Ensayo de normalización del concepto “a la catalana” en la investigación de la siderurgia antigua

Mertxe URTEAGA

Dirección de Cultura. Diputación Foral de Gipuzkoa

DOI : https ://doi.org/10.17184/eac.9858

Résumé : Dans les études sur la sidérurgie ancienne, le terme « à la catalane » est souvent précédé de différents termes : procédure, processus, méthode, bas-fourneau, forge, farge, … Parfois, il se réfère à la technique utilisée pour fabriquer le fer, d’autres fois, aux caractéristiques de l’établissement où il a été fabriqué, et il a même été utilisé avec un lien chronologique.
Il convient donc de faire une tentative de systématisation afin d’établir un point de départ auquel ajouter les apports de la recherche et progresser dans l’approche de cette réalité historique.

Abstract: La apelación “a la catalana” en los estudios de siderurgia antigua suele aplicarse precedido de términos diferentes: procedimiento, proceso, método, horno, forja, farga…Unas veces se refiere a la técnica utilizada para la elaboración del hierro; otras a las características del establecimiento en el que se elaboraba; incluso, se ha llegado a usar con vinculación cronológica.
Resulta oportuno, por tanto, realizar un intento de sistematización que permita establecer un punto de partida al que sumar las aportaciones de las investigaciones y avanzar en el acercamiento a esa realidad histórica.

1 El origen de la denominación “proceso catalán” de producción de hierro

Debemos al recientemente fallecido Jean Cantelaube[1] el estudio minucioso sobre los orígenes de la apelación “a la catalana” en el que llega a establecer con precisión el momento concreto en el que irrumpe en los textos. Es relativamente reciente, resultando una construcción académica que, como veremos a continuación, se inició a finales del siglo XVIII.

Cantelaube hace un repaso exhaustivo de las fuentes de un largo período de tiempo, recogiendo escritos técnicos y científicos del ámbito siderúrgico y de minas, Réaumur, L’Encyclopédie, traducciones de manuales, las obras de Courtivron y Bouchu, fuentes de archivo, etc., sin encontrar una sola referencia hasta el año 1775. Y es precisamente en el título de la obra de Tronson du Coudray, publicada ese año en Paris, donde la encuentra por primera vez: *Mémoires sur les forges catalanes, comparés avec les forges à hauts-fourneaux*, El autor había sido comisionado por el Gobierno para restaurar una ferrería en Córcega y se había desplazado a Foix con el propósito de conocer mejor el procedimiento y con la idea de “transplanter dans [nos] provinces cette méthode...Il [me] suffit d’avoir mis dans un assez grand jour les avantages de la **méthode Catalane**” (Cantelaube 2005, p. 47. La negrita es nuestra).

Una vez identificado el primer registro, va siguiendo el rastro de su utilización. Grignon en sus *Mémoires de physique sur l’art de fabriquer le fer, d’en fondre*, publicado ese mismo año 1775, no lo tuvo en cuenta, como parece lógico, pero en 1778 ya se hace eco del mismo en sus *Observations sommaires sur les fabriques de fer et d’acier de la province du Dauphiné*. En esa obra habla de los ensayos “suivant la méthode de Catalogne avec des ouvriers catalans”. Y definitivamente en 1783, al traducir al francés la obra del sueco M. Torb. Bergman, *Analyse du fer*, utilizó la expresión “méthode à la catalane”.

La consagración definitiva del término puede considerarse la descripción incluida en la Historia Natural de Buffon de 1808 (Lacepède 1808, p. 342), cuando se refiere a « les petits fourneaux qu’on charge et vide plus d’une fois par jour; on leur a donné le nom de fourneaux à la catalane » y más adelante añade: « pourquoi le méthode à la catalane... ne peut être avantageusement employée à la fusion de nos mines en grains ».

Como se comprueba la apelación se generalizó en los tratados técnicos que trataban la reducción directa en los Pirineos, escritos en Francia a partir de 1775; en ocasiones se referían al método catalán o a la catalana, pero también a hornos a la catalana. Curiosamente los propietarios, constructores, operarios y demás agentes involucrados en la producción de hierro en esas instalaciones no tuvieron conciencia de haberlo hecho siguiendo el método “catalán” o “a la catalana”. En esos escenarios se siguen utilizando los sustantivos de *forge*, *moulin* y sus vecinos *ferrería* o *farga*.

[1] Jean Cantelaube dedicó años de investigación a la siderurgia del Departamento pirenaico de Ariège (Francia) y especialmente a la cultura tecnológica de las forjas catalanas. Con estas líneas queremos reconocer su labor y generosidad a la hora de compartir informaciones de sus investigaciones.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

Una vez acuñada la apelación y aceptada en el contexto del vocabulario técnico de la siderurgia, ha sido ampliamente usada en diferentes contextos hasta llegar a hacerse para algunos, sinónimo de la reducción directa, incluso fuera del contexto geográfico y tecnológico para el que fue acuñada (Laurant 1995).

Como ejemplo que refleja bien el "éxito" del término, el propio Cantelaube cita la traducción al inglés, publicada en 1982, del texto en el que se narra el viaje de reconocimiento realizado por un viajero sueco hacia 1660 a las ferrerías de reducción directa de Bizkaia. En la redacción original en alemán, el visitante se refería a esas instalaciones con la simple denominación de "forja", mientras que el traductor en sus comentarios no duda en hablar de "forja catalana" (Cantelaube 2005, p. 44).

2 La banalización del término "a la catalana"

En el contexto de la siderurgia francesa de finales del siglo xviii, resulta comprensible que los especialistas se fijaran en la forma de hacer hierro en el área del Pirineo. Para esas fechas, la reducción indirecta en hornos altos llevaba tiempo siendo el proceso mayoritario en el país, por lo que en ese escenario "les petits fourneaux" que citaba Buffon en los que se producía hierro en una única operación (reducción directa), resultaba una tradición claramente diferenciada del resto del territorio. La nueva incorporación al vocabulario siderúrgico se apoyaba en la confrontación del proceso técnico y en la cuestión geográfica. Esta última, directamente vinculada al hecho de ser los constructores y obreros de procedencia catalana quienes se encargaban de hacer operativas las fábricas situadas en la vertiente septentrional de los Pirineos (Cantelaube 1995).

Hornos y método catalán o a la catalana definen en un primer momento la tradición siderúrgica de la producción de hierro en hornos bajos por reducción directa que era propia de determinadas regiones de los Pirineos, como Foix o l'Ariege. Sin embargo, con el paso del tiempo van a incorporarse otras expresiones como forja catalana, farga catalana, procedimiento, proceso o método catalán, además de nuevas acepciones y significados. Forja catalana como traducción de "forge catalane" de los textos franceses; farga catalana por parte de los catalano-hablantes y proceso-método-procedimiento, una vez que se internacionaliza el término.

La reapropiación por parte de historiadores catalanes coincidiendo con el renacimiento cultural de principios del siglo xx, llevará a crear una leyenda dorada en torno a la farga catalana y a considerarla parte de los orígenes de la metalurgia del hierro en Europa (Gallardo *et al.* 1930). La línea ha sido seguida durante años y sucesivamente acrecentada hasta el punto de haberse convertido en un cliché con el que hacer referencia al proceso de reducción directa, sin importar la época, ni el espacio geográfico, como señalábamos anteriormente. El método catalán se ha manejado tanto para tiempos prerromanos como medievales (Molera & Barrueco 1983), en geografías tan distantes como Brasil, México (Morral 1995) o California (Kopenaal 1995). Y en esa coyuntura se han perdido las referencias técnicas con las que fue acuñado.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

3 ¿Pero qué era realmente el método a la catalana?

Como bien apreció Cantelaube, originalmente “l’expression *forge à la catalana* est toujours liée au pays de Foix et à sa forge” (Cantelaube 2005, p. 54). Y, efectivamente, en esa época situada a finales del siglo xviii y principios del xix, Foix resulta un territorio perfectamente identificable en la siderurgia por elaborar hierro con determinadas peculiaridades. Para saber cómo era esa cultura siderúrgica se dispone de fuentes de la época como son las informaciones recogidas por Munibe en 1770 y Muthuon en 1808.

3.1 El viaje de reconocimiento a las ferrerías de Foix de Ramón María de Munibe, año 1770

La recién creada Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País (año 1764) confió a Ramón María de Munibe y Areizaga, hijo de uno de los promotores y fundadores -el conde de Peñaflorida- la misión de estudiar los procesos e instalaciones siderúrgicas en Suecia y Francia. A partir de 1770, viajó al extranjero con el encargo de recoger conocimientos en los campos de la mineralogía y la metalurgia que pudieran aplicarse en la mejora de la producción de hierro, una de las industrias principales del País Vasco en aquellos tiempos. Durante 3 años se formó en diferentes lugares: París, Estocolmo, Friburgo y Viena, viajando por los países con mayor reconocimiento en la industria del hierro: Francia, Suecia, Sajonia, Estiria, Carintia, Saboya, Lieja...En junio y julio del año 1770, asentado en Puivert, diócesis de Mirepoix, visitó las “ferrerías de la provincia de Lenguadoc y pais de Foix” (Cantelaube 2000). Llevaba consigo un cuestionario preparado por los socios con el que debía recoger la información de las instalaciones visitadas de forma que pudiera hacerse una comparación con las ferrerías vascas; el cuestionario se apoyaba además en una bibliografía exhaustiva de las obras relacionadas con el tema, de forma que las anotaciones de Munibe recogieran solamente las variaciones o novedades al cuestionario.

Resultado de sus indagaciones es el manuscrito enviado a la Real Sociedad Bascongada con el título de “Razón de las especulaciones hechas en varias ferrerías del obispado de Mirepoix y el País de Foix, provincia de Lenguadoc en el Reyno de Francia, por el Supernumerario Don Ramón María de Munibe de la Sociedad Bascongada de los Amigos del País”, firmado en Puivert a 4 de agosto de 1770 (Urteaga 2000, p. 85-100).

En el texto, Munibe hace un repaso rápido describiendo la forma de calcinar, el taller del martinete donde se trabaja el tocho producido en la ferrería y esta última, detallando la forma de construir el yunque y el mazo. Apenas señala grandes diferencias con las ferrerías vascas; igual ocurre con el horno del que dice que “su figura es de una pirámide casi cuadrada, trocada y inversa para las dimensiones”. Cuando profundiza en la descripción le sirven también las referencias y nombres de los hornos vascos, como por ejemplo, cuando habla de las dimensiones de las paredes, una de ellas es la que llaman “en bascuence (euskera, lengua vasca) *suteguien bularra*”[2]. Otra, es la

[2]La traducción literal de *sutegien bularra* es “pecho del horno” y se refiere a la pared frontal, la opuesta a la pared por la que entra la tobera.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

del lado "del *zearzulo aldia*, por donde sangraban la escoria"[3] y para una tercera se refiere al lado "de la estolda, *estolda partia*"[4].

Por lo que se deduce de esas informaciones, el horno de las ferrerías visitadas en Foix se construía en la zona más elevada y todo el interior se forraba de gruesas piezas de hierro. Lo que se llamaba el alma del fogal, el hueco propiamente dicho, era de 18 pulgadas de ancho (45,72 cm) en la pared de la tobera y 16 pulgadas (40,5 cm) en la pared del sangrado de escoria, con una planta de 288 pulgadas cuadradas (0,73 m^2). Alcanzaba una altura de 40 pulgadas (1 m), pero la parte del *zidarzulo* (donde se colocaba el canal de sangrado de escoria) era menos elevada y terminaba en un plano inclinado; estaba cubierta de gruesas bandas y piezas de hierro en las que los operarios apoyaban las herramientas, manejaban el fuego y sacaban la fundición. La tobera, de cobre, entraba inclinada en el horno un palmo u 8 pulgadas (20,3 cm). El fondo estaba hecho de una pieza dura y sólida de 18 a 20 pulgadas de diámetro (unos 50 cm), casi cuadrada y de 4 pulgadas (10 cm) de grueso. Los muros que rodeaban el horno eran de cantería y de casi 1 metro de espesor.

La gran diferencia entre las ferrerías vascas y las de Foix que describe se encuentra en la inyección del horno que, como señala, se hacía mediante "trompas o aicearcas[5]de que solamente usan en aquellas ferrerías". Ese elemento viene descrito al detalle, señalándose en la primera fase que son distintas a las del Delfinado y a las descritas por Courtivon y Bouchu.

El manuscrito incluye 5 láminas. En la lámina 2 se presenta una sección del horno con la alimentación mediante trompa, y en la lámina 4, la carga del horno. La lámina 3 dibuja la trompa hidráulica; a un lado la planta en la que se incorpora la zona de la tobera e introducción en el horno; en el otro, el alzado y sección de los dos elementos verticales de la trompa con sus árboles y caja inferior.

Las ferrerías de Foix, siguiendo la descripción realizada por Munibe en 1770 son instalaciones que producían hierro y acero en una sola operación en un horno de pequeñas dimensiones, bajo y cuadrado; muy similar al de las ferrerías vascas, acaso algo más reducido. La diferencia principal viene marcada por la presencia de la caja de vientos o trompas hidráulicas cuyas características parecen distanciarse de modelos usados en otros lugares.

[3]La pared del *zearzulo aldia*, se traduce como la del "lado del zearzulo" y se refiere a la pared en la que se encuentra el hueco por el que se sangra la escoria. Zulo=orificio. Zidarra=escoria. Sería el equivalente de *slag hole*.

[4]4 *Estolda partia* es el "lado de la estolda"; es decir, la estructura bajo la que se colocan las ruedas hidráulicas.

[5]El término euskérico *aicearca* (haizearka) puede traducirse por caja de vientos: haize=viento y arka=caja)

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

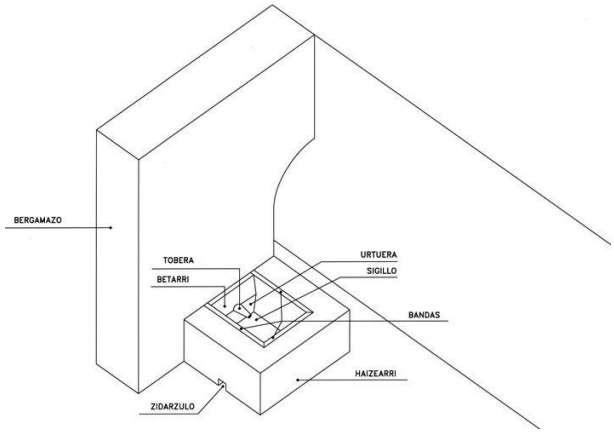


Fig. 1: Reconstrucción del horno según las descripciones de B. Ansotegui

3.2 Las observaciones y reflexiones del ingeniero de minas Jacques-Marie Muthuon, 1806

El ingeniero Muthuon conocía de primera mano el territorio de los Pirineos; en 1792 dirigía las minas de cobre y plata de Banca (Baigorri), en el País Vasco (vertiente francesa). En 1794, cruzo la frontera encargado de informar sobre la situación de las ferrerías y de las minas de los territorios vascos que habían sido conquistados por Francia en la Guerra de la Convención. Pasó 6 años realizando visitas de inspección en esa parte occidental de los Pirineos, con desplazamientos a las Landas, centrándose además nuevamente en las minas de Baigorri. Interrumpió su trabajo para desplazarse en misión a Córcega en 1801, y a la isla de Elba, donde permaneció entre 1802 y 1804. De vuelta a Francia, aprovechó una estancia en Lyon para redactar el *Traité des forges dites catalanes* que se publicó en Turín dos años más tarde, en 1808, (Machot 2000). La obra lleva un subtítulo: *ou l'art d'extraire directement et par une seule opération le fer de des mines* que contribuye ya desde la lectura de las primeras líneas a identificar el contenido; es decir el Tratado se dedica a las instalaciones de producción de hierro “llamadas catalanas” y al modo de extraer directamente en una sola operación el hierro contenido en el mineral.

Muthuon (1808, p. 100-105) señala que el nombre de forjas catalanas es impreciso y que el realmente apropiado es el de fábricas en las que se produce hierro en una sola operación; añade que, cuando se habla de catalanas se hace referencia solo a un tipo de esas fábricas, pero que en realidad son 3: las catalanas que son las más pequeñas, las navarras que son las medianas y las vizcaínas que son las más grandes. Pero continúa diciendo que hay además otra manera de clasificarlas: las que usan trompas, las que usan fuelles que expelen aire al ser accionados por las ruedas y las que usan fuelles que aspiran aire al ser accionados por las ruedas. Contando con esos factores establece 3 escenarios:

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

a) Cuando se cuenta con un buen salto y un curso de agua con fuerza suficiente, se hacen fábricas con trompas; esta elección solo se da en los Pirineos Orientales, Altos Pirineos y Córcega.

b) Cuando el salto es pequeño y hay bastante agua, se opta por fuelles en los que la rueda produce la expiración.

c) Cuando el salto es pequeño y hay poca agua, se opta por fuelles en los que la rueda produce la aspiración[6].

Según señala el autor, estas dos últimas opciones eran características de Navarra, Gipuzkoa y Bizkaia.

El tratado describe minuciosamente las diferentes partes de las instalaciones, señalándose que son las dimensiones del horno, la disposición de la tobera, la distancia de las trompas (o fuelles) al horno, la distancia del horno al yunque, de la cota de los hornos con respecto al yunque y a las trompas, la altura de los saltos y los diámetros de las ruedas las cuestiones principales del diseño. A excepción de lo señalado para las trompas, todas estas cuestiones habían sido abordadas años antes por el ilustrado y propietario de ferrerías vizcaínas Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz en su librito "Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías", de 1736, aportando los cálculos para el diseño.

Recogeremos lo señalado por Muthuon para las medidas de los hornos:

Tab. 1: Medidas del horno catalán, navarro y vizcaíno según Muthuon.

Horno catalán	
Altura (profundidad)	43,25 cm
Longitud del *laiterol* a la *rustina*, al fondo del crisol	50 cm
Longitud a la superficie en razón de la inclinación de la *rustina* de 8 cm	58 cm
Anchura de la varme al contraviento Al fondo del crisol	47 cm
Anchura a la superficie en razón de la inclinación del *contraviento* de 14 cm	61 cm
Horno navarro	
Altura (profundidad)	69 cm
Longitud al fondo del crisol	64 cm
Longitud a la superficie en razón de la inclinación del *laiterol* de 32 cm	96 cm
Anchura Al fondo del crisol	53 cm
Anchura a la superficie en razón de la inclinación del *contraviento* de 19 cm	72 cm
Horno vizcaíno	
Altura (profundidad)	72 cm
Longitud del *laiterol* a la *rustina*, al fondo del crisol	90 cm
Longitud a la superficie en razón de la inclinación de la *laiterol* de 38 cm	128 cm
Anchura Al fondo del crisol	81,5 cm
Anchura a la superficie	84,5 cm

En resumen, según Muthuon bajo la denominación a la catalana se incluyen tanto las instalaciones con trompa hidráulica como las que se valían de fuelles para inyección

[6]Las apreciaciones de Muthuon acerca del movimiento aspirante o expelente de los fuelles no coinciden con los datos obtenidos por otras vías (Crew & Crew, 2002, p. 73 y 74).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

de aire en el horno. El uso de trompa o de fuelles se distribuye regionalmente, siendo la trompa propia de las zonas oriental y central de los Pirineos (además de Córcega), mientras que los fuelles lo son del sector occidental y parte de la región cantábrica (Navarra, Gipuzkoa y Bizkaia). La característica común de todas ellas es la de obtener hierro en una única operación, reducción directa, en hornos de reducidas dimensiones. Por los datos que aporta los hornos ofrecen planta cuadrada, siendo esta más estrecha en la base que en la coronación. Esta apreciación coincide con la expresión de Munibe, recogida anteriormente, que decía “su figura es de una piramide casi cuadrada, trocada y inversa para las dimensiones”.

4 El horno bajo, cuadrado y abierto en el que se realizaba la reducción directa, ensayo de reconstrucción

Comprobado que el horno es el elemento definitivo en la identificación, ensayaremos a continuación el acercamiento a sus características. Para completar las informaciones sobre este elemento, además de las descripciones de Munibe y Muthuon ya comentadas, se dispone de un documento extraordinario, remitido también por Benito de Ansotegui a la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País en 1770 (Urteaga 2002, p. 72-76). En este caso, el autor incluye planos en planta y sección con escala que fueron tomados del horno de la ferrería de su propiedad, situada en el municipio de Etxeberria en Bizkaia. [Figura 1]

Siguiendo esas informaciones se advierte que tiene forma troncopiramidal invertida, abierto en la parte superior y con el fondo de planta cuadrada y de menor tamaño, además de desplazado en la zona de la tobera. La anchura en la parte superior es de 3 pies y 2 onzas (unos 90 cm) y una longitud de 3 pies y medio (1 m aproximadamente). La altura, 29 onzas (67,5 cm). Estaba forrado de planchas de hierro y el fondo o *sigilu* (crisol) se hacía con una torta de hierro de forma circular y 3 onzas de grueso (7 cm) que se colocaba ligeramente inclinada para facilitar la salida de la escoria por el *zidarzulo* (agujero de sangrado). La pared de la tobera presenta dos planos distintos que confluyen en el punto en el que asoma la tobera; en la parte superior lleva el nombre de *betarri*, y *urtuera* en la parte inferior. La pared opuesta, con una inclinación de 45º se conoce con el nombre de haizearri, y de las otras dos paredes, la que contaba con el hueco para sangrado de escorias lleva el nombre de *zidarzulo,* como ya hemos visto. Según indica el autor, resulta de gran importancia que el horno estuviera bien aislado de la humedad.

Los registros procedentes de esas 3 fuentes prácticamente contemporáneas: Munibe, Muthuon y Ansotegui coinciden en presentar un horno casi cuadrangular, un poco más largo que ancho, de paredes perpendiculares al fondo, construido en cantería y con un espesor de en torno a 1 m. Las dimensiones son reducidas, con plantas que no alcanzan el medio metro de lado para los más pequeños y 80 x 90 cm para los más grandes. Las alturas también van en la misma proporción, entre 43 cm y 80 cm. El interior se encontraba forrado de planchas de hierro y en el fondo se disponía una especie de crisol, elaborado con una torta de hierro. Construido de esa forma, el horno contaba con un muro trasero de apoyo, llamado *fousinal* en Foix (Cantelaube 2005, p. 124) y bergamazo en el País Vasco (Urteaga 2000). A través de ese muro se

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

introducía la tobera en el horno y por medio de ella se inyectaba aire en el horno (mediante trompa hidráulica o mediante fuelles). En las ferrerías de Foix y catalanas la pared del sangrado de escoria (*laiterol*, *chio* o *cagaferro*) y la del contraviento (pared enfrentada al conducto de entrada o tobera) se disponían con una inclinación de 100º en el primer caso y 108º en el segundo, según los registros de Muthuon señalados anteriormente; mientras que en las ferrerías vascas era solo la segunda, llamada *haizearri* , la que ofrecía esa posición. Para esta última tenemos también el detalle del ángulo de inclinación que era de 100º (Ugalde 2002, p. 261).

Tab. 2: Términos utilizados para nombrar las diferentes partes del horno.

	Fargas	Ferrerías
Pared apoyo	Fousinal	Bergamazo
Pared de la tobera	Piec del foc, Porgues, Varme, Face du vent	
De la tobera hacia arriba		Betarri
De la tobera al fondo		Urtuera
Pared frontal	Contraviento, ore	Haizearri, sutegien bularra
Pared lateral Sangrado escoria	Laiterol, chio, cagaferro, main	Ziarzulo o Zidarzulo
Pared opuesta	Rustine, cave, parédou	Estolda partia
Fondo	Crisol	Siguillu, Siguillo, Sigilu

Tab. 3: Comparativa de las medidas de los hornos.

Ferrería	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Altura	80	43,25	69	72	80	42	92	89	67,5	80	80	64
Anchura *fondo	40,5	50	64	90[1]	80	46	50	60	< de 90	55	55	55
Anchura boca		58	96	128	85	57	50	76	90	62	62	55
Longitud fondo	45,72	47	53	81, 5	80	49	50	64	100	62	62	55
Longitud boca		61	72	84,5	89	60	78	96		71	71	69
Diámetro crisol	50											
Grosor del crisol	10								7			
Longitud tobera en el horno	20,3											

1= Munibe, Foix 2= Muthuon 1= Catalanas 3= Muthuon 2= Navarra 4= Muthuon 3= vizcaínas	5= Durango (Uriarte, 1993) 6= Andorra y Cataluña (Uriarte, 1993) 7= Arles (Uriarte, 1993) 8=Prades, Pirineos Orientales (Uriarte, 1993)	9= Ansotegui (Urteaga, 2002) 10= Vicdesos, Ariege (Uriarte, 1993) 11. Tarascon, Ariege (Uriarte, 1993) 12. St Pal d'Assou, Bajos Pirineos (Uriarte, 1993)

Las cifras de las medidas se han indicado en cm.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

Registros posteriores en el tiempo como los aportados por Uriarte (1995) para el año 1828, tanto para instalaciones del sector oriental de los Pirineos, como para el occidental y zona cantábrica confirman esas afirmaciones. Las variaciones que se aprecian que van desde los 92 cm de altura en las ferrerías de Arles a los 42 cm de Andorra y Cataluña, o los 100 cm de lado para la planta de la ferrería vizcaína de Ansotegui y los 50 cm de Arles subrayan la apreciación de Muthuon de las mayores dimensiones de las ferrerías vizcaínas sobre el resto. En cualquier caso, no está de más recordar que el mismo Domingo de Ansotegui en el manuscrito citado decía que “De las 16 fraguas que hay en la ría que pasa por la villa y que apenas hay dos leguas y media desde sus fuentes u origen al mar, no se hallarán dos que concuerden en las dimensiones” (Urteaga 2000, p. 181). Este aspecto también había sido recogido por Villarreal de Berriz (1736, p. 109 y 110) al señala que “los fogones u hornos donde se hace la fundición no se sujeta a reglas de geometría; los oficiales tienen sus medidas, ponen en ellas el horno y la tobera...” En definitiva, los hornos llamados catalanes se caracterizaban por ser de reducidas dimensiones, como advertía Buffon, y abiertos, por presentar planta cuadrangular y corresponder al modelo de horno bajo.

5 Fargas y ferrerías, instalaciones hidráulicas para la producción de hierro por reducción directa

No está de más señalar que, a finales del siglo xviii, la energía hidráulica era la fuerza motriz con la que se accionaba la maquinaria de las instalaciones. Contaban para ello con una presa o azud que desviaba el caudal necesario desde los cauces de las inmediaciones; por medio de canales llegaba hasta un depósito elevado desde el que se producían los saltos sobre las ruedas.

El hábito bibliográfico más extendido identifica las instalaciones con trompa hidráulica con el nombre de “farga”, mientras que el término “ferrería” se mantiene para las que disponían de fuelles (Urteaga 2018). En las ferrerías, los depósitos elevados alimentaban 2 saltos de agua, uno para la rueda que movía los fuelles o barquines; otro, para la rueda del mazo. En las fargas, en lugar de la rueda de los barquines se encontraba el salto de la trompa hidráulica.

La distribución de la maquinaria en el taller seguía un eje longitudinal en cuyo centro se colocaba el horno. Por la parte trasera se disponía el par de fuelles o la caja de vientos que proporcionaban inyección de aire continua a través de una tobera, de cobre generalmente. Hasta cerca de la parte delantera del horno llegaba la cabeza del mazo, insertada en un largo mango de madera. Bajo la cabeza del mazo se colocaba el yunque sobre el que se trabajaba la masa de hierro bruto (*agoa* en las ferrerías y *masser* en las fargas) recién sacada del horno.

La presencia de la trompa hidráulica permitía en las fargas ganar espacio de trabajo, por ocupar menos superficie que los fuelles y, de esta manera, añadir un mazo de menores dimensiones: el martinete, con el que trabajar los tochos y elaborar barras y productos semi-elaborados en la misma instalación. Estas operaciones en las ferrerías se llevaban a cabo en edificios separados (ferrerías menores) que, en ocasiones, compartían la misma infraestructura hidráulica, ordenándose a ambos lados del depósito elevado.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

6 Introducción de la trompa hidráulica, siglo XVII

La trompa hidráulica puede considerarse un compresor de aire que usa la fuerza del agua. El agua se hace caer por gravedad por un tubo vertical que cuenta con un estrangulamiento por el que se introduce aire siguiendo el efecto Venturi. Al pie del tubo se dispone la cámara de separación o caja de vientos donde se recoge el aire comprimido que se dirige por una tuberia de salida en dirección al horno. Según Baraldi (2001) se diseñó y usó en las instalaciones de los Apeninos entre finales del siglo xvi y la primera mitad del siglo xvii.

Dice Belhoste (2001 p.102) que se conocen mal los orígenes de la inyección de aire por trompa hidráulica en los Pirineos. González Tascón (1987, p. 97) comenta que el ingenio apareció por primera vez en las regiones montañosas de la península italiana, hacia el año 1500, y que se extendió rápidamente a la región pirenaica. Añade que Pablo Antonio de Rivadeneyra la introdujo en Bizkaia, para lo que obtuvo un privilegio real en 1633 para beneficiar las minas de hierro sin fuelles. Sin embargo, en las ferrerías vascas su aplicación quedó limitada a las instalaciones menores donde se adelgazaba el hierro.

En los Pirineos atlánticos debió introducirse hacia los años 1660, pues en esas fechas hay informaciones indirectas que señalan la sustitución de barquines por trompas en la zona de Asson (Pujolle & Machot 2001, p. 137).

En el Ariege, las fuentes de archivo del año 1705 mencionan la existencia de trompas en la ferrería de Barthalé, dando a entender que están perfectamente integradas en las instalaciones desde hacía algún tiempo (Cantelaube 1995, p. 30). Y las mismas fechas se manejan para Cataluña.

Es probable, por tanto, que el paso de los fuelles a la trompa para producir hierro se generalizara en el Pirineo en la segunda mitad del siglo XVII, mientras que en el País Vasco siguieron usándose los fuelles.

Es preciso señalar que el modelo de trompa del Pirineo debía tener características propias que la diferenciaban de las trompas de otros territorios. Tenía 2 árboles, frente al árbol único de la trompa de Córcega y era unos 2 m más baja; 8 m frente a los 10 m de altura de esta última. También había diferencias en la forma de los estrangulamientos, en la disposición de los agujeros de aspiración y en las dimensiones y forma de las cajas; estas, fabricadas en madera tenían forma trapezoidal (Belhoste 2001, p. 103).

7 A modo de recapitulación

Independientemente de la forma de inyección de aire, trompa o fuelles, tanto fargas como ferrerías producían hierro en un horno de diseño similar: un horno bajo, abierto y de forma troncopiramidal invertida en el que en una sola operación se obtenía la masa de hierro en bruto que inmediatamente se compactaba bajo el mazo. Para ello se cargaba el horno con minerales de hierro, óxidos (hematites) e hidróxidos (goethita) previamente calcinados, y con carbón vegetal (Urteaga *et al.*, 2000). La carga de mineral y carbón se realizaba de una manera determinada que ha sido bien recogida

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

por Richard (1838) y François (1843). Se transmitía de una generación a otra a través de la estructura gremial. El control del proceso se realizaba desde el exterior y la masa metálica resultante, de buen peso, se extraía aprovechando la pendiente de una de las paredes. Trabajaban todo el año si contaban con caudal suficiente, también en verano y, en caso contrario, lo hacían durante 9 meses.

En cuanto a las cifras de producción, aprovechando fuentes contemporáneas es posible obtener datos comparativos de finales del siglo xviii (Urteaga 2000, p. 85-111). Las informaciones permiten saber que las fargas de Languedoc y Foix hacían 4 operaciones al día, obteniendo en cada una de ellas *agoas* de 3 quintales y medio (en este caso, los quintales son de 100 libras); es decir, 175 kg de peso. Para ello gastaban unos 900 kg de carbón y 600 kg de vena cruda que se reducían a 450 kg una vez calcinada.

En cantidades similares se movían las ferrerías “zearrolas” que obtenían 5 *agoas* cada 24 horas de 11’5 o 12 arrobas (entre 215 y 225 kg) para las que necesitaban 5 cargas de carbón y 21,5 arrobas de mineral (unos 400 kg)[7]. Hay que tener en cuenta que las zearrolas eran ferrerías de mayores dimensiones y que obtenían mayores cantidades de hierro que el resto. Según D´Eluyart, las ferrerías comunes se movían en cantidades menores; producían una media de 5 o 6 *agoas* con un peso de un quintal de 150 libras (75 kg), gastándose en su obtención 3 quintales (222 kg) o 3,5 quintales (260 kg) de mineral crudo que se reducía una cuarta parte tras el proceso de calcinación, y cinco quintales de carbón (375 kg) (D’Eluyart 1787, p. 90-91).

En definitiva, el llamado procedimiento catalán se caracteriza por obtener hierro en una sola operación, reducción directa, en un horno de reducidas dimensiones, cuadrangular, bajo y abierto con el apoyo de inyección forzada por medio de soplantes. Gracias a estudios arqueológicos recientes se ha podido rastrear su presencia en la Alta Edad Media, en torno al siglo ix, en un escenario ajeno todavía a la aplicación de la energía hidráulica (Urteaga *et al.* 2018). Fue evolucionando a lo largo de los siglos por medio de sucesivas innovaciones: mecanización hidráulica, mejora “a la genovesa” (Cantelaube & Verna 2000), etc. En el siglo xvii se produce la incorporación de la trompa hidráulica o caja de viento que marcará el punto de separación entre fargas y ferrerías. En las primeras, situadas mayoritariamente en la parte oriental de los Pirineos, se generalizará el uso de la caja de vientos, mientras que las ferrerías, área vasco-cantábrica y parte occidental de los Pirineos, se mantendrán en la tradición de inyección mediante fuelles.

Fargas y ferrerías seguirán produciendo hierro por reducción directa hasta que, a finales del siglo xix y, a pesar de los intentos por hacer frente a la competencia de los hornos altos, tuvieron que cerrarse ante las ventajas de la reducción indirecta.

Bibliografía

Baraldi, E., 2001. Historical resources relating to the Mediterranean Metallurgy of Iron. *In. L’obtenció del ferro pel procediment directa entre els segles IV i XIX*, Patrimonio Cultural d’Andorra: 79-89.

Belhoste, J.-F., 2001. Une machine soufflant pour les forges de montagne, la trompe à eau. *In. L’obtenció del ferro pel procediment directa entre els segles IV i XIX*, Patrimonio Cultural d’Andorra: 100-110.

[7]Datos procedentes de la ferrería zearrola de Torrezar en Orozko (Bizkaia) incluidos en el Tratado de Metalurgia (Urteaga 2002, p. 160).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

Buffon, Compte de, 1808. *Histoire Naturelle, Du Fer. In* Lacepède, Compte de, ed. (1808), *Ouvres Complètes de Buffon*, Vol. III, Paris.

Cantelaube, J., 1995. Apparition et évolution de la Forge à la Catalane dans l'est des Pyrenées Françaises, XVII^{e}-XIX^{e} siècles. *In* E. Tomàs (ed.), La farga catalana en el marc de l'arqueologia siderúrgica, Govern d'Andorra: 27-36.

Cantelaube, J., 2000. "Le voyage métallurgique de Don Ramon Maria de Munibe dans le diocèse de Mirepoix et le Pays de Foix en 1770". *In* M. Urteaga, (ed.), *El Tratado de Metalurgia de las Comisiones (Segundas) de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País, 1765-1773*, Diputación Foral de Gipuzkoa, Donostia-San Sebastián: 293-303.

Cantelaube, J., Verna, C., 2000. « Les Forges à la Genoise dans le Pyrenées Centrales au XVIe siècle: quel transfert d'innovation? ». *In* Cucini, C., Tizzoni, M. (eds.), *Il ferro nelle Alpi*, Bienno, Comune di Bienno: 152-163.

Cantelaube, J., (2005). *La forge à la catalane dans les Pyrénées ariégeoises, une industrie à la montagne (XVII^{e}-XIX^{e} siècle), Histoire-Techniques.* CNRS/Université de Toulouse-Le Mirail, Toulouse.

Crew, P., Crew, S. 2002. Experimental iron working at Agorregi, 1994-1999. *In* Urteaga, M. (ed.). *La ferrería y los molinos de Agorregi. Arqueología experimental*, Diputación Foral de Gipuzkoa, Donostia-San Sebastián: 43-91

D' Elhuyar, F., 1787. Diferentes formas de trabajar el hierro. *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los amigos del País* (1786-1788). Edición facsimil de la Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y publicaciones (1985), Tomo IX: 86-91.

François, J., 1843. *Recherches sur le gisement et le traitement direct des minerais de fer dans les Pyrénées et particulièrement dans l'Ariége.* Paris.

Gallardo i Garriga, A., Rubio i Tuduri, S., 1930. *La farga catalana. Descripció i funcionament. Història. Distribució Geogràfica,* Barcelona (2ª edición facsímil, 1993).

González Tascón, I., 1987. *Fábricas Hidráulicas Españolas.* Ministerio de Obras Públicas y urbanismo. Biblioteca CEHOPU, Madrid.

Koppenaal,T.J., 1995. The documentation of Catalan furnaces an early California mission, E. Tomàs (ed.), La farga catalana en el marc de l'arqueologia siderúrgica, Govern d'Andorra: 131-138.

Laurant, A., 1995. *Des fers de Loire à l'acier Martin. Maîtres de forges en Berry et Nivermais.* Editions Royer, Paris.

Machot, P., 2000. Présentation. *In* J.M., Mouthuon, *Traité des Forges dites Catalanes, ou l'art d'extraire directement et par une seule opération le fer de des mines*, 1808, edición facsimil, Manucius éditions, París, I-VII.

Muthuon, J.-M., 1808. *Traité des Forges dites Catalanes, ou l'art d'extraire directement et par une seule opération le fer de des mines*, 1808, edición facsimil Manucius éditions, París.

Molera, P., Barrueco, C. 1983. *Llibre de la Farga.* Rafael Dalmau, Barcelona.

Morral, F.R., 1995. The Catalan "farga" in the New World (1500-1900). In E. Tomàs (ed.), *La farga catalana en el marc de l'arqueologia siderúrgica*, Govern d'Andorra: 125-129.

Pujolle, E., Machot, P., 2001. Asson et Nougarot: deux forges à la catalane en Béarn au XIX esiècle. *In. L'obtenció del ferro pel procediment directa entre els segles IV i XIX*, Patrimonio Cultural d'Andorra: 135-147.

Richard, T., 1838. Études sur l'art d'extraire immédiatement le fer de ses minerais sans convertir le métal en fonte, Paris, L. Mathias

Ugalde, Tx. 2002. Las máquinas hidráulicas de la ferrería de Agorregi(Aia, Gipuzkoa). In López Colom, M.M., Urteaga, M. (eds), *La ferrería y los molinos de Agorregi. Historia de una restauración.*Donostia-San Sebastián: Diputación Foral de Gipuzkoa: 241-284.

Uriarte, R., 1995. The Direct process in the Spanish Ironmaking during the 19th Century: Survivals and Last Improvements. In, G. Magnusson (ed.) The Importance of Ironmaking, Technical Innovation and Social Change, Norberg Conference, Jernkontorets Bergshistoriska Utskott: 375-384.

Urteaga, M., ed. 2000. *El Tratado de Metalurgia de las Comisiones Segundas de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País, 1765-1773.* Diputación Foral de Gipuzkoa, Donostia-San Sebastián.

Urteaga, M., 2018. La cultura metalúrgica del hierro en el Pirineo durante la Edad Media. *Trabajos de Arqueología Navarra*, 30: 237-262.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN: 9782813005984, doi: 10.17184/eac.9782813005984

Urteaga, M. Crew, P., Crew, S., Fluzin, Ph., Herbach, R., Dillmann, Ph., 2000. Restitution ethnoarchéologique et conduite des procédés. Forges d'Agorregi, Pays basque, Espagne. In *Arts du feu et productions artisanales*, XXe Rencontres internationales d'Archeologie et d'Histoire d'Antibes, Antibes, 53-72).

Urteaga, M., Alberdi, X., Etxezarraga, I., Martín Suquía, F., Ugarte, J.L., Urkiola, M., 2018. The *haizeola* and the origins of the «Catalan method»; the medieval iron metallurgy culture in the Pyrenees, *The Journal Archeologické rozhledy,* LXX: 421-434.

Villarreal de Berriz, P.M., 1736. *Maquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los arboles y montes de Vizcaya.* Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones de la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País, ed. facsímil ed., Madrid, 1973.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984