millones de Tm. de mineral. Los máximos productivos mineros corresponden a los años finiseculares. 1899, con más de 6 millones de Tm, marca el techo productivo. A partir de 1908, el criadero da los primeros síntomas de agotamiento. Comienza la extracción de estratos más profundos, de calidad inferior. La producción se mantiene en torno a los 4 millones de Tm anuales.

VIII.3.1. *Mecanización y laboreo*

A lo largo del siglo XIX el laboreo en las minas conoció importantes transformaciones, tanto en Europa como en América, que facilitaron el trabajo en ellas. Algunas de las mejoras fueron deudoras de mecanismos conocidos desde siglos antes. Pero se generalizan en esta época. Así, p. ej., el empleo de tubos de chimenea. Pero también se introducen novedades de nuevo cuño, como la lámpara Davy (1815), que reduce el peligro de las explosiones en las minas de carbón. Las voladuras ganan en eficacia por la aparición del algodón pólvora (1846) y, sobre todo, por las aplicaciones de la nitroglicerina: la dinamita y la gelatina detonadora (1875).

Las compañías amplían las posibilidades de profundización y extracción. La energía eléctrica y otras máquinas se utilizan para tareas de bombeo, ascenso y descenso de hombres en el pozo. La aplicación de todos estos recursos aumentan las posibilidades de profundización y extracción de los yacimientos.

La producción de mineral molido muy fino se abarata gracias a la mecanización y mejora de las operaciones de triturado (trituradoras de mandíbula, bolas rotatorias,...) y lavado (mesa de Wiffley, 1895; método Bessemer de flotación, 1877).

Pero volvamos a tierras vizcaínas. En 1876, su paisaje minero ha incorporado muy pocas novedades, tal vez ninguna, desde los siglos bajomedievales. La mecanización de las tareas extractivas del criadero es tardía y desigual. Hasta comienzos del siglo XX, el laboreo manual sigue ofreciendo el método de explotación idóneo, debido, sobre todo, a la disponibilidad de mano de obra abundante y barata. Sus reducidos salarios la hacen más rentable que la inversión en maquinaria.

Las áreas agrarias próximas a la zona minera, con una productividad marginal escasa, constituían un rico potencial de mano de obra sin espe-

cializar, presta a emigrar allí donde se ofreciese un empleo remunerado que no exigiese cualificación previa.

Los mismos vizcaínos ofrecen el mayor porcentaje de mano de obra desplazada hacia los núcleos mineros³⁷². Les siguen los habitantes de territorios limítrofes al País Vasco, como Burgos.

Conforme pasan los años y prosperan las actividades extractivas, la oferta de trabajo crece de forma vertiginosa, así como las necesidades de mano de obra. El arco de procedencia de los emigrantes se expande por las provincias españolas más próximas, al ritmo de las expectativas laborales. Hacia fines del siglo XIX, el efecto de absorción tocará territorios lejanos como Soria y Lugo.

Este «cinturón» propicia la llegada masiva de trabajadores hacia el Señorío. A partir de 1876 una marea humana comienza a concentrarse en torno a la Ría del Nervión y los valles de Somorrostro, Galdames y Sopuerta, que forman su prolongación natural. Las localidades de Gallarta (en el municipio de Abanto y Ciérvana), Ortuella (Santurce) y la Arboleda (en el término de San Salvador del Valle) capitalizan el auge demográfico³⁷³.

Atraídos por la posibilidad de un empleo remunerado, hombres jóvenes se acercan a los distritos mineros en busca de un trabajo que no exija filtros de formación previa. Los que llegan en condición de temporeros (población transeúnte) prolongan su estancia y finalmente se asientan en ella, fundando familia y, en el mejor de los casos, casa.

El incremento poblacional altera la fisonomía vizcaína de forma radical. La avalancha se concentra en el área de la margen izquierda del Nervión. La demografía se enriquece cuantitativa y cualitativamente. El aporte humano revitaliza las constantes demográficas. En la comarca de Triano, por ej., hasta 1867, la población se componía por los lugareños que habitaban en los pueblos de las inmediaciones «*además de algunos carreteros vascongados*». En 1882, el jefe del Distrito Minero Ignacio Goenaga exclama:

*«en la actualidad habrá, tal vez, veinte mil habitantes en estos parages [sic], en los que hace quince años apenas habría media docena de casas.»*³⁷⁴

Entre 1857 y 1900, Bizkaia casi duplica su población. El aumento es desequilibrado y pone a prueba la capacidad de acomodación de los municipios que lo albergan. Los índices de crecimiento Baracaldo y Sestao se

³⁷² En contra de algunas creencias muy extendidas, Pérez Castroviejo sostiene que «*en general, el grupo poblacional residente más importante por su número fue el vasco-navarro*», 1994, p. 48.

³⁷³ Este fenómeno se encuentra reflejado especialmente en el recuento demográfico correspondiente al período intercensal de 1877 a 1887.

³⁷⁴ Ignacio Goenaga, 1882, p. 54.

disparan, en tanto que más allá del hinterland del coto minero, la provincia mantiene ritmos más cercanos a siglos pasados que a las vertiginosas cifras de sus vecinos.

El paisaje residencial de estas áreas acusa una brusca metamorfosis, a expensas de la incorporación de los inmigrantes. Su acomodo es forzosamente apresurado, lo que se plasma indefectiblemente en el urbanismo improvisado de los barrios. Las deficiencias de equipamientos se resuelven, las más de las veces, de forma precaria.

El inusitado incremento de los habitantes deja pronto en entredicho la educación, higiene y toda la red de asistencia elemental de la población. Pronto se desencadenan problemas sanitarios. El hacinamiento y la insalubridad de los habitáculos provoca un aumento de las enfermedades infecciosas. El índice de mortalidad se dispara. Este comportamiento es característico, por otro lado, de los primeros momentos desarrollistas que ya habían atravesado las potencias europeas industriales.

El fenómeno que describimos causa un gran impacto en la sociedad vizcaína. Los lugareños caen en el desconcierto ante tanta agitación. Apenas si reconocen los horizontes de su comarca, de su barrio,... y de su vecindario. Los recién llegados traen consigo los ecos de otras tierras, más o menos alejadas, más o menos conocidas. Sin desdeñar la participación vasca en el flujo inmigrante, las nuevas barriadas palpitan al son de culturas y costumbres muy diversas. En ellas se aprecia el barullo de acentos entremezclados; la estampa y colorido de sus moradores; y, ante todo, su vitalidad.

Este aluvión proporciona la mano de obra que sustenta el *boom* minero vizcaíno. Una vez instalados los trabajadores en el Señorío la ausencia de una vertebración sindical fuerte determinará el incremento moderado de los salarios entre 1876 y 1913. Los costes de producción se mantienen, pues, en niveles reducidos.

Los estratos más superficiales de los yacimientos son los más metalizados y los más intensamente explotados. En 1896, Somorrostro presenta 63 minas en activo. Le siguen Galdames, con 12; y Ollargan, con 7³⁷⁵. En el tránsito finisecular, éstos comienzan a dar los primeros síntomas de agotamiento. Desde principios del siglo xx las condiciones de explotación cambian a tenor de la progresiva merma de las capas superiores de mineral.

La circunstancia se ofrece propicia a la introducción de excavadoras y martillos perforadores. Su aplicación permitiría la mantención del ritmo productivo sin esfuerzo añadido. Pero el continuo aumento de la oferta de mano de obra mantiene los salarios a niveles muy reducidos. De ahí que a

³⁷⁵ A continuación figuran Sopuerta (5 minas) y Miravilla (4). El resto de los criaderos en explotación se esparce por Güeñes, Galdácano, Alonsótegui, Iturrigorri, El Morro y Castrejana. P. de Alzola, 1896, p. 10.

las compañías mineras les siga resultando rentable recurrir a tan oportuna reserva³⁷⁶.

Los mineros sin especialización (operarios, peones o jornaleros) perciben retribuciones similares a las de un obrero fabril: en torno a las 3 ptas. por jornal y día³⁷⁷. En los años anteriores al conflicto europeo, el jornal de los barrenadores, oficio cualificado que gozaba de gran aprecio entre los contratistas, sólo alcanza entre 3'75 y 5 pt. diarias.

El laboreo se realiza «a roza abierta» y comprende las tareas de barrenado, voladura, troceo y selección y transporte. En la fase final, el mineral es sometido a los tratamientos específicos exigidos por su naturaleza, con el fin de adecuarlo al alto horno: el lavado para los menudos; y la calcinación para los carbonatos.

La jornada se prolonga de sol a sol. Este horario había sido superado teóricamente por la huelga de 1890, durante la cual los mineros consiguen la jornada de 10 horas. Pero en 1908, sólo la compañía Franco-Belga la cumple. Una nueva huelga en 1910 reducirá la jornada a 9 horas y media.

Tras la I Guerra Mundial (1914-1919), el laboreo manual pierde aquella operatividad que le había caracterizado. La intensa explotación a la que había sido sometido el criadero motiva su extenuación. Sólo una mecanización efectiva podía garantizar la continuidad de la producción. A este imperativo se suma el despertar del sindicalismo. El movimiento obrero organizado va consiguiendo reivindicaciones sociales y laborales (jornal mínimo, alzas salariales,...), que rectifican su anterior consideración como un recurso de fácil disponibilidad.

El abaratamiento de la maquinaria eléctrica supondrá un aliciente añadido. Pero sólo empresas de gran solvencia vinculadas a siderurgias potentes, como las sociedades Orconera y Franco-Belga, podrán acometer la las inversiones precisas.

VIII.4. En torno a la acumulación de capital

Desde la abolición del sistema foral hasta el Arancel Figuerola (1869); todas las medidas encaminadas a liberalizar la exportación masiva de mineral vasco conforman el pistoletazo de salida para la siderurgia europea, en una carrera por colonizar lo que recientemente se ha bautizado como «La California del Hierro»³⁷⁸.

³⁷⁶ Acerca de la faceta social de la industrialización, véanse monografías o referencias en los trabajos, ya clásicos, de L. Castells, J. Corcuera, J.P. Fusi, González Portilla e I. Olabari. Particularmente, Luis Castells: «Adaptación y respuestas de los trabajadores al desarrollo del capitalismo. Estudio de dos zonas del País Vasco: Eibar y las minas vizcaínas. 1880-1920», en *Los trabajadores en el País Vasco (1876-1923)*, del mismo autor, Siglo XXI de España Editores, «Historia», pp. 171-253.

³⁷⁷ Pérez Castroviejo, 1994, pp. 51-2.

³⁷⁸ Es expresión de Manuel Montero, 1995.

Los atractivos y beneficios obtenidos por las firmas extranjeras han sido ya expuestos en párrafos anteriores. Las compañías mineras reportaron sustanciosos dividendos que encumbraron a sus accionistas como una oligarquía de notable capacidad financiera. Pero la forma y volumen de concentración de los beneficios es objeto de profundas reflexiones respecto a la participación que cabe atribuírsele en la industrialización moderna de Bizkaia.

Los mayores propietarios mineros, Ibarra, Chávarri y Rivas aparecen vinculados a las iniciativas siderúrgicas que suscitaron el despegue industrial de Bizkaia. Los beneficios reportados por el negocio del hierro fueron canalizados por sus promotores hacia inversiones empresariales que desempeñan un papel fundamental en el posterior desarrollo económico de la provincia. El acelerado ritmo de ganancias percibidas por este grupo social habría permitido disponer de las fuertes sumas exigidas para la instalación de un equipamiento como el vizcaíno de fin de siglo.

Antonio Escudero estima en 1.500 millones de ptas. el total de los beneficios generados por la moderna explotación del coto vizcaíno hasta 1913. De esta suma, 404 millones de pts. habrían ido a parar a empresas vascas. Escudero se muestra escéptico respecto al tradicional protagonismo asignado al capital minero indígena en el despegue industrial y lo somete a revisión.

El volumen de beneficios extraídos por los indígenas de la explotación de los criaderos es insuficiente, en su opinión, para explicar el supuesto trasvase de capital de la minería a la industria; máxime si se tiene en cuenta la parte embolsada por pequeños propietarios, cuyo margen para hipotéticas inversiones es reducido, en el mejor de los casos.

Atribuye la generalización de esta tesis a los «*ingenieros publicistas de la patronal minera*» (Lazúrtegui, Arisqueta, Barreiro, Landeta...). Los relaciona con una vasta operación de propaganda, dirigida a enfatizar la figura de los empresarios particulares³⁷⁹.

A juicio de Escudero, el 80 por ciento de las inversiones en industria y finanzas vizcaínas carece de vinculación alguna con la minería; sí la tiene, en cambio, con capitales madrileños, repatriación de bienes, autocalificación de la provincia,... Un flujo financiero tan notable sólo se explica en función de la coyuntura. El aprecio de los recursos vizcaínos atraviesa una época dorada, derivada del momento tecnológico internacional; esto es,

³⁷⁹ Cuando a principios del siglo XX comenzaron a oírse voces en favor de la nacionalización del coto, o de un aumento de la presión fiscal, la patronal minera se habría visto obligada a salvaguardar sus negocios. Con este fin, habría enfatizado su protagonismo en el auge financiero que atravesaba Bizkaia. Habría querido reivindicar su papel en la acumulación de capital industrial por reinversión directa de sus beneficios. Los ingenieros citados habrían contribuido a extender esta creencia a través de sus informes y memorias.

Tampoco niega la existencia de «publicistas» M. Glez. Portilla; pero sitúa su discurso en otro plano: el de la confrontación del capital nacional con las compañías ferroviarias extranjeras. *La siderurgia vasca...*, 1985, p. 277.

del auge de los sistemas ácidos acereros. Sus efectos estimulantes sobre la atracción de capital inversor a suelo vizcaíno no se habrían hecho esperar.

VIII.4.1. *Combustible y tráfico marítimo*

El mineral de hierro expedido a Gran Bretaña en el período que va de 1878 a 1900 empleó unos 25.000 viajes marítimos, que equivalen a una media de 21 salidas semanales hacia la isla³⁸⁰.

La navegación de retorno conoce una evolución pareja. Se establece un modelo de máxima rentabilidad conforme a una doble circulación que aprovecha los viajes de vuelta para procurar carbón inglés (hulla y coque) a las nacientes siderurgias. Se embarcaba en su mayoría en Newcastle y Newport. El carbón de Newcastle demostró ser superior al asturiano en calidad, precio y coquización³⁸¹.

El alto porcentaje de participación del combustible en los precios finales decidió a las grandes siderurgias a asumir su producción. El coque importado llegó a suponer más del 50% de los gastos de fabricación de lingote por «La Vizcaya». En la década siguiente, esta empresa alcanzó a elaborar en sus propias baterías todo el coque que consumía; pero la hulla que invertía para ello seguía siendo de procedencia inglesa y alemana. El coque asturiano demostró ser de inferior calidad por su reducido poder calórico, y se destinó a la obtención de vapor.

Los fletes sufrieron, además, un abaratamiento añadido, derivado del aumento de arqueo de los buques, y de las mejoras de la infraestructura de la ría. El tonelaje medio transportado por los navíos ascendió de 482 Tm. a 1.048 Tm. entre 1979 y 1883.

Empresas privadas e instituciones administrativas locales combinaron sus iniciativas para dotar a la cuenca minera de las máximas facilidades de comunicación. Las labores de dragado, la mecanización de los embarcaderos, los ferrocarriles mineros,... potenciaron las condiciones naturales y las adecuaron al volumen de las necesidades que impuso la coyuntura.

Todos estos factores se combinaron oportunamente para reducir el costo de los fletes. En la década de 1880, para los trayectos de Bilbao a Newport o a Cardiff, se redujeron a más de la mitad. La doble circulación de mineral y carbón encumbró a Bilbao como uno de los principales puertos europeos, acaparando, además, más de la mitad del tonelaje bruto de los barcos matriculados en España.

³⁸⁰ Cálculo de González Portilla sobre la base de la carga media de mineral transportada por las naves de Sota y Aznar: unas 2.300 Tm.

³⁸¹ Antonio Escudero rectifica la articulación del tráfico de retorno. En su opinión, un 40% del tráfico marítimo de la flota vasca hasta 1900 se explica en función del cabotaje. Fija su ruta conforme a un trazado triangular: los navíos cargan hierro de Bilbao a Inglaterra; carbón de ésta a Francia; el regreso a Bilbao se realiza en lastre, pero es una corta distancia.

La expansión minera propició, pues, el desarrollo de la marina bilbaína empleada en la exportación de mineral, así como de una rentable navegación de vuelta. La pujante flota estuvo vinculada a los negocios de la burguesía autóctona, propietaria de minas y exportadora, que vio en esta actividad otra nueva oportunidad expansiva. El grupo naviero «Sota y Aznar» nos ofrece su mejor exponente³⁸².

³⁸² Gandarias, Durañona, Martínez de las Rivas son otros tantos ejemplos de productores-exportadores de mineral que impulsaron la flota.

Antonio Escudero supone al transporte minero, casi en su totalidad, en manos extranjeras. La participación de Ramón de la Sota y Martínez Rivas, ya en la década de 1890, supondría una excepción por su condición de naturales.

Capítulo IX

Moderna industrialización en el País Vasco

«[...] resulta evidente que si cedemos la mayor parte de nuestros minerales por un precio ínfimo [...], imitamos a Esaú al vender su primogenitura por un plato de lentejas.»

P. DE ALZOLA Y MINONDO

Desde mediados del siglo XIX las posibilidades industriales que ofrecía el País Vasco costero, especialmente los alrededores del coto minero de Somorrostro y la Ría de Bilbao, se revalorizaron de forma espectacular. Las potencias europeas iniciaban un nuevo impulso de la mano de la «II.^a Revolución Tecnológica».

Esta nueva fase halló en el acero moderno de fundición uno de sus principales pilares. Las siderurgias europeas buscaban minerales idóneos con los que alimentar sus convertidores y hornos. La vena de Somorrostro cumplía sobradamente los requisitos más exigentes como materia prima de los sistemas ácidos en boga. Todas las miras europeas convergían, pues, en Bizkaia.

«La existencia de una importante cuenca minera de hematites [afirma González Portilla] y el hecho de disponer de carbón a un precio relativamente moderado f.a.b. en Bilbao, como consecuencia del desarrollo que conoció la navegación de retorno (ida y vuelta) que abarató los fletes, fueron factores que estimularon la inversión industrial en la zona.»³⁸³

La coyuntura internacional ofrecía al País Vasco atlántico la posibilidad de incorporarse al tren de desarrollo y poner al día su estructura económica. Los recursos potenciales con los que contaba (hierro y costa, prin-

³⁸³ 1985, T. I, p. 275.

cialmente) brindaban una oportunidad inmejorable para lucrarse con la venta de sus riquezas minerales; o de emprender en propio suelo la aventura de la industrialización conforme al patrón tecnológico más actual.

Hemos tenido ocasión de abordar la primera de estas alternativas en páginas anteriores. En adelante nos centraremos en los derroteros por los que discurrió la segunda.

IX.1. El modelo industrial vizcaíno

Las posibilidades que ofrece la Ría suscitan un fuerte interés en el capital foráneo, que protagoniza las primeras iniciativas industriales. La firma «The Bilbao River and Cantabrian Railway C.L.» nace en 1870 con la expresa finalidad de instalar una gran planta siderúrgica dotada de varios hornos altos. En ella el mineral vizcaíno sería sometido a una primera transformación (lingote), con destino a las acerías europeas equipadas con convertidores ácidos. La empresa contemplaba también inversiones en infraestructura y pronto inició las obras del tendido ferroviario que debía unir las minas de Galdames con el embarcadero de Sestao.

La II.^a Guerra Carlista (1872-1876) interrumpe bruscamente la actividad de la firma. Los hornos y el ferrocarril son abandonados. El final del enfrentamiento civil acarrea transformaciones fundamentales en el marco jurídico y legal del País Vasco. Su traducción inmediata es la de una favorable situación para la prosperidad de los negocios industriales y comerciales. Para entonces «The Cantabrian» ha renunciado definitivamente al proyecto.

En 1879 Francisco de Rivas, marqués de Mudela, adquiere los altos hornos e inicia su explotación un año después bajo el nombre «San Francisco de Mudela». En sus próximos ejercicios, la planta es responsable de un tercio de la producción española de hierro colado (1881); hasta de su 45'5% (1884). Su capacidad productiva ronda las 40.000 Tm. anuales de lingote.

IX.1.1. *Otras iniciativas siderúrgicas. Carbón vegetal y hierro esponja*

En los años previos a los grandes inventos acerca del acero fundido diversos métodos habían ampliado la oferta siderúrgica de las tradicionales ferrerías vizcaínas. El método de hierro esponja consistía en un procedimiento de reducción directa, idóneo para ser aplicado a la vena dulce vizcaína por su alta reductibilidad. Había sido inventado por Chenot y mejorado por Tourangin. En 1859, Los Ibarra, vinculados a la Ferrería de Poval, establecen en Baracaldo los primeros hornos Chenot en la fábrica «Nuestra Señora del Carmen», en asociación con Villalonga, Murrieta y Uribarren. La sociedad explotó el negocio bajo el nombre «Ibarra y Cía.»

Los hornos se mantuvieron en activo hasta 1871³⁸⁴. El hierro esponja fue adoptado en 1860 por la Ferrería de Gastaca, y en 1862 por la de Bedia; algo más adelante se les sumaron las fábricas de Aldanondo, Bériz, Alonsótegui, Usánsolo («San Juan»), Bolueta y Astepe («La Purísima Concepción»).

La II.^a Guerra Carlista (1872-1876) y la competencia de las nuevas tecnologías del acero serían algunos de los obstáculos que encontrarían estas empresas en sus ejercicios inmediatos. En 1886 sólo perduraba la de Astepe³⁸⁵. La capacidad productiva de todas ellas era muy superior a la de las últimas ferrerías con las que convivieron. Pero no pudieron competir con los altos hornos. Éstos últimos resultaban más rentables, pese del necesario afinado posterior exigido por su colada (método indirecto).

Algunas firmas relevantes se decantaron por el alto horno al carbón vegetal. Este es el caso de «San Batolomé» de Miravalles, propiedad de Olaechea y Cía. El complejo abarcaba un alto horno al carbón vegetal, dos hornos de afino y un horno de recalentar, más un tren de laminación. Fernando Campos, dueño de la «San Juan» de Usánsolo, substituyó los dos hornos Tourangin por un alto horno al carbón vegetal, tres hornos de afino para tratar el lingote salido de aquél, y un tren de laminación.

La factoría de «Santa Águeda», en Baracaldo, disponía de un alto horno al carbón vegetal que se apagó antes de fin de siglo. Contaba también con 4 hornos de pudelar que en adelante trabajarían no ya el propio lingote, sino el producido por otras firmas.

La mayor parte de los establecimientos citados no pudieron hacer frente a la competencia de los altos hornos al coque, convertidores y hornos Martin-Siemens. Fueron decayendo ante el empuje de las grandes siderurgias modernas que nacieron en torno a la década de 1880.

IX.1.2. *Despegue de la gran siderurgia*

Entre 1879 y 1882 se advierte una efervescencia empresarial por levantar modernos altos hornos en el entorno de la Ría. En estas fechas nacen las tres mayores siderurgias españolas: la ya aludida «San Francisco de Mudela», y «La Vizcaya» y «Altos Hornos de Bilbao». Las tres hegemizarán la producción de hierro y acero.

De la mano de estas empresas el sector asiste a una profunda reestructuración. La siderurgia vizcaína potencia sus disponibilidades tecnológicas

³⁸⁴ En 1872, asociados con capital inglés en Orconera Iron Ore Company, los Ibarra emprenden comienzan el tendido del ferrocarril que uniría las minas con la fábrica. Un año más tarde, emprenden la renovación de los hornos, substituyéndolos por 3 altos hornos de nueva planta, uno al carbón vegetal y dos al coque.

³⁸⁵ En ella se seguía el método Tourangin con algunas modificaciones introducidas por el propietario de la fábrica, Juan José de Jáuregui.

y su productividad. A partir de 1885 incorpora baterías de coque, convertidores Bessemer, hornos Martin-Siemens y trenes de laminación. En una década multiplica su demanda energética de 1.530 c.v. (año de 1880) a 20.150 c.v. (ejercicio correspondiente a 1890-91). Bizkaia es responsable del 78% del lingote de hierro y del 80% del acero producidos en España.

El incremento de la capacidad de las nuevas plantas se acompaña de una reducción de los precios, a tenor de la oferta de firmas en el mercado. Este factor, unido a las circunstancias anteriormente señaladas, darán al traste con las antiguas industrias del hierro.

La oportuna disposición del mercado europeo marca decisivamente los primeros ejercicios de la «San Francisco» y de «La Vizcaya». Ambas producen lingote para la exportación. «Altos Hornos de Bilbao», en cambio, sólo comercializa una pequeña proporción de éste; la mayoría se somete a una segunda transformación para comercializarlo en forma de acero y laminados.

«La Vizcaya»³⁸⁶ se constituye en septiembre de 1882 por iniciativa de Víctor Chávarri y otros capitalistas vinculados a los negocios mineros y mercantiles. Su capital social asciende a 12,500.000 pt. repartidos en 25.000 acciones de 500 pt. Se abastece de materia prima extraída de sus propias minas y de otras en arriendo, en el coto de Galdames. Compra las marismas de Sestao, a orillas del Nervión, y recurre a la casa Cockerill de Seraing para levantar sus instalaciones.

La firma dispone de una excelente infraestructura viaria: un muelle propio de carga y descarga en las márgenes del río; y el ferrocarril Bilbao-Portugalete que enlaza con la red española. En 1896, emplea 1.000 mineros en Galdames y 1.500 en la planta³⁸⁷.

La tercera de las potentes siderurgias, «Altos Hornos de Bilbao»³⁸⁸, nace pocos meses más tarde, en diciembre de 1882. Dispone de un capital social de la misma cuantía que la anterior³⁸⁹. Compra las antiguas fábricas de la familia Ibarra: «Nuestra Señora de La Merced de Guriezo» y «Nuestra Señora del Carmen» en la confluencia de los ríos Nervión y Galindo, a 8 Km. de Bilbao. La tecnología de ambas había quedado obsoleta, pero ofrecían interesantes perspectivas de reforma y puesta al día.

³⁸⁶ «Sociedad de Metalurgia y Construcciones La Vizcaya».

³⁸⁷ En 1896, la producción anual media de la sociedad se cifra en 200.000 Tm. de mineral de hierro; 100.000 de coque metalúrgico; 100.000 de lingote de hierro; 25.000 de acero Siemens y Robert; 6.000 de hierro pudelado; y 25.000 de laminados de hierro y acero.

En 1889 inician su funcionamiento los 4 hornos Siemens-Martin. Dos de ellos presentan un revestimiento básico. P. Alzola, 1896.

³⁸⁸ «Sociedad de Altos Hornos y Fábricas de Hierro y Acero de Bilbao».

³⁸⁹ Grupos financieros franceses, madrileños y catalanes aportan el 57'2% del capital. La participación vasca no es mayoritaria, aunque sí la más importante. Está integrada por el grupo familiar Ibarra-Zubiría-Vilallonga, que controla un 28'8% del capital social. Glez. Portilla, *La siderurgia vasca (1880-1901)*, Bilbao, 1985, p. 24.

La sociedad emprende una renovación integral con el asesoramiento del ingeniero y metalurgista Mr. E.W. Richards. En 1885, las instalaciones se ponen en marcha y producen el primer lingote de acero Bessemer. El suministro de mineral le viene asegurado por seis minas de hierro en «Salta Caballos» (límite entre Bizkaia y Santander) y varios contratos con «Orconera» y «Franco Belga». En 1896 da empleo a cerca de 3.000 hombres, y la media de su capacidad productiva anual se cifra en 100.000 lingotes³⁹⁰.

IX.1.3. Remodelación del sector

Los mercados internacionales, que tan receptivos se habían mostrado al lingote vizcaíno, se enfrentan a una crisis generalizada de ámbito mundial entre los años 1890 y 1895. Su primer efecto es el entorpecimiento del tráfico. Los países europeos procede a levantar barreras arancelarias y el flujo de mercancías se reduce.

La disminución del volumen del comercio exterior apela directamente a las siderúrgicas vizcaínas, volcadas desde su mismo origen hacia la exportación. Las empresas asisten a una vertiginosa pérdida de pedidos a partir de 1892³⁹¹. La nueva coyuntura condena al producto de las siderurgias vascas al estrecho mercado interior, de escasa capacidad de absorción, por debajo del nivel de productividad alcanzado por aquéllas.

Constreñidas por los márgenes de la clientela española, los responsables de las firmas punteras (AH de Bilbao y La Vizcaya) inician una política de aproximación que les permita esquivar los efectos más perjudiciales de la competencia. Las negociaciones culminan con éxito en la cartelización del sector. En 1902 se firma el convenio de fusión bajo el nombre «Altos Hornos de Vizcaya» («AHV»). Y tan sólo un mes más tarde se les incorpora la fábrica de hojalata «La Iberia». Esta última unión es propiciada por la identidad de los principales accionistas y cargos del Consejo de Administración (grupo Urquijo).

Los efectos inmediatos de esta estrategia se traducen en un monopolio efectivo sobre los precios del hierro y del acero en España³⁹². Una estruc-

³⁹⁰ Esta cantidad se destina («hasta donde alcance») a la confección de 12.000 Tm de hierro pudelado; 15 Tm. de aceros en variso perfiles; 6 Tm de planchas; 45.000 de carriles y viguería; 6.000 de piezas fundidas; 3.000 de puentes, armaduras y calderas; y 1.000 de maquinaria. P. Alzola, 1896.

³⁹¹ Los efectos se vieron acentuados por el descubrimiento de los métodos acereros básicos, que ampliaban las variedades susceptibles de tratamiento moderno a los minerales fosforosos. La expansión de estos nuevos procedimientos aún se haría esperar; pero ya introducían un primer elemento de dispersión de aquella rígida demanda de la que había gozado el lingote de Bizkaia hasta la fecha.

³⁹² «[...] al precio internacional se le agregará el flete y el derecho arancelario, quedando siempre cierto margen de cobertura con el objeto de combatir las importaciones.» M. González. Portilla, *La siderurgia vasca...*, 1985, p. 235.

turación como la propiciada por esta política empresarial permitió un trasvase creciente de los excedentes económicos hacia el selecto grupo de la burguesía que lideraba el sector siderúrgico.

La industria pesada, no obstante, encuentra un obstáculo a su prosperidad: la competencia de la producción extranjera en propio suelo, respaldada por las franquicias correspondientes. Sus efectos se hacen notar especialmente en el área ferroviaria, una de las salidas naturales por excelencia de la siderurgia.

La Vizcaya y, sobre todo, Altos Hornos de Bilbao, habían destinado gran parte de la producción a su transformación en carriles. Pero ya antes de su fundación, para 1880, se dan por finalizadas las líneas principales del tendido español. Cuando concurren los carriles vascos al mercado, en la última década del siglo, sólo les queda el segmento de las reposiciones y de las vías secundarias. A corto plazo el tendido español se muestra incapaz de absorber el volumen de producción que antes se destinaba a la exportación.

En torno a 1892 el sector pesado vasco frena su expansión. La elevada productividad que había conseguido en la década de los ochenta queda infrautilizada. Dispuesta a asegurar una receptividad máxima a la producción, la patronal lidera un movimiento de signo político y económico que hará del proteccionismo su bandera. Uno de los principales representantes de esta postura, Pablo de Alzola, calcula en 18 pt. el precio de 2 Tm de hierro extraído en Bizkaia. Transformadas por el proceso industrial en «*locomotoras, locomóviles y máquinas marinas*», su precio asciende a 1.500 ptas./Tm³⁹³. De ahí que abogue por el cese de la explotación en los términos en que se efectúa a la sazón (con ambiciones casi exclusivamente exportadoras).

Empresarios del metal vasco y del textil catalán promueven una intensa campaña, dispuestos a reducir las posiciones librecambistas y del capital extranjero en el mercado nacional. Los vascos constituyen el alma de ligas de productores y movimientos que se prolongan hasta entrado el siglo xx. Consolidan un frente de fabricantes españoles que presiona cerca de los Gobiernos liberales y de las Cortes para conseguir el fortalecimiento de las trabas aduaneras.

El Arancel de 1891 supone su primer éxito³⁹⁴. Le seguirá la revisión de las tarifas arancelarias sobre material ferroviario de 1896. El movi-

³⁹³ Apreciación del mineral de hierro vizcaíno según su nivel de transformación: 2 Tm de mineral cuestan 18 ptas.; convertidas en lingote, se revalorizan en 64 ptas.; transformados éstos en carriles, alcanzan las 140 ptas.; o las 210 ptas. si se trasforman en planchas de acero. 2 Tm de hierro forjado en ejes acodados o cigüeñales cuestan 700 ptas. Convertido en máquinas motoras y calderas puede cotizarse hasta 1.200 ptas./Tm. y hasta 1.500 ptas./Tm. si se transforma en locomotoras. Pablo de Alzola, 1896, p. 55.

³⁹⁴ El Arancel de 1891 es el punto de partida de nuevas empresas siderúrgicas que se establecen en la cuenca del Nervión, como «Talleres de Deusto», de aceros moldeados; «Sociedad de Tubos Forjados»; «La Maquinista Bilbaína», de motores eléctricos; «La Basconia», de hoja de lata; y multitud de aplicaciones metalúrgicas.

miento culmina en 1906, con un nuevo Arancel que amplía el proteccionismo a otros ramos no contemplados por el de 1891. En los años que median hasta el estallido de la I.^a Guerra Mundial (1914), la siderurgia vasca consolida su dominio y adquiere su configuración definitiva: nacional, protegida y monopolista, con tendencia a la autarquía. En coyunturas posteriores tendrá ocasión de reforzar estas características; especialmente en su desarrollo hasta mediados del siglo XX.

IX.2. El modelo industrial guipuzcoano

La experiencia industrializadora guipuzcoana se desenvuelve sobre distintas premisas a las de Bizkaia. Es más modesta; pero hace gala de una capacidad innovadora que demostrará con creces en sus diferentes iniciativas³⁹⁵.

La carencia de una masa mineral de las características (cualitativas y cuantitativas) del yacimiento vizcaíno marca de forma decisiva los derroteros por los que transcurre la provincia en los siglos XIX y XX³⁹⁶. El despegue del sector secundario se adelanta al caso vizcaíno varias décadas, asentado sobre los de bienes de consumo. Papel y textil son las especialidades pioneras en la modernización de los modos industriales, hacia 1840.

El progreso del metal sobre nuevas bases habrá de esperar a la segunda mitad del siglo XIX. Para entonces la estructura productiva de la provincia presenta ya los rasgos que han de distinguir en lo sucesivo su peculiar modelo de desarrollo. Durante los años de la Restauración (1876-1931) adquiere su plena configuración. La describimos a continuación.

Uno de sus rasgos definitorios consiste en la ausencia de centralización espacial de sus plantas fabriles. Las posibilidades de aprovechamiento energético que ofrecían sus ríos, así como la excelente red de infraestructura viaria favorecían la dispersión de su asentamiento. «*La electrificación [comenta Jordí Catalán] contribuiría en buena parte al "boom" fabril guipuzcoano en los años que transcurrieron desde la última década del siglo XIX hasta la Primera Guerra Mundial.*³⁹⁷

Un asentamiento de estas características propicia la integración de la industria en el entorno rural circundante. A su sombra se desarrolla el «obrero mixto», encarnado por una masa de campesinos que combina las faenas agro-pecuarias con el trabajo en la fábrica. Muchos de ellos se transforman en simples obreros durante los días laborables. Los fines de semana, o cuando las faenas agrícolas así lo requieren, retoman sus aperos de labranza. El jornal que perciben por sus tareas manufactureras les permite aumentar los escasos ingresos de la explotación del caserío familiar.

³⁹⁵ Véanse las investigaciones de M. Gárate Ojanguren y L. Castells Arteché.

³⁹⁶ Como ya lo señaló Caro Baroja para la Edad Media. Véase capítulo II.2.

³⁹⁷ 1990, p. 146.

El «obrero mixto» se localiza en todas las modalidades laborales, desde el trabajo a domicilio hasta algunas de las más importantes factorías de la provincia. En Eibar, uno de los núcleos que goza de mayor tradición manufacturera, los jóvenes campesinos se instruyen en la elaboración de armas con vistas a su futura incorporación al plantel de los talleres armeros.

Otro de los rasgos que define a la empresa guipuzcoana reside en la modestia de su capital social, a diferencia de la vecina Bizkaia. En Guipuzkoa la mayor parte de las iniciativas se fundan a espaldas de las grandes fortunas donostiarra³⁹⁸. Se trata de pequeñas fábricas y talleres cuya principal fuente de financiación consiste en la reinversión misma de los beneficios³⁹⁹. La reducción de los costes de producción asegura el margen de rentabilidad que garantiza el progreso del negocio. No es desdeñable el papel que en este delicado equilibrio desempeña la mano de obra local, de una gran pericia, heredera de una larga tradición artesana.

Una estructura como la descrita, favorecida por una coyuntura alcista, permite ascender con relativa fluidez a individuos que comienzan por negocios modestos. Nace así la imagen del pequeño patrono guipuzcoano como una figura de origen humilde, próxima al obrero. Ambos conviven en un mismo espacio físico (el pueblo, el taller, la taberna y la sociedad recreativa), en estrecha relación laboral y humana no exenta de connotaciones paternalistas⁴⁰⁰.

La producción industrial presenta una orientación multisectorial. Las iniciativas aprovechan al máximo las materias primas disponibles en el territorio, y recurren a aquéllas de origen exterior con mayores facilidades de acceso e importación. El sector secundario abarca un abigarrado panorama de especialidades del que pocos sectores se encuentran ausentes. Tres de ellos descollan del conjunto en función de su capacidad y tradición, así como del número de establecimientos y de obreros que emplean. Nos referimos al papel, el textil y el metal.

³⁹⁸ Véanse los estudios de Montserrat Gárate Ojanguren al respecto. La familia de los Brunet, de origen catalán, pudo constituir acaso una excepción con sus tempranas inversiones en la industria —a partir de 1841—, comportamiento que les acercaba más al modelo burgués catalán que al donostiarra. No obstante, las siguientes generaciones irían perdiendo esta singularidad, puesto que sus miembros fueron asimilando usos y modos de la burguesía donostiarra —«*inversiones caracterizadas por una escasa capacidad multiplicadora*»— a medida que se consolidaban en el mundo de los negocios.

³⁹⁹ Albert Carreras califica a la generalidad de la industria española que se desarrolla entre 1900 y 1935 como de «*poco capitalizada [...] En conjunto, la expansión industrial del primer tercio de siglo se ha realizado recurriendo a grandes cantidades de mano de obra [...] pero sin incrementar su dotación individual de bienes de capital.*» 1987, p. 293. Desde este punto de vista, Guipúzcoa compartiría las mismas pautas que se observan para el caso español.

⁴⁰⁰ Véase, por ejemplo, el testimonio de Toribio Echevarría (última edición en 1990), obra que recoge la experiencia de su autor acerca de la vida cotidiana en la laboriosa villa de Eibar. Véanse también los sucesivos estudios de Luis Castells, solo o con la participación de otros profesores.

El laboreo del hierro protagonizado durante siglos por las ferrerías se afianza en la segunda mitad del siglo XIX como sector preponderante de la provincia. Se orienta a la producción de derivados metálicos, actividad que transcurre en su mayoría en pequeños talleres. Destacaban los núcleos fabriles de Eibar, Mondragón, Vergara, Arechavaleta, Legazpia, Beasain, Tolosa, Andoain y Rentería. Las especialidades contemplan una variada gama que va desde la armería y la herramienta hasta la ferretería y la cerrajería. Gran parte de la producción se destina a la exportación.

Las instalaciones siderúrgicas se inscriben en complejos metalúrgicos que se abastecen del producto de sus propios hornos. En 1883, p. ej., fabricantes y artesanos de armas de fuego crean la fundición «Aurrerá», para procurarse materia prima.

Entre las principales sociedades cabe hacer una mención especial a «San Pedro de Elgoibar», «Unión Cerrajera», «Fábrica de Hierros de San Martín» y «Patricio Echeverría». Ofrecen una excepción en el panorama guipuzcoano por su envergadura. No serán éstas quienes definan el modelo general de empresa. Pero su trascendencia en el sector las convierte en importantes bastiones de su especialidad, dentro y fuera del marco provincial.

La fundición de «San Pedro de Elgoibar» nace en 1877 por iniciativa de un exportador de mineral vizcaíno, Romualdo García⁴⁰¹. Esta circunstancia explica que el negocio mantenga estrechas vinculaciones con la política empresarial de la vecina provincia. Su equipamiento original consistía en hornos altos al carbón vegetal y de puddler. Es renovado en 1905 con dos hornos Martin-Siemens ácidos de unas 5 Tm. cada uno que le permiten asumir un aumento cualitativo y cuantitativo de la producción. Se especializó en flejes de acero, de gran aceptación en el mercado español.

«Unión Cerrajera» nace en 1906, en la villa de Mondragón, fruto de la fusión de Vergarajáuregui, Rezusta y Cía. (fundada en 1869), y la Cerrajera Guipuzcoana (1901). Con anterioridad, ambas firmas habían trabajado en el mismo sector en términos de dura competencia. La nueva estrategia es un ejemplo de concentración vertical con destino al aprovisionamiento de la industria de la cerrajería. No sólo dota a la empresa de una cierta autonomía respecto al mercado de las materias primas; también le permite moderar los costes y racionalizar la producción. Pero, sobre todo, facilita la convivencia armónica de los numerosos talleres a los que agrupaba.

«Unión Cerrajera» presenta un excepcional volumen financiero y productivo. El año de su fundación instala un horno Martin-Siemens en Bergara gracias al cual pueden prescindir de sus suministradores vizcaínos de materia prima, «Altos Hornos de Vizcaya»⁴⁰². El negocio se especializa en la

⁴⁰¹ Para más detalle, véase M. Gárate Ojanguren, 1976, p. 255. La fundición conoció diversas razones: «Hijos de Romualdo García», «Fundiciones de San Pedro»...

⁴⁰² En la fábrica de Bergara funcionaba un pequeño horno alto al carbón vegetal desde

confección de tirafondos, tornillos, herramientas, herrajes para muebles, puertas y ventanas, así como cerrajería fina. Todos estos productos tienen salida tanto en el mercado español como en el extranjero. Entre estos últimos figuran Marruecos y varias repúblicas hispanoamericanas, como, p. ej., Chile y Argentina.

La «Fábrica de Hierros de San Martín» en Beasain refleja la continuidad de la tradición del hierro en la economía vasca, desde los modos tradicionales hasta la actualidad. Su historia es un testimonio del tránsito de la ferrería a la «fábrica grande»; del ferrón al obrero; de la rueda a la turbina; del carbón vegetal, en fin, al coque y a la electricidad. La iniciativa parte de dos ferrones, Domingo Goitia y Martín Usabiaga, explotadores de las ferrerías de Yurre y Yarza respectivamente⁴⁰³. Ambos deciden desmarcarse de las angostas perspectivas a las que se encuentra condenada la manufactura del hierro, y apuestan por una profunda reconversión tecnológica.

La búsqueda de un emplazamiento adecuado para realizar sus propósitos les lleva a asociarse en 1860 con José Fco. Arana, vecino de Beasain y dueño del solar denominado «Urbietta», en la confluencia de los ríos Oria y Agaunza. En él inauguran las instalaciones pioneras de la Siderurgia y Metalurgia modernas en la provincia, y que, tras diversas razones sociales, constituirán el núcleo originario de la actual CAF.

Un rasgo que llama la atención de la fábrica de Beasain, en relación con el entorno manufacturero guipuzcoano, es su concepción de «gran empresa». La ambición de sus proyectos, el monto de la plantilla (supera los mil trabajadores a partir de 1911), el volumen de su actividad productiva, las cifras que suman los capitales invertidos,... Todo ello adquiere una dimensión que dista mucho del modelo fabril preponderante, la pequeña y mediana empresa. Tan sólo Unión Cerrajera y Papelera Española conseguirán emularla. No es de extrañar, pues, que sus responsables se codearan con la poderosa burguesía vizcaína de la Ría de Bilbao.

El nuevo establecimiento explora diversas especialidades productivas, dentro del moderno abanico sidero-metalúrgico. En 1901 adopta aquélla con la que se afianzará definitivamente en el mercado: la construcción de material móvil ferroviario. Pero antes conoció diversos ensayos. Goitia, Usabiaga y Arana formaron una sociedad colectiva bajo el nombre de «Fábrica de Hierros de San Martín». En 1862 se levanta en ella el primer alto horno moderno de la provincia⁴⁰⁴. Su combustible es carbón vegetal.

1901. Pero en 1906, tras la fusión de las sociedades, se le dota a la factoría de 1 horno Martin-Siemens de 1 Tm de capacidad. Pronto queda en evidencia su insuficiente producción, por lo que, en 1912 y 1915, se le añaden otros 2 hornos de 4 y 10 Tm. respectivamente.

⁴⁰³ Este apartado se basa fundamentalmente en E. Legorburu Faus, 1995. Para mayor información, véanse E. Legorburu, 1996.

⁴⁰⁴ Recuérdese no obstante el antecedente de los altos hornos de cementación que funcionaron durante el Siglo de las Luces. Véase capítulo VI.3.3.

El mineral procede de los vecinos yacimientos de Zerain y Mutiloa. Entre su producción se encuentran hierros laminados, fundidos y forjados. La bonanza del negocio anima a los socios a colocar un segundo alto horno tres años más adelante.

La contienda carlista —1873-1876— asola el País Vasco y trunca la prosperidad de los negocios de la comarca. La fábrica de Beasain sufre serios desperfectos. Parte de su equipo es destruído, lo que obliga a paralizar su funcionamiento. En 1878 se terminan las reparaciones. Para entonces, la Siderurgia de la vecina Vizcaya se dispone a aplicar el sistema Bessemer, que producirá sus primeros aceros en 1885. Los hornos al carbón vegetal no pueden competir con esta modalidad, y el futuro siderúrgico de la planta de Beasain queda seriamente comprometido. Sus responsables buscan nuevos horizontes hacia los que reorientar su negocio.

El proverbial atraso tecnológico español obliga a volver las miradas hacia el extranjero en busca de iniciativas novedosas. Francisco Goitia, hijo de Domingo, se traslada a Inglaterra con el fin de estudiar el procedimiento de la elaboración de hojalata, con vistas a su adaptación en Beasain. Regresa con una patente para cinco años que explotará bajo la razón social «Goitia y Compañía».

La firma supone un hito en la Historia económica: nos encontramos ante la primera factoría moderna de estas características que se inaugura en la España contemporánea. Pero los elevados costes del acero producido en Beasain disuaden pronto a Goitia para trasladarse a Bizkaia en 1886. Allí puede disponer de un acero más barato y competitivo. La maquinaria es reinstalada en Sestao, en la fábrica «La Iberia», donde vuelve a ponerse en funcionamiento bajo la dirección de Antonio Gaiztarro. La ausencia de tradición manufacturera en el campo de la hojalata determina la emigración de personal especializado desde Beasain. En esta ocasión el negocio disfrutará de condiciones óptimas para su desarrollo y, con el tiempo, se integrará en calidad de fundadora en «Altos Hornos de Vizcaya»⁴⁰⁵.

Las instalaciones de Beasain serán requeridas para participar en proyectos no menos ambiciosos. En 1901 se funda en Bilbao la «Sociedad Española de Construcciones Metálicas» (SECM) por iniciativa del segundo marqués de Urquijo. La firma lidera una concentración empresarial que practica una política de especialización de cada uno de los centros fabriles que lidera, a fin de evitar su competencia. El ingreso de la fábrica de Beasain en la SECM tiene repercusiones de gran trascendencia sobre su futuro. Por un lado, encauza su vocación hacia la construcción de material móvil ferroviario, sector al que se consagrará prácticamente de lleno hasta nuestros días. Por otra parte la citada Sociedad estrecha los lazos entre la factoría y los Urquijo, quienes quedan vinculados a la administración de

⁴⁰⁵ Véase el apartado anterior en el presente capítulo.

la misma durante las décadas siguientes. Esta familia ejercerá un destacado papel en sus niveles financiero y administrativo.

La fundación de Patricio Echeverría, en Legazpi, es la más tardía de cuantas hemos expuesto. Con ella culmina más de un milenio de laboreo del hierro en el Valle del Urola. Si presentábamos la fábrica de Beasain como modelo de continuidad entre la ferrería hidráulica y el sector pesado contemporáneo, el caso que ahora nos ocupa resulta paradigmático. El municipio de Legazpi atesora en su patrimonio vestigios de una actividad minero-metalúrgica que hunde sus raíces en las haizeolas altomedievales y, quién sabe, tal vez en épocas aún más remotas. En el otro extremo del recorrido evolutivo, ya en la Edad Contemporánea, nos hallamos ante una gran metalurgia surgida por iniciativa de un hijo del pueblo, heredero de una vocación ancestral.

El nacimiento de la empresa es humilde, se gesta en el seno de un modesto establecimiento. «A. Segura, Echeverría y Cía.» es un taller que en 1908 ocupaba a 12 obreros. Los proyectos de uno de sus fundadores, Patricio Echeverría, superan las previsiones de la sociedad y la conducen a su disolución. A partir de este momento dejará constancia de su genio y habilidad personal en la gestión de su propio negocio. En 1938 empleaba ya a 800 obreros; conforme avance el siglo xx llegará a varios miles.

Para el final de la Guerra Civil española (1939) la marca de la casa, «Bellota», se halla plenamente consolidada y goza del reconocimiento del mercado nacional e internacional. Su producción abarca herramientas, maquinaria y piezas forjadas, hierros laminados y aceros al horno eléctrico y al crisol. Por estas fechas cuenta con hornos Siemens y eléctrico y tren de laminación. Se la califica de «*firma del máximo prestigio industrial y comercial, merece todo crédito*»⁴⁰⁶. La envergadura que adquiere el negocio plantea nuevas fórmulas de financiación que son resueltas con la transformación en Sociedad Anónima.

Su líder, D. Patricio (Legazpi, 1882-1972), encarna el prototipo por excelencia del patrono guipuzcoano tanto por sus orígenes como por su carrera e inquietudes humanas. Su figura es modélica por cuanto se le considera depositario de los rasgos que definen la peculiaridad industrial de Gipuzkoa. Sus cualidades personales le llevaron a atender aspectos más allá de los estrictamente económicos relacionados con la buena marcha de los negocios. La gestión de la empresa no le impidió considerar otro tipo de aspiraciones de naturaleza social. «Patricio Echeverría S.A.» mostró tempranas inquietudes por garantizar una cobertura asistencial a la masa asalariada en unas fechas en las cuales el Estado no se hallaba en condiciones de asegurar. La empresa asumió responsabilidades educativas, sanitarias, culturales, de vivienda,... de las que fueron beneficiarios sus empleados y la población de Legazpi en general, esculpiendo con su sesgo la fisonomía urbana y sociológica de la Villa.

⁴⁰⁶ *Colaboración Copmercial*, n.º 3, Bilbao [s.d], p. 14.

Reflexiones finales

«[...] un pueblo con una tradición cultural eminentemente europea, occidental, bastante diferenciada de las mediterráneas, [...]».

J. CARO BAROJA

La Historia de la Minería y de la Siderurgia planteada como la sucesión de ingenios cada vez más eficaces y rentables es una hipótesis de trabajo sugestiva, optimista y, sobre todo, didáctica. Simplificando hasta el extremo, podría resumirse en la lucha del hombre contra la Naturaleza por conquistar una mayor eficacia y economía en la operación de reducción y tratamiento del mineral. Finalmente, sus esfuerzos se habrían visto coronados con el logro de la producción masiva de metal a costes reducidos, a la medida de las necesidades de una sociedad industrializada moderna.

En el caso del País Vasco el origen de la Siderurgia se nos presenta como una tecnología deudora de aportaciones foráneas. Parece estar relacionada con pueblos expedicionarios de filiación cultural céltica; o con la irradiación, cultural o también humana, de los pueblos centro-orientales de la Península que habían logrado un estadio más avanzado en la metalurgia. La disponibilidad de recursos idóneos *in situ* permitió explotar la actividad con una intensidad que, aún hoy, nos resulta desconocida. Pero se mantuvo y fue transmitida de generación en generación en los parajes montañosos. En ellos el hombre disponía de combustible y materias primas factibles de tratamiento, en armonía con sus rudimentarios conocimientos.

La técnica de los primitivos ferrones consiste en la reducción directa de menas de excepcional riqueza metalífera. Hacia el siglo XIII algunos territorios del País Vasco comienzan a acomodar los aparejos siderúrgicos a la energía hidráulica suministrada por las corrientes fluviales. La nueva tecnología multiplica la capacidad productiva de los establecimientos. En

próximas centurias los ferrones descienden al fondo de los valles donde levantan sus instalaciones en las orillas de los ríos: apresamientos, canales de derivación, ruedas,...

Entre los siglos XIII y XVI, la ferrería vasca adquiere su plena configuración conforme a la tecnología puntera del momento en el mundo conocido, esto es, en Occidente. La calidad de su producto y su alta competitividad le franquean los mercados europeos. Su vinculación a la Corona castellana, primera potencia mundial, garantiza al hierro vasco el acceso al mercado del continente americano desde una posición privilegiada. Los balbucesos de los primeros altos hornos más allá de los Pirineos no suponen aún una amenaza para el País Vasco. No obstante en los próximos siglos los ferrones se estancan en sus métodos tradicionales, sin apenas introducir modificaciones.

En la Europa moderna (siglos XVI al XVIII) la Siderurgia explora las posibilidades del método indirecto de obtención del hierro (fundición, arrabio, hierro colado moldeable,...). La progresiva depuración en el diseño del horno alto se salda con una carrera de éxitos productivos que amenazan a la ferrería vasca y a su producto estelar, el hierro forjado. El hierro fundido comienza por arrebatarle importantes segmentos de mercado. Desde el siglo XVI atrae a la artillería pesada. En 1615 el primer ensayo del alto horno al coque presagia la multiplicación de sus posibilidades (Lord Dudley). No obstante este temprano éxito, su aplicación tardará más de un siglo en perfeccionarse.

Mientras tanto la ferrería hidráulica mantiene su capacidad de penetración en el mercado del metal de calidad. Pero también en esta especialidad la siderurgia europea consigue éxitos señalados y le desbanca de su posición hegemónica. En 1740, Huntsman consigue acero homogéneo por el método del crisol. Su invento desplaza a los acereros vascos, especialmente a los de Mondragón, en la manufactura del metal fino. Cuando en 1784 Henry Cort inventa el pudelado, la forja vasca pierde definitivamente el mercado internacional. Los hornos de *puddler* consiguen dulcificar el producto del alto horno (esto es, la fundición) a gran escala y precios reducidos.

En estas mismas fechas la Siderurgia vasca, vista en su conjunto, se muestra sorprendentemente conservadora. No asume reformas y mantiene su bagaje técnico al margen de las novedades. Básicamente permanece anclada en los parámetros del siglo XIII, sin haber incorporado mejoras en profundidad. La persistencia de los ferrones en los métodos tradicionales (reducción directa en fogal bajo) se saldará en el quebranto de la competitividad y la pérdida de su antigua capacidad de penetración en los mercados.

Sólo la coyuntura tecnológica que se abre con la II.^a Revolución Industrial (métodos acereros ácidos) conseguirá sacudir al País Vasco de su letargo. A mediados del siglo XIX se ofrece la ocasión propicia para que el hierro vasco recupere su posición puntera en el sector. El nuevo marco jurídico y legal decimonónico va a permitir a los territorios históricos sacar

el máximo provecho de sus tradicionales recursos mineros. La excepcional calidad de los mismos y las necesidades del momento tecnológico europeo potencian el relanzamiento de sus yacimientos de hierro. Los criaderos vascos responden al perfil del mineral de mayor y más rígida demanda internacional. Su comercialización primero, y más tarde su explotación *in situ* en modernas plantas siderúrgicas, volverá a encumbrar la industria pesada vasca a posiciones preponderantes.

Concluye, pues, el último capítulo en uno de los momentos de mayor esplendor, a las puertas de la I.^a Guerra Mundial⁴⁰⁷. Es precisamente en torno a estas fechas cuando comienza a despuntar en Legazpi un modesto taller, «A. Segura, Echeverría y Cía.», en el que se afanan una docena de obreros. Muy pronto la iniciativa de uno de sus socios, Patricio Echeverría Elorza, desborda las previsiones originales y conduce el negocio con audacia y dinamismo. Finalizada la Gran Guerra (1919) la factoría de Legazpi da empleo a más de un centenar de operarios. Por aquel entonces el destino de la Villa camina ya estrechamente vinculado al quehacer de su principal fábrica.

La trayectoria de «Patricio Echeverría S.A.» escapa al límite cronológico propuesto en este trabajo. Pero no podemos dejar de señalar que ilustra de forma ejemplar la evolución de la metalurgia vasca (y guipuzcoana en particular) en el siglo XX. Por su carisma y trascendencia, la figura y la obra de D. Patricio es merecedora de su propia monografía.

Éste ha sido, en resumen, el hilo conductor del trabajo. Pero en su desarrollo se advierten numerosas lagunas sin esclarecer. ¿Cuál fue el motivo por el que la ferrería tradicional prolongó su presencia hasta fines del s. XIX, cuando ya se hallaba condenada tecnológicamente desde, por lo menos, cien años atrás? ¿Qué divulgación tuvieron las ediciones de los grandes manuales de ingeniería? ¿Por qué no prosperaron los hornos de cementación levantados en el siglo XVIII? ¿Se ha ponderado en toda su magnitud el desmantelamiento industrial que provocaron las guerras en el tránsito de los siglos XVIII al XIX? ¿Cuál fue la postura de técnicos e intelectuales vascos en pleno declive del modelo tradicional? ¿Cómo influyeron en su formación sus viajes, sus exilios? ¿Cuál fue la actitud que mostraron las instituciones públicas y privadas ante sus sugerencias?...

El volumen y contenido de los capítulos se ha visto influido directamente por el caudal de las aportaciones y conocimientos en cada materia abordada. Las divergencias a las que se encuentra sometida la interpretación de algunos aspectos de la Historia del Hierro se acentúan debido a la

⁴⁰⁷ Para seguir la evolución estrictamente contemporánea de la industria pesada vasca y, en concreto, del acero, el lector dispone de la monografía de José M.^a Palacios et alii (1998). Se trata de una obra abordada desde la perspectiva tecnológica, dentro de la mejor tradición ingenieril de la literatura siderúrgica. No cabe referencia más adecuada para un seguimiento pormenorizado del sector en pleno siglo XX.

diversidad de criterios de estudio. Tales discrepancias suponen una riqueza añadida de conocimientos; pero reviste de tintes fragmentarios el contenido de las conclusiones.

Muchas de las interrogantes anteriormente señaladas quedarían despejadas profundizando en el seno mismo de la Historia de la Técnica. No pretendemos redundar sobre la historia de las invenciones y concesiones de derechos de explotación. La difusión no siempre coincide con las patentes, como parece deducirse de algunas de las historias al uso. La observación de las migraciones de la mano de obra especializada puede ofrecer un interesante método de reconstrucción de los canales de propagación. El mecanismo migratorio es fundamental, incluso en la Edad Contemporánea, para explicar la transmisión de conocimientos e inventos. Tampoco cabe desdeñar el espionaje industrial; ni la enseñanza. La premisa más sugerente se nos antoja la de T.P. Hughes, quien concibe la Tecnología como fruto de la interacción de componentes heterogéneos, tanto culturales o materiales como humanos⁴⁰⁸.

Otro conjunto de cuestiones que queda sin resolver apela a la resistencia que encuentra la penetración y aplicación de innovaciones. Esta paradoja es particularmente manifiesta cuando atañe a técnicas eficaces aplicadas con éxito por la competencia. Julio Caro Baroja ya advirtió sobre el tradicionalismo vasco en materia técnica, y para explicarlo recurrió a argumentos de índole antropológico-sociológica. Conforme a este criterio, el conservadurismo respondería al principio según el cual la aptitud de variabilidad cultural guarda relación directa, entre otros factores, con el tamaño de la unidad de hábitat⁴⁰⁹. Si la vida en una gran ciudad es más permeable a cambios de toda índole; en el otro extremo, el caserío o el taller rural aislado predispone contra la introducción de novedades. La forma de poblamiento disperso, concluía D. Julio, habría inclinado al hombre vasco en este sentido.

La Historia del Hierro en clave tecnológica no puede dejar de estudiar la hostilidad existente frente al cambio desde su propio bagaje crítico y metodológico. En el texto hemos plasmado los argumentos ofrecidos por los investigadores en cada episodio. No obstante, se hace necesario profundizar en las implicaciones de este tipo de cuestiones en clave política y social. La historiografía actual se hace amplio eco de la hipótesis según la cual un sistema tecnológico desarrollado, como cualquier otro sistema que haya alcanzado su madurez, implica a una vasta corte de personas o cosas que han prosperado a su sombra⁴¹⁰. Sus intereses se hallan comprometidos

⁴⁰⁸ En J.L. Luján, 1992, p. 37.

⁴⁰⁹ 1958², p. 518.

⁴¹⁰ Es ésta una visión planteada ya por Schumpeter. Thomas P. Hugues (1987), J.L. Luján (1992), Joel Mokyr (1993),... ofrecen algunas de las publicaciones más recientes que redundan en el mismo sentido. En palabras del último de los citados: «*Aunque el progreso tecnológico*

respecto a la perdurabilidad de dicho sistema. Por este motivo los «enemigos del progreso» temen perder su *status quo* con el cambio, y encauzan sus esfuerzos a bloquear cualquier iniciativa emprendedora. Algunos analistas van más allá y ven en este tipo de resistencia un síntoma fehaciente de sazón industrial⁴¹¹.

El dinamismo de la Historia del Hierro presenta acusadas variaciones en sus distintas etapas históricas. Estas diferencias están sujetas a complejos factores de naturaleza múltiple. Pero sus mecanismos de interrelación nos son aún desconocidos. Los valores vigentes en cada momento predisponen al fomento o al rechazo respecto al cambio. La búsqueda de responsabilidades y la aspiración por detectar las razones más íntimas de su particular trayectoria ha llevado a los investigadores a analizar sucesivamente el papel que en ella han desempeñado la técnica y el mercado, como hemos visto hasta ahora; pero también la tradición, la geografía, el genio individual, las iniciativas culturales e institucionales, las formas administrativas⁴¹²,...

Desde la óptica del humanista no cabe menos que señalar la magnitud de las aportaciones ingenieriles y económicas en el conjunto historiográfico. Su contribución es proporcional a su calidad, habiéndonos legado un copioso caudal informativo. Sus autores escapan de los perfiles más acusados de las tendencias historiográficas expuestas en la introducción. Los planteamientos más agresivos de algunos de sus colegas extranjeros se encuentran aquí ponderados por la consideración del momento histórico, en un serio esfuerzo de contextualización social y cultural.

Iniciábamos la redacción de estas páginas planteando la necesidad de definir un nuevo marco de estudio que permita salvar la dicotomía entre niveles «macro» y «micro»-históricos. Señalábamos también la conveniencia de considerar una mayor amplitud de agentes en los estudios. Una de las alternativas que se dibuja con mayor nitidez apela al conjunto de profesionales de las distintas disciplinas implicadas en la Historia de la Siderurgia y de la Minería vascas; esto es, la colaboración de técnicos (ingenieros), científicos (químicos, geólogos) y de humanistas (historiadores, etnólogos, arqueólogos) y economistas. Una participación estrecha de tan diversos ámbitos del saber permitiría avanzar hacia la construcción de un

es por definición una mejora neta para la economía, casi siempre hay grupos cuyo bienestar se ve disminuido por su causa, o que al menos lo creen así.» 1993, p. 225.

⁴¹¹ Ingvar Svennilson (Ginebra, 1953), p. ej., adujo como ejemplo a las estructuras industriales basadas en el carbón y la máquina de vapor (Gran Bretaña), que ofrecieron una permeabilidad opaca frente a la electricidad. Véase una referencia en N. Rosenberg, 1993, p. 256.

⁴¹² En 1992, Martínez Sanmartín propone construir modelos explicativos multilineales que atiendan a cuestiones como qué técnica triunfa, entre todas las posibles; qué configuración adopta; los grupos sociales beneficiarios de su aplicación; y la forma en que incide y altera las relaciones sociales. Tras este planteamiento, Sanmartín sugiere indagar la responsabilidad social múltiple que subyace detrás de toda tecnología dominante.

patrón explicativo multidisciplinar. De este modo cada episodio tecnológico de la Historia del Hierro se vería reforzado con el seguimiento de las responsabilidades sociales subyacentes. Desde una plataforma de estas características, sería mucho más fácil la respuesta a cuestiones fundamentales que obstaculizan la comprensión de algunas de las claves de nuestro pasado.

En el campo de las Humanidades resulta de excepcional interés la labor de los historiadores que se ubican en el nivel micro-histórico. El estudio promenorizado de personas, lugares, mercados, establecimientos,... ofrece la contrastación más acertada a la información tradicional legada por las obras clásicas de recurso habitual. Algunas de las principales referencias documentales o de la obra de eruditos han sido repetidas y parafraseadas hasta la saciedad. En ocasiones se han arrastrado errores. De ahí la frescura y, sobre todo, la garantía que introduce todo estudio procedente de archivos familiares y locales, protocolos notariales,...

En las últimas décadas la cultura material ha sustraído una curiosidad creciente fuera del mundo estricto de sus profesionales. Las instituciones comienzan a mostrar su sensibilidad ante el acelerado proceso de destrucción de las estructuras arquitectónicas fabriles. Pero este patrimonio carece del escudo protector (más que dudoso) que supone la consideración estética y artística a los proyectos de derribo.

El avance de los conocimientos sobre el hierro apela indefectiblemente a la Arqueología. La asociación de este término con el de «industria» reviste aún hoy connotaciones sorprendentes para muchos de los ciudadanos de a pie. De ordinario la labor de los arqueólogos ha sido relegada a fases remotas de la Humanidad, como único recurso para alcanzar alguna noción de los quehaceres del hombre cuando escasean otras fuentes.

La tardía aparición de testimonios escritos y la falta de disponibilidad o escasez para épocas más recientes viene a dificultar el trabajo de archivo acerca del hierro. Edificios y lugares industriales atesoran información única y fundamental para comprender los procesos que ha protagonizado el hombre en las últimas centurias. Comparten con sus antiguos moradores la responsabilidad de la transformación radical de los modos de vida de nuestra sociedad, hasta configurarla tal y como la conocemos hoy en día. Los arqueólogos tienen una conciencia clara de su particular aportación al corpus histórico⁴¹³. Muchos de los períodos más turbios y peor documentados podrían recrearse con sus investigaciones. La relevancia de los vestigios materiales había estado restringida tradicionalmente a aquéllos que obede-

⁴¹³ En palabras de M. Ibáñez et al.: «Potencialmente, los trabajos derivados de la praxis de este método deben alcanzar a ofrecer nuevas observaciones de la realidad histórica y conclusiones del desarrollo humano, [...] que tanto ratifican los estudios tradicionales, cuanto los completan o revelan aspectos peor conocidos.» 1992, p. 5.

cen a criterios de belleza establecida. En la actualidad se revisa, incluso, el objeto de estudio reservado hasta la fecha a la Arqueología prehistórica, ampliándolo a áreas propias del más puro «patrimonio industrial»⁴¹⁴.

No podemos concluir estas líneas sin evocar al profesor Luis Miguel Díez de Salazar, fallecido en plena juventud en 1990. Quince años después de la publicación de su tesis doctoral, *Ferrerías en Guipúzcoa (Siglos XIV-XVI)*, sigue siendo la principal y más completa referencia de los ingenios labrantes y del entramado surgido en torno a su explotación⁴¹⁵. Díez de Salazar concibe la siderurgia vasca en toda su complejidad y asume el análisis de factores integrados en un modelo cuya descripción no ha sido superada hasta la fecha. Por otro lado la dilatada vigencia del prototipo de ferrería de agua al que consagró sus esfuerzos multiplica la trascendencia de sus enseñanzas y desborda el marco cronológico al que ciñó su estudio. La obra de Díez de Salazar perdura en las líneas de investigación actuales y se encuentra en el origen de iniciativas de gran prestigio. Su mención continuada por las bibliografías de reciente factura suponen, tal vez, el mayor reconocimiento a su maestría y el mejor de los homenajes.

⁴¹⁴ «*Les découvertes récentes de vestiges métallurgiques auxquels les archéologues ne faisaient pas attention auparavant [afirma J.P. Mohen], présentent un intérêt considérable pour retrouver et comprendre les différents phases du travail métallurgique souvent peu spectaculaires; des fragments de fours, de tuyère, de creuset, de moule, des gouttes de métal, des scores fournissent des échantillons remarquables, qui présentent chaque fois l'ensemble des données d'une phase technologique.*» 1990, p. 34.

Julia Simon refrenda esta línea de investigación: *Hoy en día, la situación está cambiando y los arqueólogos se preocupan por estudiar las manifestaciones siderúrgicas más allá de la mera clasificación tipológica.*» Entrevista en *Arkeolan*, 3, II 1997, p. 5.

⁴¹⁵ Los apéndices de la tesis han sido publicados en 1998 en una edición al cargo de su viuda, M.^a Rosa Ayerbe Iribas, bajo el título *Ferrerías guipuzcoanas: aspectos socioeconómicos, laborales y fiscales (siglos XIV-XVI)*.

Bibliografía

- Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media peninsular*, Fundación Hullera Vasco-Leonesa, 1996.
- III Semana de Antropología Vasca*, (Julio Caro Baroja pte.), *La Gran Enciclopedia Vasca*, Bilbao, 1976.
- AGUIRRE, Íñigo DE: *Eusko Lurra. Geografía del País Vasco*, Etor-Erribide, San Sebastián, [1976].
- , «Modelos de Industrialización», en J.M. DE BARANDIARÁN (dir.), 1979, T. II, San Sebastián, pp. 361-124.
- AGUIRRE SORONDO, Antxon: «La Molinería y otros ingenios hidráulicos en Euskalerría», *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 42, San Sebastián, 1990, pp. 423-428.
- ALMUNIA, Joaquín: *Contribución de la Real Sociedad Vascongada al progreso de la siderurgia española a fines del siglo XVIII (1771-1793)*, por..., CSIC, Patronato «Juan de la Cierva» de investigación técnica, Madrid, 1995.
- ALMUNIA Y DE LEÓN, Joaquín: *Antigua industria del Hierro en Vizcaya*, ed. Caja de Ahorros Vizcaína (CAV), «Col. Temas Vizcaínos, serie naranja, Economía y Técnica, 12», 1975.
- ALZOLA Y MINONDO, Pablo: *Memoria relativa al estado de la industria siderúrgica en España*, por..., Bilbao, Imprenta de la Casa de Misericordia, 1896.
- , *Informe relativo al estado de la industria siderúrgica en España y de las reformas generales requeridas para que alcancen la debida extensión las fábricas de productos derivados y de maquinaria*, por D..., Bilbao, Imprenta y Encuadernación de la Casa de Misericordia, 1904.
- ANES ÁLVAREZ, Gonzalo: «La decadencia de las Sociedades Económicas y la crisis de la “Ilustración”: el testimonio de la Sociedad Bascongada de Amigos del País», *Boletín de la RSBAP*, Año XXV, Cuad. 1.º, 1969, pp. 29-42.
- ARAGÓN RUANO, Álvaro: «La importancia de la madera en la tecnología medieval en Gipuzkoa», en *Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media peninsular*, 1996, pp. 463-473.
- ARIZAGA BOLUMBURU, Beatriz: *El nacimiento de las Villas guipuzcoanas en los siglos XII y XIV: Morfología y funciones urbanas*, San Sebastián, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones, 1978.

- «ARKEOLAN»: «Fundición experimental en la Ferrería de Agorregi (Aia)», *Arkeolan, Boletín informativo*, 1, 1996, pp. 28-29.
- , «Legazpiko zepadiak», *Arkeolan, Boletín informativo*, 2, I-1997, pp. 27-28.
 - , «Primeros datos arqueológicos de las haizeolas guipuzcoanas», *Arkeolan, Boletín informativo*, 3, II-97, p. 8.
- AROCENA, Fausto: «La industria del hierro en Guipúzcoa a mediados del siglo XVIII. La fábrica de anclas de Hernani», *Yakintza*, 3, 1935, pp. 429-438.
- , «Don Ignacio de Zabalo Zuazola. El “caballerito inventor”», *Boletín de la RSBAP*, cuad. III, 1945, pp. 289-292.
 - , «El río como vía de comunicación», *Munibe*, 10, San Sebastián, 1957, pp. 23-26.
- ARTIÑANO Y GALDÁCANO, Pedro Miguel DE: *Exposición de Hierros Antiguos Españoles: Catálogo por...*, Madrid, 1919.
- ASCASIBAR ZUBIZARRETA, Jorge: «Evolución de la cultura técnica forestal en el País Vasco y lugar que ocupa en la actualidad», en RUBIO DE URQUÍA, Guadalupe (dir.-coor.), Madrid, 1997, pp. 85-100.
- BARANDIARÁN, José Miguel DE: «Ferrerías de Álava, Guipúzcoa y Vizcaya a fines del siglo XVIII», *Anuario de Eusko-Folklore*, T. IX, Bilbao, 1929, pp. 101-103.
- BARANDIARÁN, José Miguel DE (dir.): *Euskaldunak. La etnia vasca*, San Sebastián, Etor, 1979, T. II.
- BARANDIARÁN, Karmele (et al.) (coor.), LEIZAOLA, Fermín (dir. etnográfica, textos y fotografía): *Hierro. Herrería y Forja Tradicional. Catálogo de la exposición de la Diputación de Gipuzkoa*, San Sebastián, [1992].
- BARRIO LOZA, José Ángel (dir.): *Bizkaia. Arqueología, Urbanismo y Arquitectura histórica*, 3 T., Univ. de Deusto, DEIKER, Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, 1989-1991.
- BASTERRA, Mario DE: *Vizcaya minera: su historia, legislación foral y derecho vigente, por...* Imprenta de la Casa de Misericordia, Bilbao, 1894.
- BAULNY, Olivier: «Los hermanos Elhuyar y la minería indiana», *Boletín de la RSBAP*, 1983, Cuad. 3-4, pp. 691-701.
- BURDINOLA, ASOCIACIÓN DE AMIGOS DEL MUSEO DEL HIERRO DE LEGAZPI: *Haizeolas. Ferrerías primitivas*, Legazpi, 1998.
- BILBAO, Luis M.^a: «Crisis y reconstrucción de la economía vascongada en el siglo XVII», *Saioak*, 1, San Sebastián, 1977, pp. 157-180.
- , «Transformaciones económicas en el País Vasco durante los siglos XVI y XVII. Diferencias económicas regionales y cambio de modelo económico», *Historia del Pueblo Vasco*, T. II, Erein, S.A., San Sebastián, 1979, pp. 111-143.
- BLOT, Jacques: «L'Age du Fer en Pays Basque de France», *Munibe (Antropología-Arqueología)*, 42, San Sebastián, 1990, pp. 181-187.
- BECERRO DE BENGOA, Ricardo: «Lugares curiosos de Álaba», *Euskal-Erria, Revista bascongada*, 1.^{er} Sem. 1890, San Sebastián, pp. 334-341.
- BOWLES, Guillermo: *Introducción a la Historia Natural y a la Geografía Física de España, por D...*, Madrid, Imprenta Real, 1789³.
- BULLIET, Richard W.: «El determinismo y la tecnología preindustrial», en Merritt ROE Smith y Leo Marx, Madrid, 1996.
- CABEZAS, Juan Antonio: *Del martinete al horno alto. Historia de una siderurgia*, ENSIDESA, [Madrid], 1975.

- CARDWELL, Donald: *Historia de la tecnología*, Alianza Ed., «Alianza Universidad, 847», Madrid, 1996.
- CARO BAROJA, Julio: «Sobre maquinarias de tradición antigua y medieval», *Revista de dialectología y tradiciones populares*, t. XII, 1956, Cuad. 1.º y 2.º, Madrid, 1956, pp. 114-175.
- , *Los vascos*, Minotauro, Madrid, 1958².
- , *Etnografía histórica de Navarra*, vol. II, Aranzadi, Caja de Ahorros de Navarra, Pamplona, 1972.
- , «La tradición técnica del pueblo vasco», *Vasconiana*, «Estudios vascos, III», Txertoa, San Sebastián, 1974², pp. 103-179.
- CARO BAROJA, Julio (pte.): «III mesa redonda: Ferrerías y Metalurgia», en *III Semana de Antropología Vasca*, T. II, vol. IV, 1976, pp. 135-142.
- CARRIÓN ARREGUI, Ignacio M.^a: «Los precios del hierro en Guipúzcoa durante los siglos XVII y XVIII: un indicador de la coyuntura del sector siderúrgico», *Revista de Historia Económica*, Año IX, 3, 1991, pp. 481-498.
- , *La Siderurgia guipuzcoana en el siglo XVIII*, Servicio Editorial UPV/EHU, Kutxa, Bilbao, 1991.
- , «Los antiguos pesos y medidas guipuzcoanos», *Vasconia*, 24, 1996, pp. 59-79.
- CASTELLS ARTECHE, Luis: *Modernización y dinámica política en la sociedad guipuzcoana de la Restauración. 1876-1915*, Siglo XXI de España, Servicio Editorial UPV, Madrid, Leioa (Vizcaya), 1987.
- CATALÁN, Jordi: «Capitales modestos y dinamismo industrial: orígenes del sistema de fábrica en los valles guipuzcoanos, 1841-1918», en Jordi NADAL y Albert CARRERAS (dir. y coor.): *Pautas regionales de la industrialización española (siglos XIX y XX)*, «Ariel Historia, Secc. Historia Económica», Ariel, Barcelona, 1990.
- COLLIS, John: *La Edad del hierro en Europa*, Labor, Barcelona, 1989. Completada con apartados para la Península Ibérica por M.^a Ángeles DEL RINCÓN MARTÍNEZ.
- DEMERSON, Jorge: «Los extranjeros en la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País 1765-1792», en Patronato «José María Quadrado» (CSIC), San Sebastián, 1972, pp. 43-52.
- DÍAZ DE DURANA ORTIZ DE URBINA, José Ramón: *Álava en la Baja Edad Media. Crisis, recuperación y transformaciones socioeconómicas (c. 1250-1525)*, Diputación Foral de Álava, Vitoria, 1986.
- DÍEZ DE SALAZAR, Luis Miguel: *Ferrerías en Guipúzcoa (Siglos XIV-XVI)*, 2 vols., Haranburu Etor, S.A., San Sebastián, 1983.
- DÍEZ DE SALAZAR FERNÁNDEZ, Luis Miguel, AYERBE IRIBAS, M.^a Rosa (ed .lit.): *Ferrerías guipuzcoanas: aspectos socioeconómicos, laborales y fiscales (siglos XIV-XVI)*, Kutxa, «Monografías, 44», San Sebastián, 1997.
- ELEJALDE, Félix, ERENCHUN, Juan: *Segura*, Publicaciones de la Caja de Ahorros Municipal de San Sebastián, San Sebastián, 1974.
- ECENARRO OSORO, Luis M.^a: «Las casas de Carquizano (Garquizano) y Zabala de Elgóibar», *Boletín de la RSBAP*, Cuad. 3-4, 1975, pp. 345-408.
- , *Elgoibar. De las ferrerías a la máquina-herramienta. Maestros rejeros, relojeros, armeros*, Kutxa fundazioa, San Sebastián, 1996.
- ELEJALDE PLAZAOLA, Jesús M.^a: *Ayer y hoy del valle de Aramaiona*, Diputación Foral de Álava, Dpto. de Cultura, 1989.
- ELORZA, Antonio: «La Sociedad Bascongada de los Amigos del País. Educación y Política», en Patronato «José M.^a Quadrado» (CSIC), 1972, pp. 53-62.

- ESCUADERO, Antonio: «La minería vizcaína y la industrialización del Señorío (1876-1936)», en José Ignacio HOMOBONO (dir.), 1994.
- , *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*, Ed. Espasa-Calpe, Madrid.
- ESTEBAN DELAGADO, Milagros: «Aproximación a la Guipúzcoa de los primeros siglos de nuestra Era», *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 42, San Sebastián, 1990, pp. 337-344.
- ETXENIKE, Pedro Miguel: «“Ciencia. Tecnología. Innovación. Educación”, conferencia pronunciada el 12 de diciembre de 1995», en *Forum Deusto*, 1996, pp. 177-199.
- FERGUSON, Eugene S.: «Progresos en la metalurgia y en las máquinas herramientas», en M. KRANZBERG y C.W. PURSELL, 1981, Barcelona, pp. 292-313.
- FERNÁNDEZ CASADO, Carlos: *Ingeniería hidráulica romana*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Turner, Madrid, 1985.
- FERNÁNDEZ CASTRO, M.^a Cruz: *La Prehistoria de la Península Ibérica. Historia de España*, I (John LYNCH, dir.), Crítica (Grijalbo Mondadori), Barcelona, 1997.
- FERNÁNDEZ DE PINEDO, Emiliano: *Crecimiento económico y transformaciones sociales del País Vasco. 1100-1850*, Madrid, 1974.
- , «Nacimiento y consolidación de la moderna siderurgia vasca (1849-1913): el caso de Vizcaya», en J. HERNÁNDEZ ANDREU y J.L. GARCÍA RUIZ (comps.), *Lecturas de Historia empresarial*, Madrid, 1994, pp. 195-216.
- FERNÁNDEZ DE PINEDO, E. y HERNÁNDEZ MARCO, J.L. (eds.): *La industrialización del Norte de España*, Barcelona, 1988.
- FORUM DEUSTO (TORRES RIPA, Javier [ed.]): *Hacia una nueva sociedad: innovación y cambio*, vol. I, Universidad de Deusto, Bilbao, 1996.
- GAMÓN, Juan Ignacio: *Noticias históricas de Rentería*, prólogo y notas de Serapio MÚGICA, Nueva Editorial, S.A., San Sebastián, 1930.
- GÁRATE Y ARRIOLA, Justo: «Relato del viaje vasco en 1580 de Lupold von Wedel», *Boletín de la RSBAP*, 1976, cuad. 3-4, pp. 511-518.
- , «El euskera de las ferrerías», *Boletín de la RSBAP*, 1983, cuad. 3-4, pp. 621-625.
- GÁRATE OJANGUREN, M.^a Montserrat: *El proceso de desarrollo económico en Guipúzcoa*, Cámara de Comercio, Industria y Navegación, San Sebastián, 1976.
- , «La Sociedad Bascongada de Amigos del País y su entorno económico», *Boletín de la RSBAP*, 1985, cuad. 3-4, pp. 459-475.
- , «Crisis e intentos de renovación tecnológica de la minería y siderurgia vascas en la primera mitad del siglo XIX», en RUBIO DE URQUÍA, Guadalupe (dir.-coor.), Madrid, 1997, pp. 165-242.
- GARCÍA DE CORTÁZAR, Fernando, LORENZO ESPINOSA, José M.^a: *Historia del País Vasco. De los orígenes hasta nuestros días*, Txertoa, San Sebastián, 1994².
- GARCÍA DE CORTÁZAR, José Ángel, ARÍZAGA, Beatriz, et al.: *Introducción a la historia medieval de Álava, Guipúzcoa y Vizcaya en sus textos*, Txertoa, San Sebastián, 1979.
- GARCÍA DE CORTÁZAR, José Ángel, ARÍZAGA BOLUMBURU, Beatriz, et al.: *Vizcaya en la Edad Media. Evolución demográfica, económica, social y política de la comunidad vizcaína medieval*, 4 T., Haranburu Editor, S.A., San Sebastián, 1985.
- GARCÍA DE CORTÁZAR Y RUIZ DE AGUIRRE, José Ángel: *Vizcaya en el siglo XV. Aspectos económicos y sociales*, Ediciones de la Caja de Ahorros Vizcaína, Bilbao, 1996.
- , *Vizcaya en la Alta Edad Media*, Caja de Ahorros Vizcaína, «Temas vizcaínos, serie roja: Historia y Tradición, 105», Bilbao, 1983.

- , *Vizcaya en la Plena Edad Media*, Caja de Ahorros Vizcaína, «Temas vizcaínos, serie roja: Historia y Tradición, 165», Bilbao, 1988.
- GARCÍA-DIEGO, José A.: «El masonismo de Fausto de Elhuyar y de algunos otros socios de la Bascongada», *Boletín de la RSBAP*, 1985, cuad. 3-4, pp. 441-457.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás (ed.): *Historia de la técnica*, «Libros de Investigación y Ciencia», Barcelona, 1994.
- GARIBAY ZAMALLOA, Esteban: *Los quarenta libros del Compendio historial de las chronicas y universal historia de todos los Reynos de España*,..., 4 T., Barcelona, 1628.
- GARMENDIA ARRUBARRENA, José: «Alegría de Oria en una monografía de fines del siglo XVIII», *Boletín de la RSBAP*, 1974, cuad. 3-4, pp. 431-464.
- GIMPEL, Juan: *La revolución industrial en la Edad Media*, Taurus, «Ensayistas, 203», Madrid, 1981.
- GLICK, Thomas F.: *Tecnología, ciencia y cultura en la España medieval*, Alianza Ed., «Alianza Universidad, 725», Madrid, 1992.
- GOENAGA, Ignacio: *Estado actual y porvenir de la industria minero-metalúrgica de Vizcaya, Guipúzcoa, Navarra y Santander según la visita de inspección girada á las mismas desde Junio á Agosto de 1882*, Carlos LARRÍNAGA (ed.), Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos, Peritos y Facultativos de Minas de Bilbao, Bilbao, 1996.
- GONZÁLEZ BLASCO, Pedro, JIMÉNEZ BLANCO, José, LÓPEZ PIÑERO, José M.^º: *Historia y sociología de la ciencia en España*, Alianza ed., «Alianza Universidad, 251», Madrid, 1979.
- GONZÁLEZ PORTILLA, Manuel: *La siderurgia vasca (1880-1901). Nuevas tecnologías, empresarios y política económica*, Servicio Editorial UPV/EHU, Bilbao, 1985.
- , «Europa y la Revolución Industrial en el País Vasco», en Joseba INTXAUSTI (dir.), 1985, 269-278.
- GONZÁLEZ SALAZAR, José Antonio: «Notas sobre la vida agrícola de Bajauri, Obecuri y Urturi», *Anuario de Eusko-Folklore*, T. XIII, San Sebastián, 1969-1970, pp. 13-58.
- GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio: *Fábricas hidráulicas españolas*, MOPU, Madrid, 1992.
- GORROCHATAGUI, Javier, YARRITU, María José: «Prospecciones arqueológicas en Vizcaya durante 1983. Del Eneolítico a la Edad Media: asentamientos al aire libre, necrópolis y ferrerías de monte», *Cuadernos de Sección, Prehistoria-Arqueología*, 2, Eusko-Ikaskuntza Sociedad de Estudios Vascos, San Sebastián, 1984, pp. 171-219.
- GUIARD LARRAURI, Teófilo: *Historia de la Noble Villa de Bilbao, por...*, Bilbao, Imprenta y Librería de José de Astuy, 3 T., 1905-1908.
- GARCÍA-GUIJARRO RAMOS, Luis: «Tecnología y desarrollo económico medieval: una aproximación teórica», *Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media peninsular*, 1996, pp. 659-666.
- HEILBRONER, Robert L.: «Reconsideración del determinismo tecnológico», en Merritt ROE SMITH y Leo MARX (eds.), 1996.
- HENAO, Gabriel DE (S.I.): *Averiguaciones de las antigüedades de Cantabria, enderezadas principalmente a descubrir las de Vizcaya, Guipúzcoa y Álava, provincias contenidas en ella*,..., 6 T., ed. corregida por el P. Miguel VILLALTA, Tolosa, 1894, ed. facs., La Gran Enciclopedia Vasca, Bilbao, 1980.
- HOMOBONO, José Ignacio: «Estancamiento y atraso de la economía alavesa en el siglo XIX», *Boletín Sancho el Sabio*, T. XXIV, 1980, pp. 235-334.

- HOMOBONO, José Ignacio (dir.): *La cuenca minera vizcaína. Trabajo, patrimonio y cultura familiar*, FEVE, Dirección de Comunicación, Madrid, 1994.
- IBÁÑEZ GÓMEZ, Maite, TORRECILLA GORBEA, M.^a José, ZABALA LLANOS, Marta: *Arqueología industrial en Álava*, Universidad de Deusto, Deiker, Gobierno Vasco, Consejería de Cultura y Turismo, AGFA, Bilbao, 1992.
- IBARRONDO, [s.n.]: «Intento de espionaje vasco en ferrierías inglesas (siglo XVIII)», en *III Semana de Antropología Vasca*, (Julio Caro Baroja, pte.), Bilbao, 1976, pp. 143-156.
- IDOATE, Florencio: «Notas para el Estudio de la Economía Navarra y su contribución a la Real Hacienda (1500-1650)», *Príncipe de Viana*, Pamplona, 1960, n.ºs 78-79, pp. 77-129; n.ºs 80-81, pp. 275, 318.
- INTXAUSTI, Joseba (dir.): *Euskal Herria. Historia y Sociedad*, Caja Laboral Popular, 1985.
- ITURRIZA Y ZABALA, Juan Ramón DE: *Historia de Vizcaya General de todo el Señorío y particular de cada una de las Anteiglesias, Villas, Ciudades, Concejos y Valles; desde su fundación hasta el año 1885*, Bilbao, 1885, 2 T., ed. facs. ampliada por Manuel DE AZCÁRRAGA Y RÉGIL, Amigos del Libro Vasco, Bilbao, 1985.
- KRANZBERG, M., PURSELL, C.W. (eds.): *Historia de la Tecnología*, G. Gili, Barcelona, 1981.
- LABAYRU Y GOICOECHEA, Estanislao J. DE: *Historia General del Señorío de Bizcaya*, por..., T. I, La Gran Enciclopedia Vasca, Bilbao, 1967².
- LABORDE, Alexandro: *Itinerario descriptivo de las provincias de España y de sus islas y posesiones en el Mediterráneo,...*, 2 vols., Valencia, 1816, Impr. de Ildefonso Mompíe [traducción libre de la ed. orig. francesa de 1809].
- LABORDE WERLINDEN, Manuel: «La Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País y la metalurgia a fines del siglo XVIII», conferencia leída en el salón de la Liga Guipuzcoana de Productores el 30-IV-1948, San Sebastián, 1950.
- , «La Real Sociedad Vascongada de Amigos del País en sus relaciones con Suecia», *Boletín de la RSBAP*, 1953, Cuad. 3, pp. 335-351.
- , «Las ferrierías en los ríos guipuzcoanos», *Munibe*, 10, San Sebastián, 1958, pp. 14-22.
- , «Actividad de la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País en el desarrollo de la técnica industrial minero-metalúrgica durante el siglo XVIII», en *III Semana de Antropología Vasca*, T. II, vol. IV, 1976, pp. 51-78.
- , «Ferrones», en J.M. DE BARANDIARÁN (dir.), 1979, t. II, pp. 297-360.
- , «Pierre François Chavaneau en Bergara (1778-1786)», *Munibe*, 32, San Sebastián, 1980, pp. 393-400.
- , «Disposiciones, leyes y ordenanzas impresas en el primitivo “Libro de los Fueros de la Provincia de Guipúzcoa” referentes a temas de siderurgia», *RIEV*, 1986, T. XXXI, pp. 767-779.
- LABOULAYE, M.C.: *Enciclopedia Tecnológica. Diccionario de Artes y Manufacturas, de Agricultura, de Minas, etc. Descripción de todos los procedimientos industriales y fabriles*, (Francisco DE P. MELLADO para la ed. española), Madrid, Establecimiento tipográfico de Mellado; París, Librería Española, 1857.
- LANDAZURI Y ROMARATE, Joaquín José: *Historia del ilustre País Vascongado comprendido en sus tres M. NN. y M. LL. provincias: el Señorío de Bizcaya, Guipúzcoa y Alaba. Su antigua y moderna feografía, desde los más remotos siglos hasta el actual [...]* por..., Biblioteca Vascongada de Fermín Herrán, Bilbao, 1901.

- LARRAMENDI, Manuel DE, de la Cía. de Jesús: *Antiguos recuerdos de Guipúzcoa. Corografía de la Provincia de Guipúzcoa*, T. I, Ed. Amigos del Libro Vasco, Bilbao, 1985.
- LARRAÑAGA, Koldo: «Dos caballeros vascos en el mundo del Barroco. Los hermanos Juan Bautista y Pedro Bernardo Villarreal», *Boletín de la RSBAP*, 1974, cuad. 3-4, pp. 291-335.
- LARRAÑAGA, Luis F.: «Actitud del Clero Vasco frente a los empeños renovadores de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País», *Boletín de la RSBAP*, 1969, cuad. 1, pp. 89-117.
- LARRAÑAGA, Ramiro: «Aportación vasca a las fábricas de armas de Asturias», *Boletín de la RSBAP*, 1975, cuad. 1-2, pp. 75-80.
- , «La manufactura de armas de fuego en el País Vasco durante el siglo XVIII», *Boletín Sancho el Sabio*, 1980, T. XXIV, pp. 558-604.
- , «Sobre el acero de Mondragón», *Boletín de la RSBAP*, 1984, cuad. 3-4, pp. 912-914.
- , «El acero en nuestra historia laboral», *Boletín de la RSBAP*, 1989, cuad. 1-2, pp. 318-325.
- , «La fábrica de Armas de Durango», *Boletín de la RSBAP*, 1989, cuad. 3-4, pp. 615-617.
- LARRAÑAGA, Ramiro, GORROCHATEGUI, Santiago: *500 años de armería vasca*, Eibar, Ayuntamiento, Gobierno Vasco, Diputación Foral de Guipúzcoa, Eibar, 1990.
- LASA, Fr. José Ignacio: *Legazpia*, Caja de Ahorros Municipal, San Sebastián, 1970.
- LECUONA, Manuel: «La última ferrería de Guipúzcoa», *Boletín de la RSBAP*, 1, 1955, pp. 102-104.
- , «El nombre vasco de la ferrería “ola”», en *III Semana de Antropología Vasca*, T. II, vol. IV, 1976, pp. 123-127.
- LEGORBURU FAUS, Elena: «Una reconversión industrial en pleno siglo XIX. Los primeros pasos de la fábrica de Beasain», *Beasain Festival/Jaietan*, 1995, pp. 58-61.
- , «La fábrica grande»: *Historia de Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles de Beasain*, «Beasaingo paperak, 5», Ayto. de Beasain, Comisión de Cultura, C.A.F., Fundación Kutxa, [...] Beasain, 1996.
- «LENGOKOAK»: *Ferrerías de Hernani*, Caja de Ahorros Municipal, Caja de Ahorros Provincial, Hernani, 1965.
- LETONA ARRIETA, José, LEIBAR GURIDI, Juan: *Mondragón*, Caja de Ahorros Municipal, San Sebastián, 1970.
- LÓPEZ PIÑERO, José M.^a: *Ciencia y Técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Labor Universitaria, Barcelona, 1979.
- LUIJÁN, José Luis: «El estudio social de la Tecnología», José SANMARTÍN et al. (eds.), 1992, pp. 30-41.
- LLANOS ORTIZ DE LANDALUZE, Armando: «La Edad del Hierro y sus precedentes, en Álava y Navarra», *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 42, San Sebastián, 1990, pp. 167-179.
- MADDIN, Robert, MULHY, James D., WHEELER, Tamara S.: «Les débuts de l'âge du fer», *Pour la Science*, 2, 1997, pp. 12-20.
- MARTÍNEZ SALCEDO, Ana: «Asentamiento romano de Forua», *Investigación arqueológica, Arkeoikuska* [92, 93, 95], Gobierno Vasco, Departamento de Cultura, Centro de Patrimonio Cultural Vasco, pp. 142-144; 122-127; 146-148.

- MARTÍNEZ SALCEDO, Ana, UNZUETA PORTILLA, Miguel: «Estudio del material romano de la cueva de Peña Forua (Forua-Vizcaya)», *Cuadernos de Arqueología de Deusto*, 11, Universidad de Deusto, Bilbao, 1988.
- MARTÍNEZ SANMARTÍN, Luis Pablo: «Historia de la Técnica», José SANMARTÍN et al. (eds.), 1992, pp. 17-29.
- MEDINA, Pedro DE: *Libro de grandezas y cosas memorables de España*, Sevilla, 1548, ed. facs. Instituto de España y Biblioteca Nacional, «Singular, 4», Madrid, 1994.
- MISA, Thomas J.: «Rescatar el cambio sociotécnico del determinismo tecnológico», en Merritt ROE SMITH y Leo MARX (eds.), 1996.
- MOGUEL, Juan Antonio DE: *Peru Abarka*, ed. bilingüe por Resurrección M.^a DE AZKUE, La Gran Enciclopedia Vasca, Bilbao, 1970².
- MOHEN, Jean-Pierre: *Métallurgie préhistorique, Introduction à la paléoméallurgie*, Masson, «Collection Préhistoire», Paris, Milan, Barcelone, Mexico, 1990.
- MOKYR, Joel: *La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso económico*, Alianza ed., «Alianza Universitaria, 748», Madrid, 1993.
- MONTERO, Manuel: *La california del hierro. Las minas y la modernización económica y social de Vizcaya*, Beitia, Bilbao, 1995.
- MÚGICA, Serapio y AROCENA, Fausto: «Reseña histórica de Rentería», en Juan Ignacio GAMÓN, 1930.
- MUNILLA CABRILLANA, Gloria, GRACIA ALONSO, Francisco, GONZÁLEZ LÓPEZ, Elena, VILA PÉREZ, Carmen: «Paleoeconomía de la Primera Edad del Hierro en los Pirineos Occidentales. (Alto de la Cruz, Cortes de Navarra. Un modelo de estudio teórico)», en *Pyrénées préhistoriques, arts et sociétés*, actes du 118^e congrés national des sociétés historiques et scientifiques sous la direction de Henri DELPORTE et Jean CLOTTE, éd. du C.T.H.S., Paris, pp. 567-596.
- MURUGARREN, Luis (ed.): «Recopilación de noticias diversas de Alegría de Oria (1785)», manuscrito anónimo del Archivo Diocesano Histórico, reproducido en *Boletín de la RSBAP*, cuad. 1-2, San Sebastián, 1985, pp. 323-349.
- OLAECHEA, Rafael: «El Centralismo borbónico y las crisis sociales del siglo XVIII en el País Vasco», *Historia del Pueblo Vasco*, T. II, Erein, S.A., San Sebastián, 1979, pp. 165-226.
- OLAETXEA, Carlos, PEÑALVER, Xavier, VALDÉS, Luis: «El Bronce Final y la Edad del Hierro en Gipuzkoa y Bizkaia», *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 42, San Sebastián, 1990, pp. 161-165.
- OLAETXEA, Carlos: «Tres nuevos poblados de la Edad del Hierro en la Protohistoria de Gipuzkoa», *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 43, San Sebastián, 1991, pp. 175-180.
- , «Sondeo estratigráfico en el poblado de Moru (Elgoibar, Gipuzkoa)», *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 47, San Sebastián, 1995, pp. 199-201.
- , «Memoria de las excavaciones arqueológicas en el Poblado del monte Buruntza 1992-1996 (Andoain, Gipuzkoa)», *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 49, San Sebastián, 1991, pp. 111-133.
- PALACIOS REPARAZ, José M.^a et alii: *La fabricación del acero*, Unión de Empresas Siderúrgicas UNESID, Madrid, 1998.
- PARRILLA NIETO, Miguel: «Nota preliminar sobre el Real Cuerpo de Artillería» y «Nota sobre las vicisitudes de Orbaiceta entre la Guerra del Pirineo y su cierre definitivo», en Aurora RABANAL YUS, 1987, pp. 17-25 y 105-115.

- PATRONATO «JOSÉ MARÍA QUADRADO» (CSIC): *Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País y su Obra*, comunicaciones presentadas en el Pleno de la Asamblea celebrado en San Sebastián los días 9 al 11 de diciembre de 1971, San Sebastián, 1972.
- PEÑALVER, Xabier: *Euskal Herria en la prehistoria*, Orain, S.A., «Euskal gaiak, 31», [San Sebastián], [1996].
- PÉREZ CASTROVIEJO, Pedro M.^a: «La condición de los trabajadores mineros de Vizcaya (1876-1913)», en J.I. HOMOBONO (dir.), 1994.
- PÉREZ DE VILLARREAL, Vidal: *Ferrerías*, Diputación Foral de Navarra, «Navarra, temas de cultura popular, 294», Pamplona, 1977a.
—, «Ferrerías y ferrones por tierras de Baztán», *Cuadernos de etnología y etnografía de Navarra*, 27, septiembre-diciembre 1977b, pp. 345-357.
- POUNDS, Norman J.G.: *Geografía del hierro y del acero*, Labor, S.A., «Nueva colección Labor», Barcelona, 1968.
- POZA LLEIDA, José M.^a DE LA: *Hornos para fundir metales y sus aleaciones*, Oikos-Tau, «Maestros industriales», Barcelona, 1994.
- QUADRA SALCEDO, Fernando DE LA, marqués de los Castillejos: *Economistas vascongados y artículos varios sobre problemas destacados de la economía vizcaína. Recopilación de artículos publicados por el autor en la revista Información, órgano oficial de la Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Bilbao*, El Pueblo Vasco, Bilbao, 1943.
- RABANAL YUS, Aurora: *Las reales fábricas de municiones de Eugui y Orbaiceta, en Navarra*, Gobierno de Navarra, Dpto. de educación y Cultura, Instituto Príncipe de Viana, [Pamplona], 1987.
- REAL SOCIEDAD BASCONGADA DE LOS AMIGOS DEL PAÍS: *Ensayo de la Sociedad Bascongada de los Amigos del País. Año 1766. Dedicado al Rey n. Señor*, impr. Tomás de Robles, Vitoria, 1768, ed. facs. Caja de Ahorros Municipal, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones, San Sebastián, 1985.
—, *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la RSBAP (1771-1793)*, Tt. IV-XI, ed. facs. Caja de Ahorros Municipal, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones, San Sebastián, 1985.
- REYNOLDS, Terry S.: «Raíces medievales de la revolución industrial», en Nicolás GARCÍA TAPIA, 1994, pp. 29-38.
- RINCÓN MARTÍNEZ, M.^a Ángeles DEL: [véase John COLLIS, 1989].
- ROE SMITH, Merritt, MARX, Leo (eds.): *Historia y determinismo tecnológico*, Alianza ed., «Tecnología, Economía y Sociedad, 5», Madrid, 1996.
- ROSENBERG, Nathan: *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*, Hogar del Libro, S.A., «Llibres dels Quaderns de Tecnologia, 1», Barcelona, 1993.
- RUBIO DE URQUÍA, Guadalupe (dir.-coord.): «La tradición técnica del pueblo vasco»: *el hombre y su medio. Homenaje a Julio Caro Baroja*, Actas IV Semana Delegación en Corte de la RSBAP (Fundada en 1764), BBV, Madrid, 1997.
- RUIZ Y GONZÁLEZ DE LINARES, Ernesto: *Las Sociedades Económicas de los Amigos del País*, Publicaciones de la Institución Fernán González, CSIC, Burgos, 1977.
- SALGADO, José M.^a, ZAPATA, Lydia: «La industria metálica del depósito sepulcral de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia)», *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 47, San Sebastián, 1995, pp. 115-124.
- SÁEZ GARCÍA, Miguel Ángel: *Una contribución a la Historia de la Siderurgia española: la fábrica de San Pedro de Araya (1848-1935)*, Tesis doctoral dirigida por

- el catedrático D. Emiliano Fernández de Pinedo, Vitoria, Departamento de Historia e Instituciones Económicas, UPV / EHU, 1998.
- SANMARTÍN, José et al. (eds.): *Estudios sobre Sociedad y Tecnología*, Anthropos, Servicio editorial UPV/EHU, «Nueva Ciencia, 9», Barcelona, 1992.
- SARRAILH, Jean: *La España ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII*, FCE, México, 1992.
- SCRANTON, Philip: «El determinismo y la indeterminación en la historia de la tecnología», en Merrit ROE SMITH y Leo MARX (eds.), Madrid, 1996.
- SILVÁN, Leandro: «La evolución de los procesos metalúrgicos y su aplicación a la siderurgia del País Vasco», *III Semana de Antropología Vasca*, T. II, vol. IV, 1976, pp. 13-50.
- , «Relaciones científicas hispano-suecas en el siglo XVIII», *Boletín de la RSBAP*, cuad. 1-2, San Sebastián, 1981a, pp. 3-64.
- , «Visión crítica del esfuerzo cultural realizado por la Real Sociedad Bascongada en el siglo XVIII», *Boletín de la RSBAP*, cuad. 3-4, San Sebastián, 1981b, pp. 395-415.
- , «Los escritos de Fausto d'Elhuyar sobre temas profesionales», *Boletín de la RSBAP*, cuad. 3-4, San Sebastián, 1983, pp. 703-720.
- , «Don Pedro Bernardo Villarreal de Bériz, un precursor de Peñaflores», *Boletín de la RSBAP*, cuad. 3-4, San Sebastián, 1985, pp. 523-529.
- , «Ciencia y técnica en el País Vasco», *RIEV*, T. XXXI, n.º 1, enero-junio 1986a, pp. 11-23.
- , «Aceros vascos», *RIEV*, T. XXXI, 1986b, pp. 817-824.
- SORALUCE Y ZUBIZARRETA, Nicolás DE: *Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País. Sus antecedentes y otros sucesos con ella relacionados. Historia compendiada por...*, 1880, ed. facsímil de la Caja de Ahorros Municipal, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones, San Sebastián, 1984.
- STANLEY SMITH, Cyril: «La metalurgia en los siglos XVII y XVIII», M. KRANZBERG y C.W. PURSELL (eds.), Barcelona, 1981, pp. 162-188.
- , «Producción minera y metalúrgica, 1800-1880», en *id.*, pp. 392-410.
- , «La metalurgia: ciencia y práctica antes de 1900», en *id.*, pp. 659-670.
- TELLECHEA IDÍGORAS, J. Ignacio: «Censuras y elogios de los Amigos del País», *Boletín de la RSBAP*, cuad. 1, San Sebastián, 1969, pp. 221-241.
- , «Ferrerías guipuzcoanas a fines del siglo XV. Un importante documento inédito del Archivo de Simancas», *Boletín de la RSBAP*, cuad. 1-2, San Sebastián, 1975, pp. 81-111.
- UGARTECHEA, José Miguel DE: «Materiales del Museo Etnográfico Vasco de Bilbao», *Anuario de Eusko-Folklore*, T. XVIII, San Sebastián, 1961, pp. 39-48.
- URDANGARÍN, Carmelo, IZAGA, José M.^a, LIZARRALDE, Koldo: *Aintzina lanbideak. Oficios tradicionales*, Cámara de Gipuzkoa, San Sebastián, 1994.
- , *Oficios tradicionales*, Diputación Foral de Gipuzkoa (Dpto. de Economía), San Sebastián, 1996.
- , *Oficios tradicionales II*, Diputación Foral de Gipuzkoa (Dpto. de Economía), San Sebastián, 1997.
- URIZARTE AYO, Rafael: *Estructura, desarrollo y crisis de la siderurgia tradicional vasca (1700-1840)*, Servicio Editorial UPV/EHU, Leioa, 1988.
- URQUIJO E IBARRA, Julio DE: *Un juicio sujeto a revisión. Menéndez y Pelayo y los caballeros de Azcoitia*, RSBAP, «Col. Ilustración Vasca, X», reed. de la publicación de 1926, San Sebastián, 1996.

- , «Los amigos del País (según cartas y otros documentos inéditos del XVIII)», *RIEV*, T. XVII, 4, octubre-diciembre 1926, pp. 565-605.
- URTEAGA ARTIGAS, M.^a Mercedes: «Ferrerías en Gipuzkoa. El río como fuente de aprovechamiento energético», en Enrique AYERBE (dir.): *Ibaiak eta Haranak. El agua, el río y los espacios agrícola, industrial y urbano*, T. I, Etor, San Sebastián, 1989, pp. 121-144.
- , «El complejo siderúrgico de fandería (Rentería). Una laminación hidráulica en la vanguardia del siglo XVIII», *Bilduma*, 9, 1995.
- , «Siderurgia medieval en Gipuzkoa. Haizeolas, Ferrerías masuqueras y Ferrerías mazonas», *Actas de las I Jornadas sobre minería y Tecnología en la Edad Media peninsular*, León, Fundación Hullera Vasco-Leonesa, 1996, pp. 543-554.
- URTEAGA ARTIGAS, M.^a Mercedes (coord.), AYERBE IRIBAS, M.^a Rosa y DÍEZ DE SALAZAR, Luis Miguel (estudio histórico), URTEAGA ARTIGAS, Mertxe y UGALDE, Txomin (estudio arqueotecnológico): *La ferrería de Agorregi, Aia, Guipúzcoa. Historia e interpretación de sus ruinas. Estudio realizado por la Sección de Arqueología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi*, [1984] [sin publicar].
- VALLE DE LERSUNDI, Joaquín DE: «Una familia de ferrones, los Beyngolea, en el siglo XVII, a través de las cartas de Miguel de Bazterrechea y de un libro del Padre Garrastachu, O.P.», *Boletín de la RSBAP*, San Sebastián, 1979, pp. 475-530.
- VÁZQUEZ DE PRADA, Valentín: «Las ferrerías vizcaínas (siglos XVI-XVIII)», *III Semana de Antropología Vasca*, T. II, vol. IV, 1976, pp. 129-134.
- VILLAR IBÁÑEZ, José Eugenio: «Patrimonio histórico-industrial de la cuenca minera vizcaína», en J.I. HOMOBONO (dir.), 1994.
- VILLA-REAL DE BERRIZ, Pedro Bernardo: *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya*, Madrid, Oficina de Antonio Marín, 1736, ed. facs. de la RSBAP y Caja de Ahorros Municipal, San Sebastián, 1973.
- WAGNER, R.: *Química (industrial y agrícola). Tratado teórico práctico para uso de los físicos, químicos, ingenieros, industriales, fabricantes, [...] escrito por el profesor...*, trad. de la 12.^a ed. alemana por Francisco Nacente y Soler, Francisco Nacente y Soler ed., Barcelona, 1891⁶.
- YANGUAS Y MIRANDA, José: *Diccionario de antigüedades del Reino de Navarra, por...* 3 T, Diputación Foral de Navarra, Institución Príncipe de Viana, Pamplona, 1964.
- ZAVALA, Iris M.^a: «Los reformadores y la Inquisición. Notas sobre un caso olvidado», *Boletín de la RSBAP*, cuad. 1, San Sebastián, 1969, pp. 243-253.
- ZUAZNAVAR, Mariano: *Monografía acerca de las ferrerías vascongadas escrita por el ingeniero de minas D... con ocasión de las «Fiestas de la tradición del pueblo vasco»*, San Sebastián, Imprenta de la Provincia, 1905.

A las puertas del siglo XXI el País Vasco asiste a una transformación profunda de sus áreas fabriles. Aún perduran los ecos de la reconversión industrial acometida en la década de 1980. La experiencia no estuvo exenta de episodios dolorosos que hoy comienzan a difuminarse de nuestra memoria con la ayuda del acelerado proceso de destrucción de espacios fabriles emblemáticos. Pabellones, muelles, naves... antaño agitados por la fiebre productiva, apenas si perduran como testigos silenciosos del pasado. Son estructuras que se presentan vacías de contenido para la sociedad actual, volcada en el sector de servicios. Y ceden su lugar ante la especulación del suelo. Pero con ellas se pierde la memoria arquitectónica de la que fuera carta de presentación vasca por excelencia en Europa y en el mundo: el hierro.

Desde fechas prehistóricas el pueblo vasco ha caminado estrechamente ligado a las evoluciones de su Minería y Siderurgia. La extracción y labranza de la «vena» que encerraba el subsuelo le permitió comprometerse en una economía volcada hacia el exterior. Más allá de sus efectos sobre la balanza de pagos, el hierro ha trascendido hasta el extremo de imponer un sesgo privativo en la Historia y la Cultura. A lo largo de estas páginas proponemos un paseo por los hitos que han marcado su evolución, y la reflexión sobre algunas de las claves de nuestra herencia. La herencia, en fin, de un país de hierro.



Gipuzkoako Foru Aldundia
Kultura eta Euskara Departamentua

