

MUNIBE (Antropología-Arkeologia)	n° 56	87-104	SAN SEBASTIAN	2004	ISSN 1132-2217
----------------------------------	-------	--------	---------------	------	----------------

Recibido: 2003-11-18
Aceptado: 2004-01-15

Paleometalurgia del hierro en el País Vasco Cantábrico: las *haizeolak*. Un estado de la cuestión.

Iron Paleometallurgy in the Cantabric Basque Country: the *haizeolak*. A state of the art.

PALABRAS CLAVE: Paleometalurgia del hierro, País Vasco Cantábrico, Época Romana, Alta Edad Media, *haizeola*, hornos de reducción.
KEY WORDS: Iron paleometallurgy, Cantabric Basque Country, Roman Age, Early Middle Age, *haizeola*, smelting furnace.

Iosu ETXEZARRAGA*

RESUMEN

Se ofrece un estado de la cuestión tanto historiográfico como arqueológico de la paleometalurgia del hierro en el País Vasco Cantábrico, sintetizando el conocimiento que todos estos trabajos han recuperado y a partir de él proponer unas líneas de acción para acometer futuras labores de investigación (de campo y de laboratorio).

ABSTRACT

A historiographical and archaeological state of the art of iron paleometallurgy in the Cantabric Basque Country is offered, sintetizing knowledge recovered all these studies and proposing lines of action to pursue future research work (field and lab).

LABURPENA

Kantauriar Euskal Herrian garaturiko burdin paleometalurgiaren gainean, bai historiografikoki bai arkeologikoki, egindako lanak azaltzen ditu artikulu honek, haiek berreskuraturiko ezagutza bilduz eta, berhai erabiliz, geroan sor litezkeen ikerlanei abiapuntu eta ildoak proposatuz (bai laborategi zein landa lanetan).

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en el País Vasco Atlántico, se han recuperado elementos materiales de la Segunda Edad del Hierro (s. V a.C.) que hacen sugerir el empleo de la metalurgia del hierro, ya sea en forma de objetos elaborados o como escorias del proceso de transformación del mineral, aunque no existe hallazgo alguno en torno a las instalaciones que los produjeron. Éste es el caso del poblado fortificado de Basagain, en el valle del río Oria -Gipuzkoa-, que es un ejemplo claro en ese sentido (PEÑALVER 2003). Desde estos primeros testimonios hasta los tan sonados *zepadiak* o escoriales alto y plenomedievales, existe un margen de casi veinte centurias en cuyo estudio se avanza lentamente.

La historiografía sobre la Edad del Hierro, la Época Antigua y la Alta Edad Media va siendo cada vez más prolífica, debido a que la carencia de documentos escritos producidos en estas épocas ha debido de ser suplida por el estudio de fuentes de otra naturaleza. No obstante, y aunque también se hayan realizado avances en el conocimiento de las ferrerías de monte, no parece haberse llegado a un grado de conocimiento suficiente de éstas y su contexto socioeconómico, cultural y político.

Valga como ejemplo que la transformación del hierro por medios hidráulicos es ya historiográficamente indisociable a las Épocas Bajomedieval y Moderna en el País Vasco atlántico, por la importancia vital que tiene en éstas. Han sido estudiados los factores sociales, comerciales y políticos que puedan estar implicados en el apogeo de las ferrerías y en las repercusiones que éstas tuvieron. Sin embargo, la escasez de datos recuperados de las épocas en que se documentan las *haizeolak* apenas permiten establecer vínculos entre ellas y la sociedad que las produjo.

* Dpto. de Arqueología Histórica. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga. 20014. Donostia-San Sebastián.
e-mail: arkeologia3@aranzadi-zientziak.org.

Mediante esta aportación pretendemos señalar los aspectos oscuros que aún permanecen sin aclarar en el conocimiento de la paleometalurgia, insistiendo en cuáles deberían ser las vías de trabajo en las investigaciones que en el futuro podríamos llevar a cabo.

Para ello, nos parece imprescindible partir del conocimiento de los estudios que hasta el día de hoy se han hecho públicos en el campo de la paleometalurgia del hierro. A continuación, contextualizaremos estos conocimientos en sus propios ámbitos temporales y también intentaremos perfilar una evolución cronológica y formal de estos procesos productivos y de sus impulsores.

El resultado de este análisis pretende ser una serie de orientaciones o "pistas" extraídas de los datos que hasta ahora se han podido obtener y mediante las mismas, proponer unas vías de trabajo para poder empezar a solventar algunas lagunas suscitadas en torno a esta actividad.

Antes de comenzar con el resultado del trabajo, aclaramos que este es un estudio arqueológico, por lo que únicamente se mencionarán los procesos químicos más representativos que ayuden a la comprensión del proceso.

ESTUDIOS REALIZADOS EN EL ÁMBITO DE LA PALEOMETALURGIA EN EL PAÍS VASCO ATLÁNTICO

A continuación realizamos un acercamiento a los estudios más relevantes que en torno a las *hai-zeolak* y la paleometalurgia vasca se han realizado. En primer lugar se abordarán los principales trabajos que, aunque pueden partir de trabajos de campo, pretenden dar una visión de conjunto sobre el tema. En segundo lugar, se analizarán los trabajos que pretenden el análisis de una serie de yacimientos relacionados con la producción primitiva del hierro.

Sin embargo, este primer apartado no pretende ser un análisis bibliográfico detallado, sino que intentaremos presentar un esbozo de cómo se ha estudiado la paleometalurgia vasca. Para un estudio más profundo nos remitimos al artículo de J.L. IBARRA ÁLVAREZ (1989), en el que se realiza una intensa crítica del panorama historiográfico referente a la paleometalurgia vasca. Una reflexión interesante que el autor realiza es la afirmación de que existen paradigmas historiográficos que van repitiéndose sin que existan pruebas de ningún tipo que las apoye. Este trabajo fue realizado en 1989, época en la que los trabajos arqueológicos sobre paleometalurgia estaban poco desarrollados, mientras que hoy en día estas labores han contribuido a desechar, corroborar o matizar las hipótesis iniciales.

a) *Escritos de tipo teórico:*

– Edad moderna y primeras conjeturas:

Desde el punto de vista historiográfico, se puede afirmar que desde las primeras teorizaciones acerca de las ferrerías hidráulicas, como pueden ser las de VILLARREAL DE BÉRRIZ (s.XVIII), existen vagas menciones a que "en lo antiguo es muy cierto se fabricaba el hierro a fuerza de brazos, moviendo los fuelles los hombres, y batiendo con martillos las fundiciones, que hacían, que precisamente eran pequeñas: ponían sus Fábricas en Montañas, y cualquier paraje, que fuese acomodado para carbón; [...], y se ven también en muchos parajes montones de cepa, y escoria de hierro, señales evidentes de que hubo fábricas en aquellos sitios" (VILLARREAL DE BERRIZ, 1973). En el mismo siglo, Larramendi diferenciaba entre *agorrola* ("ferrería de seco") y *zeharrola* (ferrería hidráulica) (LARRAMENDI, 1969; p. 64-65).

En el siglo XIX, los más renombrados historiadores del País Vasco Cantábrico (Bizkaia y Gipuzkoa), PABLO DE GOROSABEL y ESTANISLAO JAIME DE LABAYRU, se hacen eco de lo referente a las ferrerías hidráulicas. Durante gran parte del siglo XX, una historiografía tradicional, teñida de etnografía y antropología, mantuvo las tesis elaboradas hasta la época y relacionó los populares topónimos en euskara (como *jentilbaratza*, *jentilola*,...) con prácticas protoindustriales llevadas a cabo por gentes sin cristianizar en zonas retiradas y montañosas. La principal figura que desarrolló esta corriente fue J. CARO BAROJA.

También existe bibliografía relacionada con la minería en Gipuzkoa, como es el caso de los trabajos de THALACKER (1804) relativos a Peñas de Aia y más concretamente con LABORDE para todo nuestro territorio, a partir de los años 1950.

– La historiografía postfranquista:

El principal hito de las investigaciones sobre las ferrerías en Gipuzkoa, fue la tesis doctoral de LUIS MIGUEL DIEZ DE SALAZAR, *Ferrerías en Guipúzcoa*. En ella se realizó, con la colaboración de MARIA ROSA AYERBE IRIBAR entre otros, un análisis sistemático de la documentación existente, pudiendo establecer, aunque tímidamente por no ser el objeto de la investigación, un repaso sobre la metalurgia del hierro desde la Antigüedad hasta prácticamente el siglo XVIII, centrándose la investigación en los siglos XIV-XVI. En él se estudian diversos aspectos como la jurisprudencia, reglamentación, aspectos financieros y socio-laborales, así como datos técnicos de funcionamiento y consumo de las ferrerías.

– Estudios recientes:

Desde los años 80, los estudios sobre paleometalurgia y metalurgia medieval prehidráulica han aumentado a través de proyectos de investigación arqueológica. Sin embargo, al margen de las publicaciones que se ciñen exclusivamente a las actividades de campo, han surgido otro tipo de estudios dentro de una corriente que podríamos llamar de "difusión de la cultura".

En este sentido, cabe mencionar una de las unidades didácticas que la Asociación de Amigos del Museo del Hierro de Legazpi "Burdinola" publicó en edición bilingüe con el fin de promocionar y difundir el patrimonio cultural de este municipio. Aunque los volúmenes son varios y de temática diversa, el que más nos interesa es aquel que trata de las *haizeolak* (BURDINOLA, 1998). Es un volumen enteramente dedicado a las ferrerías de monte, en el que se tratan aspectos diferentes, desde aspectos físico-químicos y técnicos generales, a la dispersión de los restos hallados en Legazpi. No se trata de una publicación especializada (aunque aporte datos de carácter técnico), ya que se trata de unidades didácticas que pretenden dar una visión global sobre las primitivas ferrerías de monte.

Otro estudio interesante por su intento de acercamiento desde una perspectiva arqueológica es el que, en 1987, MARIA MERCEDES URTEAGA realizó en su tesis doctoral acerca de la transformación preindustrial del hierro en Gipuzkoa, trabajo defendido en la Universidad de Valladolid.

b) Actividades arqueológicas:

Los principales hitos de las intervenciones arqueológicas en el ámbito de las *haizeolak* son las que a continuación repasaremos. Sin embargo, hay que decir que son las únicas investigaciones arqueológicas que se han desarrollado en el ámbito de la paleometalurgia prehidráulica vasca. Existe alguna labor anterior, que en los años 30 del siglo XX excavó una ferrería de monte en Karrantza -Bizkaia- (CALLE ITURRINO, 1963) y otra que, en los años 50, trató de prospectar y catalogar las ferrerías vizcaínas (VICARIO, 1975)¹. No obstante, por la metodología empleada y el escaso desarrollo de las investigaciones sobre la paleometalurgia en la época, no las hemos incluido con el resto de las investigaciones.

Sin embargo, antes de pasar a presentar cada una de ellas, debemos subrayar que sólo una pequeña parte de estos yacimientos fue localizada mediante programas de investigación destinados a la identificación de instalaciones relacionadas con la transformación de hierro. La excepción a esta dinámica la suponen las campañas de prospecciones realizadas en el entorno de Legazpi y el proyecto Azcona de los años 80-90, que sí fueron orientadas a localizar los *zepadiaik* y los hornos que generaron estos escoriales.

– Forua -Bizkaia-

MARTINEZ SALCEDO, A., 1997;

MARTINEZ SALCEDO, A. & UNZUETA PORTILLA, M., 1989:

Este yacimiento de época romana está siendo excavado por ANA MARTINEZ SALCEDO desde los años 80. Se encuentra en la margen izquierda de la ría del Urdaibai, a escasos kilómetros al norte de Gernika.

En resumen, se hallaron estructuras relacionadas con actividades metalúrgicas datadas desde finales del siglo I d.C. hasta mediados del siglo IV, recuperándose los restos de 2 tipos de hornos:

- Los primeros son de planta oval o circular con cuello de botella en la boca de la instalación, con una cámara de cocción semi-enterrada, excavada en tierra batida, en la cual se introducía el mineral y el combustible conjuntamente. Como mínimo se destruía la parte frontal del horno tras la cocción para retirar el producto depositado en el fondo, lo cual produjo importantes alteraciones en la planta. Presentaba una capa de arcilla rubefactada en las paredes del horno.

- El segundo tipo de horno contaba con una cámara parcialmente excavada en el suelo, y la cubierta se constituía de tierra cocida y endurecida por la acción del calor. La base y las paredes estaban recubiertas de arcilla como en el primer tipo de hornos anteriormente señalados. También se utilizan lajas para sentar la estructura y formar parte de la cubierta. Presenta, además, una dama para alimentar el horno sin necesidad de destruirla total o parcialmente tras su uso, formada por un enchachado de guijarros.

En ambos casos, la instalación de reducción del mineral presentaba orificios o toberas por los que insuflar aire al fuego.

Junto con estas estructuras, aparecen indicios de otras instalaciones auxiliares o talleres de transformación del hierro: agujeros de poste para cubiertas y un mortero labrado en un sillar de arenisca para moler el mineral. En esta estructura,

1) Las referencias a estas dos actuaciones han sido extraídas de GORROCHATAGUI *et alii* (1995), pero no se han revisado las mismas.

aparecieron pequeños sillares y 3 lajas en cista que formaban una cámara de reducido tamaño, semienterrada y enrojecida por el calor. Estos elementos parecen sugerir el uso de este espacio como fragua, documentándose también alguna represa o canal para alimentar de agua el lugar.

Entre el material asociado se encontró bastante escoria y mineral en estado nodular o molido para su reducción.

- Aloria -Bizkaia-

CEPEDA OCAMPO, J. J., 2001:

Aloria es un yacimiento al que podemos designar (a falta de localizar más estructuras), al menos en una de sus fases, como enclave productivo, ya que se hallaron varias estructuras estrechamente ligadas, por un lado, a la transformación del hierro y, por otro, a actividades agropecuarias.

Entre otras instalaciones, se halló un complejo metalúrgico que funcionó desde finales del siglo I d.C. y durante el siglo II. Entre otros, se hallaron dos recintos relacionados directamente con la transformación del hierro. El más antiguo pertenece al segundo estadio temporal (tercer cuarto del siglo I d.C.) y fue denominado recinto W. De 8'25x7'68 m, en él se halló, además de escorias de hierro, un horno de cubeta. Como ampliación a estas instalaciones se construyó la habitación designada Y, en la que se descubrieron hasta 7 hogares y pequeños hornos, conservando uno de ellos *in situ* una de las tortas de reducción, además de una fragua. Esta nueva construcción, al igual que las ampliaciones de otros recintos, se ha datado en fechas muy tardías del siglo I. Se estima que las instalaciones dejaron de utilizarse como talleres de transformación del hierro, a lo sumo, a comienzo del siglo III (CEPEDA OCAMPO 2001, p. 50).

- Arbiun -Gipuzkoa-

ESTEBAN DELGADO, M., 1992-1998:

Estas excavaciones arqueológicas fueron llevadas a cabo por MILAGROS ESTEBAN DELGADO en Zarautz durante los años 1993-1998, a partir de las labores previas de prospección en el año 1992 que dieron lugar al hallazgo del yacimiento. Las 5 primeras campañas se dedicaron a la excavación propiamente dicha, mientras que el último año las labores se centraron en prospecciones electromagnéticas, para delimitar la extensión del yacimiento.

Los resultados de esta excavación arqueológica fueron muy significativos, ya que permitieron documentar actividades relacionadas con la trans-

formación del hierro que fueron desarrollados en el Bajo Imperio (siglos III-IV d.C.). Desde el comienzo de la extracción de tierra se fueron encontrando restos de escorias cuya cantidad se hacía más profusa conforme se profundizaba. Fueron quedando a la vista unidades constructivas basadas en una alineación de piedras areniscas (y alguna caliza que no pertenece al estrato geológico del lugar), en cuyos aledaños se habían encontrado abundantes escorias, además de restos de carbón y semillas y ramitas carbonizadas. Se halló una gran concreción de escoria, lo cual podría ser no tanto un fondo de horno como el resultado de la extracción del contenido del mismo, esto es, el resultado de la separación de la escoria y el mineral reducido. Los principales artefactos descubiertos fueron cerámicos (cerámica común no torneada y cerámica torneada aquitana), un alisador, material lítico y pequeños testimonios metálicos.

La conclusión a la que se llegó tras el análisis de los restos recuperados fue ésta: el yacimiento de Arbiun es "un lugar en el que se trabajó el mineral de hierro con técnicas arcaicas en instalaciones rudimentarias en época bajoimperial" (ESTEBAN DELGADO 1997, p. 174).

- Pantano de Loiola u Oiola -Bizkaia-

LORENZO, F., 1989, 1990;

ALDAMA GAMBOA, J. P., 1991;

PEREDA GARCIA, I., 1992, 1993, 1994:

Estos trabajos se desarrollaron en torno a un estudio arqueometalúrgico en el valle de Trapaga en los años 80, excavándose sucesivamente entre los años 1989 y 1993. Las 5 campañas fueron dirigidas por FELICITAS LORENZO, las 2 primeras, JOSÉ PATRICIO ALDAMA, la tercera, y por IÑAKI PEREDA las 2 últimas. El yacimiento se encuentra en el municipio vizcaíno de La Arboleda (Valle de Trapaga), al borde del pantano de Oiola. El hecho de que el yacimiento se situase en un territorio anegadizo por el embalsamiento del río Cuadro generó problemas a la hora de intervenir sobre los sectores que se presentaban más interesantes.

Sin extendernos en la exposición de los trabajos de campo, procederemos a mencionar los resultados de los mismos. Aunque las áreas prospectadas inicialmente fueron 4, los trabajos de excavación se centraron principalmente en dos, ya que las denominadas I y III no dieron resultados positivos. Sin embargo, las áreas II y IV generaron importantes datos. El área II, que sólo fue prospectada durante la primera campaña (debido al ya mencionado carácter del terreno), ofreció un

calce de piedra y escorias (tanto porosas como globulosas) así como una terraza artificial entre esta estructura y el río Cuadro, creada por acumulación de escoria, carbón y tierra quemada. Este hecho nos muestra, según FELICITAS LORENZO, una "intensa ocupación del suelo para transformación del mineral de metal" (LORENZO 1989). Las muestras de cerámica que fueron descubiertas en el lugar, del tipo Terra Sigillata Hispánica Tardía -TSHT- y cerámica común local -CCL-, ofrecieron una datación tipológica *post quem* al siglo IV d.C. Sin embargo, la datación radiocarbónica de una muestra de carbón vegetal ofrece una fecha de 211±40 d.C. En otro sector de esa misma área, en el lugar donde el río Cuadro y el arroyo Cárcavas se unen, se descubrió un muro de dimensiones y factura realmente importantes, que podrían pertenecer a una presa, además de lo que la autora (LORENZO 1989, p. 80) denomina hornos de fundición de cúpula.

El área IV se prospectó y excavó durante 5 campañas (1989-93). Durante las mismas se localizaron hasta 9 hornos diferentes, también con distintas funciones. En líneas generales, los restos de los hornos son de tendencia ovalada y están fabricados con areniscas que en su cara interior se muestran alisadas, mientras que en el exterior son más rugosas. Respecto a las técnicas de cocción, que han sido estudiadas a partir de los residuos rescatados, no parece existir el uso de carbonatos (LARRAZABAL GALARZA, 1997, 104) y las escorias extraídas son de tipo globuloso, lo que indica un estadio poco avanzado de la metalurgia. El mineral empleado es la hematites. No obstante, no son éstos los únicos restos reconocidos ya que también se han identificado:

- otros hornos de tipo más artesanal (que pueden corresponder a hornos de forja o afinado),
- un agujero de poste (que podría corresponder a la base de una estructura de cubierta),
- una concentración de carbones (que podría ser una carbonera) y un hogar en un círculo de piso interior de tierra rojiza muy compacta que podría tratarse de un fondo de cabaña circular.

Las cerámicas encontradas están fabricadas a torno con líneas incisas o acanaladas en bandas horizontales localizadas en la parte alta del cuerpo datables tipológicamente en siglo XII-XIII. Sin embargo, la cronología absoluta aportada por las muestras de los hornos de los cuadros 2C-2D-3C-3D situó el uso de esas instalaciones en el siglo XI (c. 1086).

Como resumen, hemos de apuntar que la principal característica de este yacimiento es que indica el uso de la tecnología de las *haizeolak* en diferentes momentos históricos en un mismo espacio, eso sí, sin muestras de continuidad entre ambas.

- Proyecto Azkona -Encartaciones, Bizkaia-

MARTIN IZQUIERDO, I., 1991;

GORROCHATEGUI, J., *et alii* 1995:

El proyecto Azkona fue un intento de acercamiento a la paleometalurgia del hierro en Bizkaia, en el que participaron numerosos especialistas. Uno de los frutos más importantes del mismo fue la localización de más de 35 *zepadlak* o escoriales que atestiguan labores de reducción de mineral férrico.

Dentro de este proyecto de investigación paleometalúrgica en la zona de las Encartaciones, se realizaron varias intervenciones, de las cuales destacamos dos: las *haizeolak* de Tresmoral 6 e I Iso Betaio. La primera se sitúa en el macizo Alén, entre Garape- Sopena y Trucios, a media ladera, en una zona de notable presencia de escoriales y su excavación fue dirigida por INMACULADA MARTIN IZQUIERDO en 1992. Se descubrieron dos hornos de reducción de 0'8x1'7 m y 33 cm de profundidad el primero de ellos y, el segundo, de 1x1'40 m y 60 cm de profundidad. Ambas estructuras están excavadas en la arcilla natural, cuyas paredes estaban sobreelevadas de la cubeta por medio de 3 hiladas de piedras areniscas. El relleno lo formaban capas alternativas de carbón y mineral de hierro (hematites) pulverizado. La arcilla del interior de las instalaciones se encontraba cocida por la alta temperatura.

La ferrería de I Iso Betaio fue excavada por J. GORROCHATEGUI & M.J. YARRITU a finales de los años 80, como excavación complementaria de la del poblado del Calcolítico Final - Bronce Antiguo situada en las cercanías. Se identificó un primer horno, de reducción, redondeado y construido mediante piedras areniscas, que no eran del lugar. Debido a que no se conservaba en buen estado, no fue de gran utilidad para un análisis más profundo. Se hallaron otras dos estructuras de trabajo, que se corresponden a hornos de calcinación. Una de ellas tenía las paredes de piedra y escoria (lo cual atestigua una actividad anterior a su construcción). Las medidas de este horno son 2'4x1'6 m y 40 cm de altura y su eje mayor se orienta hacia los vientos dominantes, encontrándose a su vez relacionado con el horno de reducción. El horno de calcinación 1 es de composición diferente, ya que carece de paredes y en su lugar se encon-

traron unas lajas de arenisca, que se encontraban agrietadas por causa del intenso calor. En el momento del hallazgo estos hornos contenían aún mineral de hierro, hematites y carbón, lo que atestigua su uso como instalación para eliminar la humedad del mineral y desmenuzarlo.

Los estudios antracológicos han permitido señalar las especies vegetales empleadas en los procesos industriales para los que sirvieron estas instalaciones excavadas: en primer lugar, se sitúa el haya con un 89'69% de las muestras, en segundo lugar el roble con un 6'18% y el resto son otras especies. Los estudios palinológicos parecen demostrar un retroceso en la superficie de haya durante la etapa de formación de los sedimentos que se relacionan a los hornos. Las dataciones de los carbones nos sitúan la fase más primitiva del uso de este enclave entre la segunda mitad del siglo X y el siglo XI.

Debe hacerse mención a que los alrededores de esta zona fueron prospectados en la misma campaña, localizando una zona de habitación de época histórica y un área de carboneo, cuyas funciones y épocas están aún por determinar, así como otras 23 ferrerías de monte.

- Legazpi/Mutiloa/Zerain -Gipuzkoa-

ARBIDE, I., & URCELAY, M. J., 1995;
URKIOLA, M., 1997A 1997B;
UGALDE, TX., 1992;
URTEAGA, M., 1993, 1996, 1997

Las investigaciones sobre metalurgia preindustrial en esta zona fueron llevadas a cabo por Burdinola (Asociación de Amigos del Museo del Hierro de Legazpi) y Arkeolan, desarrollándose entre otras actividades la excavación de estas *haizeolak*. Numerosos especialistas han intervenido en la dirección de las labores de campo (TXOMIN UGALDE, MARIA MERCEDES URTEAGA, etc.).

Aunque a veces se asocie y equipare el término *zepadi* o escorial al de *haizeola*, hay que decir que de las dos docenas de *zepadiak* que se han excavado en Legazpi (los de Otaño, Teniola, Troi,...), sólo en uno de ellos se ha descubierto el horno de reducción del mineral. Las excavaciones no han dado material asociado de un valor importante, salvo la agoa que se encontró en el interior, hierro resultante del proceso. Sin embargo, los profundos análisis de los vientos dominantes, las escorias, las vías de comunicación tradicionales, etc. fueron muy rigurosos en este proyecto, lo que sienta una base que no sólo sirve para comprender la técnica y el funcionamiento de las *haizeolak*, sino sobre todo los factores de localización.

Cabe mencionar otro caso, el de **San Esteban de Goiburu -Andoain, Gipuzkoa-** (PÉREZ CENTENO 2000, 2001), que aunque no se ha extraído ninguna prueba concluyente de que se trate de una factoría de transformación del hierro, el mineral tan puro (oligisto micáceo o especular), las escorias y restos de hierro trabajados que se recuperaron en las prospecciones podría hacer pensar en que efectivamente nos encontramos ante una *haizeola*. El material asociado a estas muestras no es muy variado pero sí concluyente, ya que se extrajeron fragmentos de cerámica de relativa entidad y diferente datación tipológica. Unas fueron datadas en la IIª Edad del Hierro, mientras que las otras pertenecían a Época Bajoimperial romana. Las dataciones absolutas (por C14) confirmaron este último extremo. Sin embargo, a falta de más datos sobre este yacimiento, no podemos realizar aún ninguna valoración sobre su representatividad, sino únicamente tenerla como referencia.

Por último, y sin querer extenderme en este aspecto, ya desde mediados del siglo XX (incluso anteriormente) existen trabajos a lo largo de Europa que tratan de estudiar la paleometalurgia del hierro, tanto en la Prehistoria reciente (Hierro I y II) como en época clásica. La mayoría de ellos se centran en trabajos sobre técnica, análisis de los sistemas de reducción y trabajo, etc., basados muchas veces en nuevos hallazgos arqueológicos. Cabe mencionar entre sus autores a TYLECOTE, DOMERGUE o MOHEN.

SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO GENERADO A PARTIR DE ESTAS INVESTIGACIONES

a) Descripción general de la actividad metalúrgica:

En este apartado, en primer lugar daremos una visión global y breve de qué es una *haizeola* y, en segundo lugar, intentaremos realizar un esbozo de las características más concretas tanto en su morfología como en su evolución temporal.

Una ferrería de monte es aquella instalación de transformación del mineral de hierro a materia prima forjable, consistente en uno o más hornos de reducción y en la que la fuerza humana es el elemento de transformación de la lupa (masa de hierro incandescente) resultante. El distintivo "de monte" empleado tradicionalmente proviene de que la memoria colectiva sólo ha conservado el vago recuerdo de aquellas que se desarrollaban en las zonas montañosas. Durante las últimas décadas se han encontrado este tipo de instalaciones en otros lugares que no se emplazan en este

medio. Por tanto, como *haizeola* designaremos aquellas instalaciones preindustriales para la transformación del hierro que no emplean fuerza hidráulica, sea cual sea su ubicación; eso sí, respetando su denominación tradicional. Otro de sus nombres en euskara es el de *agorrola* (ferrería de secano), término que describe perfectamente su principal diferencia con las de agua.

Se considera que la metalurgia del hierro se comienza a desarrollar en la zona pirenaico-cantábrica a mediados del primer milenio antes de nuestra Era. Las instalaciones primitivas apenas variaron, por lo que se sabe, desde aquella época hasta la Plena Edad Media (s.XIII d.C.). La transformación del hierro que en ellas se realizaba requería tres pasos: la preparación de la materia prima, el proceso químico de reducción y el afinado final.

La **primera fase** es aquella en la que las materias primas extraídas del medio natural van a ser acondicionadas para el proceso. El combustible (carbón de leña) debe ser preparado y transportado (el orden de estos factores no está muy claro) hasta la zona de transformación (pudiendo ser o no almacenado en ambientes creados *ex profeso*). Los análisis antracológicos realizados en la ferrería de monte de Oiola IV han aportado una gran variedad de especies empleadas como combustible y no parece existir una selección para su empleo en una u otra fase. El mineral de hierro debe ser triturado y limpiado para asegurar una mejor reacción al calor, además de ser posteriormente secado y preparado mediante hornos de tostación. En el caso de los carbonatos la tostación provoca la oxidación del hierro contenido en el mineral, para que pueda ser reductible. Si se fueran a emplear fundentes (cenizas de helecho, cal,... que implican una alta presencia de CaO en las escorias), también deben ser debidamente tratados. Esta enumeración recoge las actividades del proceso íntegro, aunque algunos componentes o métodos pueden ser obviados, atendiendo a la sofisticación técnica de los "ferrones".

La **segunda fase** es la fase más importante del proceso, ya que es aquella en la que se produce la mayoría de las transformaciones químicas en la materia prima. El combustible y el mineral (con el fundente opcional) se introducen en capas alternas en el fondo del horno de reducción. La alta temperatura generada por la combustión provoca la alteración de los distintos componentes, de forma que al final del proceso se distinguen dos tipos de sustancias: los desechos (escorias) y el metal de hierro (que conoce diferentes nombres, como *agoa* o *bloom*).

Los hornos para la reducción primitiva de hierro que se han documentado son de tipos variados tanto en Europa como en otros continentes. En la vertiente cantábrica del País Vasco, según los indicios que se han recuperado, parece que es el horno bajo galo-romano el que ha perdurado desde el cambio de Era hasta la aparición de las ferrerías hidráulicas o *zeharrolak*. Estos hornos se componen de unas cubetas excavadas en el terreno natural, rematadas con muros fabricados con materiales refractarios (arcilla, piedra, sobre todo arenisca, y a veces incluso se utilizaban tablas lúgneas para recubrirlos por el exterior). Podían tener o no toberas (pequeñas conducciones cilíndricas en las paredes) para insuflar aire al interior mediante soplo o barquines, y una abertura o dama (cuya boca podía ser eliminada y reconstruida) para extraer el mineral reducido y dejar salir la escoria líquida. Su planta tendía a ser ovalada, de aproximadamente 1x1'5m, excavándose en el terreno unos 30cm. Sin embargo, a medida en que se llegaba al cuello de la construcción, ésta se iba estrechando, de forma que el tiro era una boca de unos 25 cm. El borde podía no ser uniforme, de forma que una parte fuera más alta que la otra, orientándolo hacia el viento dominante para mejorar la combustión y alcanzar mayores temperaturas. No obstante, este último aspecto es mera especulación ya que, además de no haberse encontrado ningún horno en las condiciones idóneas para probar este aspecto, el papel del viento frente al de los fuelles está aún por determinar.

Un horno de este tipo podía alcanzar los 1.200-1.300°, por lo que difícilmente podía alcanzar el punto de fusión del hierro (1.400°C), obteniéndose el producto en un estado pastoso. No obstante, las escorias sí llegaban a un estado líquido y se piensa que las *haizeolak* se colocaban en una superficie inclinada para facilitar su evacuación (PEREDA GARCIA, 1992). Aunque MARTINEZ SALCEDO (1996) indica que algunos estudios en hornos de reducción de Época Romana en la Galia necesitaban de fundentes (cenizas de helecho) para poder evacuar las coladas de escoria, los análisis de escorias que se han realizado parecen desechar este extremo en nuestro entorno. Desde el punto de vista químico los desechos que producen estos hornos no han mostrado una cantidad superior de cal a la que el combustible aporta por sí mismo (ARBIDE & URCELAY, 1995; LARRAZABAL GALARZA, 1997, p. 104).

La **tercera fase** es decisiva para la calidad del producto y es la etapa en la que los "ferrones" terminan de depurar el producto, lo compactan y, tras un proceso de carburación, terminan de forjar el hierro para obtener tochos o lingotes.

El producto resultante (agoa) es extraído del horno por la dama o destruyendo parcialmente un lado de la pared o la cubierta y aún debe ser depurado de los residuos sólidos que lo acompañan. Este proceso se realiza con la fuerza de los brazos e intentando mantener el hierro a una temperatura importante. Aunque en algunos trabajos vemos citado el uso de batanes de madera para ello (BURDINOLA, 1998), algunos manuales de forja² nos indican que el uso de estas porras lígneas se recomienda en lupas de metal a una temperatura mayor a los 1.400°C. Esta actividad produce una dispersión de pequeñas concreciones de compuestos de hierro en forma de gota o "lágrima" en torno al yunque sobre el que se golpea la agoa. Además, la presencia de escamas de magnetita es interpretada como una evidencia de esta actividad, ya que el repetido recalentamiento de la lupa de hierro tiene como resultado una oxidación de su superficie que es desprendida por causa del

martilleo (en forma de hojuelas). En la ferrería de monte de Oiola IV ha sido documentada esta sustancia en un depósito cercano al horno nº 3, interpretada como fragua (horno de forja).

El caso de los yunques es algo particular, ya que aunque se haya teorizado al respecto, no se ha realizado ningún hallazgo en el ámbito territorial que nos compete. PEREDA GARCIA (1994) sugiere que pudieran haberse empleado grandes piedras o quizá bloques de madera revestidos de hierro (el autor señala que el yunque de hierro se generalizó en época posterior).

Tras la primera forja debe realizarse un período de carburación, en el que el producto se mantiene a unos 900° de temperatura, cubierto de carbón, provocando la transformación del hierro en acero. A mayor contacto entre la lupa (masa de hierro incandescente) con carbono, mayor calidad de la aleación. Después se realizaba el afinado, que puede hacerse en una herrería o forja, ya fuera de las instalaciones de reducción. Este proceso convierte esa masa informe y semiacabada en tochos trabajados mediante el recalentamiento de la pieza, provocando un nuevo contacto continuado con el carbón que la mantiene a una temperatura adecuada. Este último paso se conoce con el nombre de segunda forja.

Los factores que condicionan la instalación (viabilidad) de una *haizeola* son, por citar los fundamentales (sobre todo en caso de las instalaciones al aire libre), la cercanía del coto minero, la orientación hacia los vientos dominantes, la presencia de vías pecuarias u otro tipo de vías de comunicación y la accesibilidad al combustible. También parece ser importante la existencia de algún curso fluvial en las inmediaciones para el lavado del mineral. Se puede decir que los enumerados son los factores más aparentes. Sin embargo, ante la cantidad de lagunas y contradicciones que aún existen en torno a estos aspectos no podemos dar por sentadas estas hipótesis.

Algunos autores afirman que el acarreo de mineral de hierro debe ser mínimo ya que ello elevaría los costes de producción y haría inviable la actividad. No obstante, se han documentado una serie de yacimientos (como Arbiun o Forua) en los que el mineral no parece encontrarse en zonas cercanas. Por tanto, aunque no rechazamos la vigencia de esta hipótesis, sí ha quedado relativizada por estas contradicciones. Es posible que exista algún otro factor (podría ser externo a las propias actividades de transformación) que minimice la importancia del acarreo del mineral. Aún teniendo en cuenta este aspecto, cabe señalar que las

2) La forja es el trabajo de los metales en estado plástico, aunque no todos los metales son forjables, ya que no todos son plásticos. Consiste en la transformación del metal por medio de compresión entre dos superficies de acero, una de las cuales se mantiene fija y la otra es la masa móvil (martillo o pilón) que es la que incide. El golpeo produce una desaglutinación de la materia a trabajar, de modo que sus átomos o moléculas son despedidos hacia los lados y es así cómo se da forma al producto. Son muchos los factores que entran en juego a la hora de trabajar el hierro mediante la técnica de la forja.

La temperatura y, por tanto, la elasticidad o el estado físico (sólido o líquido) del producto a elaborar condicionará al resto de los elementos. Podemos tomar como ejemplo que una lupa de hierro demasiado líquida sometida al impacto de un martillo demasiado grande o pesado la desharía, mientras que un producto demasiado frío apenas sufriría cambios y podría dañar la maquinaria, ya que por un lado el yunque no puede absorber un golpe de gran potencia, y por otro el martillo rebotaría, realizando un trabajo mínimo por el escaso tiempo de impacto. En este caso se recomienda, a partir de 1400° C, el uso de martillos de madera dura y, para temperaturas inferiores a 500°, se debe volver a calentar la pieza. Por otro lado, el propio golpeo incide positivamente en el proceso de forja en otro aspecto: el martillo que cae sobre el metal ayuda a conservar la alta temperatura durante más tiempo, ya que la energía dinámica se convierte en calor. Por otro lado, una mala instalación de la maquinaria, el yunque, etc. puede causar una pérdida de potencia, ya que esa energía almacenada en la masa móvil se transforma con el choque en el trabajo de deformación de la pieza, en el calor que se acaba de mencionar, en potencia viva restituida al martillo (rebote) y en la que se pierde en la masa de apoyo, deformación de aquella y del martillo y en vibraciones sonoras y elásticas.

También se debe tener en cuenta el tamaño de la masa móvil (martillo), ya que un martillo de grandes dimensiones que actúa sobre una pieza pequeña la aplasta como una prensa. VV.AA. (1991).

instalaciones que no suponen una excepción (Oiola, Otaño y Aloria) no se sitúan en torno a las extracciones, aunque sí en las cercanías. La explicación que se ha dado por parte de algunos investigadores es que "el combustible tiene que ir a buscar al mineral", ya que la gran cantidad de carbón que consumían las ferrerías de monte "obligaba a los ferrones procurarse la leña en lugares cada vez más alejados" (ARBIDE, URCELAY 1995). Esta afirmación implica una deforestación muy alta y explícitamente nos hace pensar en una movilidad de las instalaciones por agotamiento de recursos. Lo que no afirma el autor, ni queda patente en ninguna de las investigaciones realizadas, es si el carboneo se hacía en torno a la instalación o si lo que se transportaba era el carbón ya elaborado para evitar el acarreo de leña (se han encontrado carboneras tanto en Otaño como en Oiola IV). Ante tales incógnitas podría ser un poco apresurado y peligroso sistematizar las localizaciones bajo tales "fórmulas", ya que ha quedado claro que existen excepciones a esas normas.

La orientación hacia los vientos también es un factor que debe tenerse en cuenta según algunos investigadores, ya que la mayoría de las *haizeolak* descubiertas se sitúan en altura, ya sea media o alta, en laderas abiertas o vaguadas y collados (BURDINOLA, 1998; ARBIDE & URCELAY, 1995). Sin embargo, la situación del País Vasco en el fondo del Golfo de Vizcaya determina en gran medida la fuerza y la dirección de los vientos y habría que tener en cuenta la combinación de estos dos factores en el caso de las *haizeolak*. El resultado del registro diario de vientos dominantes en el período 1987-1992 en el entorno de Legazpi nos muestra la dirección pero no la intensidad del aire. Según URIARTE (198?, 1987) la meridionalidad del País Vasco dentro de las latitudes medias provoca que sea en invierno cuando más afectan los vientos, mientras que en verano el anticiclón de las Azores crea una situación de estabilidad en la que los flujos de aire son poco intensos. Añade el autor que es en primavera y otoño cuando el tiempo se hace más imprevisible, alternándose vientos del sur (secos y cálidos) con vientos del norte (húmedos y frescos). Además, haciendo referencia a la intensidad de las corrientes de aire, afirma que la situación del País Vasco provoca que su litoral sea poco ventoso. Aunque existan pocos períodos de calma (el 7%), en general predominan los vientos flojos (el 61'6%), mientras que los vientos moderados no superan el 27'3%. El porcentaje de vientos fuertes es de relativa frecuencia (el 4'1%)³.

3) Estos porcentajes han sido extraídos de URIARTE (198?, p. 3).

Estas mediciones muestran una tendencia general en el litoral cantábrico en el que encontramos yacimientos donde se documenta la transformación de hierro de época romana y medieval (Oiola, Forua y Arbiun). La unidad climática que en general se observa en la vertiente cantábrica del País Vasco, nos lleva a pensar que en zonas del interior (Otaño y Aloria) podríamos contar con un régimen de vientos similar (RUIZ URRESTARAZU & GALDOS URRUTIA, 1989, pp. 55-67). Por tanto, se nos presentan unas excepciones que pueden hacernos matizar el papel que presenta la ventilación natural en el proceso de reducción de las *haizeolak*. La ventilación del horno no se verá asegurada si el viento no es el suficiente. Por tanto, existen datos que nos pueden hacer matizar el papel de las masas de aire de la atmósfera en el proceso de reducción, mientras que aún queda pendiente determinar los aspectos relativos al uso de fuelles como instrumentos de ventilación artificial.

El aprovisionamiento de combustible ha sido estimado por algunos como clave entre los demás factores de localización. Sin embargo, hay que reconocer que teniendo en cuenta el carácter boscoso de la vertiente atlántica del País Vasco, tanto hoy día, y mucho más en Épocas Antigua y Medieval (ver DIEZ DE SALAZAR, 1983, y sobre todo ARAGON RUANO, 2001) la fuente de energía de combustión no sería un problema importante. Aunque la presión sobre la misma comienza ya en el Neolítico relacionada más con la agricultura y la ganadería que con usos preindustriales, son las ferrerías, ya hidráulicas, y los astilleros los grandes consumidores y deforestadores a partir de la Baja Edad Media. La presión ejercida por las primitivas ferrerías de monte era mucho menor pero no debe descartarse la posibilidad de una movilidad en función del agotamiento del área boscosa circundante al horno(s).

b) Particularidades tipológicas de las instalaciones documentadas:

Habiendo establecido una idea general de qué es lo que se conoce como *haizeola*, en lo sucesivo daremos una descripción de las características que parecen mostrar en cada yacimiento, tendiendo a subrayar tanto las tendencias generales, como las particulares. Hemos realizado una clasificación que responde a la necesidad de ordenar los datos extraídos del análisis comparativo de los resultados.

- La forma del horno:

Como ya hemos dicho, presentan una tendencia circular u ovalada en planta, aunque existen variantes en otros aspectos. Predominan tres tipos de hornos. En primer lugar se encuentra el más rudimentario, que aparece al menos (no existen datos de los hornos bajoimperiales de Oiola) en Otaño. Se trata de una cubeta excavada en la arcilla del terreno y cuyas paredes están hechas del mismo material. Este horno debe ser destruido, al menos en uno de sus frentes, para poder extraer el producto, ya que no posee abertura o dama alguna para realizar esta operación.

Por otro lado, nos encontramos con un horno construido mediante otro tipo de materiales, que lo hacen más sólido (piedras, lajas de piedra y escorias), pero que está constituido para ser deshecho en una de sus caras, al igual que el anterior. Desde el punto de vista del registro arqueológico, este tipo de hornos se caracteriza por mostrar alteraciones en su trazado original y sobre todo en uno de sus frentes, de modo que no se suele conservar el óvalo completo en planta. Al reintegrar las paredes de la instalación para repetir la operación de reducción, se suelen reutilizar los materiales y es por eso por lo que podemos encontrar escorias en ellos.

La tercera variante de horno es la que no ha de ser constantemente modificada para su uso, ya que presenta un orificio para la salida de escorias y la retirada del producto metálico resultante del proceso. Esta abertura consiste en un enchado de piedras menores que puede ser fácilmente restituida. El horno suele presentar piedras, sillares o lajas, tanto en sus paredes como, en ocasiones, en su cubierta.

Sin embargo, no todos los hornos descubiertos son de reducción, ya que se ha localizado alguno de calcinación (Tresmoral 6 e Iiso Betaio) y otras estructuras que se han identificado como fraguas (Oiola IV, Forua y Aloria). Su clasificación en uno u otro grupo resulta bastante dificultosa y ello queda patente en las reservas que parecen ofrecer algunos arqueólogos a la hora de la atribución (PEREDA 1994, p.122).

- Instalaciones para la transformación del hierro:

Existen dos grupos claros. En primer lugar están aquellas instalaciones al aire libre que, aunque pueden contar con alguna edificación auxiliar de escasa entidad (que nos puede llegar en forma de agujeros de poste), no disponen de edificaciones expresas que funcionen a modo de talleres. Como

ya se ha indicado con anterioridad, los hornos que se asocian a estas instalaciones parecen aprovechar la pendiente del terreno y el viento predominante, por lo que su incorporación a una construcción podría dificultar estos aspectos. Las diferentes actividades (el lavado del material, la posible calcinación, la reducción y la afinación o forja) se realizan en las inmediaciones, aunque no es posible determinar con qué dispersión, ya que aún no conocemos patrones de su organización interna.

Por otro lado están los talleres propiamente dichos, esto es, las edificaciones destinadas a la transformación del hierro, en el interior de los cuales se llevan a cabo las labores de reducción y afinación de la materia prima. Parecen presentar amplios vanos para la ventilación del recinto. En el caso de Aloria, se ha interpretado que el alzado de las paredes no fuera continuo (CEPEDA OCAMPO, 2001, pp. 57, 60). Es de suponer, y así lo muestran las interpretaciones realizadas, que se contase con otros establecimientos destinados al almacenamiento del mineral y el carbón, así como del producto resultante.

No se sabe mucho más allá acerca de la organización interna de los complejos productivos, ya que no en todas las instalaciones se han identificado todas las fases de la transformación del hierro. Por ello, tampoco podemos saber con exactitud si el área de excavación integraba o no todas ellas. Es por ello que la perspectiva del análisis puede resultar algo difuminada: puede ser que no se hayan localizado todas ellas por su distribución dispersa, o por el contrario se debe a que el método empleado por los "ferrones" en estos espacios obviaba alguno de los pasos (por ejemplo, la tostación, la limpieza del material o la segunda forja).

- Localización de las instalaciones:

En las líneas iniciales de este apartado ya se ha realizado una panorámica acerca de la localización de las ferrerías de monte. Desde este punto de vista también se perciben dos tendencias en su situación: la primera es la que tendería a una localización en un medio agreste y en altura, relacionada con las instalaciones más rudimentarias, y la segunda es la que parece inclinarse por una ubicación a fondo de valle, relacionada con los núcleos vertebradores del territorio.

El papel que juegan las materias primas en la localización de las *haizeolak* ya las hemos descrito anteriormente. Hemos indicado que en líneas generales parecen encontrarse en zonas cercanas a los recursos, pero la existencia de algunas excepciones no parecen convertirlas en factores clave.

- Proceso productivo:

Existe una traba a la hora de realizar este análisis, por las mismas razones anteriormente mencionadas en referencia a las instalaciones. El hecho de que no se hayan recuperado todas las infraestructuras que debieran servir a ese proceso productivo ideal anteriormente descrito en una misma instalación paleometalúrgica dificulta realizar afirmaciones en torno a tipologías o a cambios tecnológicos. Quizás el objeto de las instalaciones tampoco era abarcar todas las fases. Este aspecto queda aún por aclarar.

Por todo ello, el objeto de análisis del proceso productivo serán aquellas variables que intervienen directamente en la fabricación del producto: el combustible, el mineral y el instrumental de trabajo. No es competencia de este trabajo desarrollar las fórmulas de obtención de carbón (el carboneo), mas es imprescindible mencionar los aspectos que de este combustible se presentan en el registro arqueológico. Así, dada la gran utilidad de la leña quemada para las dataciones absolutas (por C14) es un elemento muy valorado por los arqueólogos. Sin embargo, con intención de concretar las técnicas de fabricación de hierro se han realizado estudios antracológicos, mediante los cuales se puede establecer, por ejemplo, la especie empleada. A partir de estas informaciones es posible establecer otro tipo de datos, como puede ser el peso por cm^3 y, por tanto, su densidad. Por comparación con baremos ya establecidos, se puede deducir además la temperatura a la que se ha fabricado el carbón y otros datos secundarios (este tipo de comparaciones las realiza puntualmente DIEZ DE SALAZAR -1983, p. 138-).

Desde un punto de vista teórico, se observa que la madera que genera un carbón óptimo es la de roble (DIEZ DE SALAZAR, 1983, p. 139; ARAGON RUANO, 2001, p. 99). Es posible que la actividad productora de las *haizeolak* no fuera lo suficientemente intensa para permitir una comparación entre productos que pudiera llevarles a esta conclusión. De hecho los estudios antracológicos hechos públicos hasta ahora, los de la excavación de Ilo Betaio (realizados por L. ZAPATA), nos indican un uso mayoritario de *fagus silvatica* (haya) en las labores de transformación del hierro. Sin embargo, tampoco este dato parece concluyente, ya que la localización de la ferrería en una altitud en la que se atestigua un piso vegetal de hayedos desde época prehistórica (gracias a estudios palinológicos realizados por M. J. IRIARTE) parece ser la expli-

cación más convincente para ello⁴. El roble se sitúa en cotas inferiores por lo que su acarreo implica mayores incomodidades que el aprovechamiento de la masa arbórea circundante.

Los análisis antracológicos realizados sobre las muestras de carbón recogidas en la ferrería de monte Oiola IV nos muestran una situación parecida a la que se acaba de describir. En este caso el piso vegetal (potencial) en el que se ubica el yacimiento es predominantemente de roble y gran parte de las muestras pertenecen a esta especie, aunque la presencia de haya, aliso avellano, etc. también es representativa. Tras los análisis realizados y ante los datos que produjeron, (L. ZAPATA, 1993, p. 112) afirma que, por un lado, no parece que se llevara a cabo una selección de madera para el combustible y, por otro, que no permiten realizar la asociación actividad/madera, ya que la variedad que mostraban los hornos era similar en todos los casos.

Respecto al mineral empleado para la depuración, la variedad del mismo es bastante significativa, y aunque se primen unos sobre otros (por la proporción del hierro contenido) se ha hecho uso de todos ellos. La magnetita (Fe_3O_4) es el mineral de hierro más puro, aunque su carácter compacto lo hace irreductible. La hematites roja u oligisto (Fe_2O_3) es el mineral más puro empleado en ferreñas de monte. Aunque la limonita o hematites parca ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{NH}_2\text{O}$) contiene una mayor proporción de hierro (un 60% frente al 48'2%) que los carbonatos (sideritas, CO_3Fe), se ha empleado en menor cantidad. En caso de este último mineral, es preciso realizar una primera fase de calcinación previa a la reducción (BURDINOLA, 1998, p. 24).

Por último, es necesario que realicemos un pequeño apunte acerca del instrumental de trabajo empleado en el proceso de transformación del hierro. El análisis de las herramientas es algo que a día de hoy algo no es posible realizar, ya que no poseemos más que un elemento para ese trabajo. Fue en Forua donde se localizó el, hasta ahora, único ejemplar que se ha recuperado, un mortero para el desmenuzamiento del mineral. Al no tener otros elementos que tomaran parte en la cadena técnica operativa u otros ejemplares del mismo tipo para una catalogación tipológica, la información más sugerente que nos aporta es que el taller donde se halló no sólo funcionó como taller de reducción, sino que también se llevaban a cabo actividades de preparación de las materias primas.

4) Los datos antracológicos y palinológicos han sido extraídos de GORROCHATEGUI *et alii* (1995) y ZAPATA (1993).

- Residuos (zepadiak):

Dentro de las acumulaciones de escorias o escoriales (*zepadiak*), podemos distinguir dos tipos. Aunque el criterio de diferenciación es ciertamente relativo, ante los datos ofrecidos, es la abundancia de materiales la que parece discriminadora. Una gran acumulación de escorias podría responder a un uso continuado de los hornos, mientras que la aparición de pequeños núcleos de escorias podría suponer un uso restringido en el tiempo, ya que el espacio no ha tenido que ser liberado de los residuos que entorpecieran el trabajo.

Sin embargo, se han encontrado escoriales de gran envergadura (7.500m²), fruto de un acarreo de coladas de desperdicios de un taller a 200m de distancia (SANCHO I PLANAS, 1997, p. 71). Es, por tanto, razonable pensar que la escasa potencia y densidad del estrato formado por escorias en los ambientes destinados a la producción sea fruto del desalojo de las mismas. En este caso el *zepadi* se encontraría en un lugar del entorno que no constituyera un obstáculo a la actividad.

Los análisis han mostrado dos tipos de escorias. En primer lugar encontramos los residuos del proceso de reducción que permanecen en el horno y no son evacuados naturalmente, sino que son retirados al final de la actividad antes de dar comienzo a otra hornada. Son magnéticas y ricas en hierro, lo cual explica su color rojizo o incluso ocre. Son irregulares y muestran fracturas y huecos a causa de la combustión y la desaparición del carbón que las compone. En segundo lugar están aquellas escorias coladas durante el proceso químico, de color negro brillante, de escaso tamaño (fracturadas por un enfriamiento rápido). Suelen contener ramitas o trozos de carbón que recogen a su paso.

El análisis de estos residuos puede aportar al arqueólogo abundante información del proceso productivo. La proporción de hierro en las escorias implica un mayor o menor avance técnico a la hora de extraer su riqueza al mineral y la presencia de distintas sustancias, uno u otro ingrediente en el proceso. Estas *zepak* se componen de aluminas y silicatos (además del propio hierro), conformando un alto porcentaje de su composición. Sin embargo, de la presencia de otros elementos minoritarios (como el caso de la cal, que ya se ha analizado) podemos deducir el empleo de sustancias añadidas intencionadamente buscando un efecto concreto.

c) Propuesta de evolución cronotipológica de las áreas de producción:

Se han apuntado los datos particulares que rodean a los descubrimientos realizados en dichas actividades arqueológicas. Sin embargo, debemos preguntarnos el por qué de la variedad que nos presenta esta visión panorámica de las *haizeolak*. Todos estos factores parecen relacionarse mediante un mismo hilo conductor: la intencionalidad. Se ha demostrado que el proceso que sufre la transformación del hierro en el País Vasco Cantábrico hasta la irrupción de la maquinaria hidráulica no es ni lineal ni homogéneo y que el contexto -económico, social y político- ha condicionado la actividad en cada época. Estas circunstancias provocan una determinada respuesta del ser humano ante sus necesidades y, por tanto, las actividades que realiza revelan una intencionalidad concreta.

- Época altoimperial (siglos I y II d.C.):

La transformación del hierro se produjo en talleres vinculados a otras instalaciones productivas (de carácter agropecuario) y en edificios construidos o acondicionados para tal efecto. La reducción se realizaba por medio de varios hornos (en Aloria se ha documentado toda una batería de hornos), de los cuales se puede afirmar que estuvieron destinados a un uso frecuente, y no para una sola hornada. Este hecho es confirmado por la aparente mejora de las instalaciones de trabajo que parece documentarse tanto en Forua como en Aloria: en el primer caso se introduce una mejora técnica en los hornos que permite una mínima destrucción de sus paredes a la hora de retirar la agoa (hornos de lajas de piedra y dama), mientras que en el segundo caso hay una ampliación de las construcciones para albergar una mayor actividad metalúrgica.

Esta afirmación desemboca en una aparente contradicción que nos lleva a plantear una hipótesis: el hecho de que una actividad de reducción continuada no haya producido una cantidad exagerada de desechos (escorias) nos lleva a pensar en una evacuación de éstos a zona más o menos alejadas y no, por lo contrario, debe pensarse en un uso solamente puntual. No vamos a redundar en los fundamentos de esta afirmación, que ya han sido explicados con anterioridad. Es lógico pensar que una construcción cuyo funcionamiento se quiere asegurar no puede dejarse colmatar de residuos.

Por último, es conveniente señalar que esta relativa complejidad de los procesos productivos coincide con yacimientos cuyas construcciones muestran cierta monumentalidad. Por tanto, en resumen, estas instalaciones estuvieron destinadas a proveer de productos férricos a los habitantes de su área de influencia de forma más o menos continuada. Por el momento no se han encontrado en contextos altoimperiales instalaciones de reducción del segundo tipo, es decir, en altura y de carácter rudimentario. La localización de las instalaciones de transformación del hierro a fondo de valle (Forua en la ría del Urdaibai y Aloria en el valle de Orduña, en la cabecera del Nervión), enclavadas además en áreas de población o de producción mayores, supone en gran medida un alejamiento de las materias primas, ya que aunque podrían surtirse de leña en los alrededores, el mineral no es tan fácilmente obtenible. Este hecho nos revela otros factores de localización que aún permanecen sin resolver, al menos si tenemos en cuenta los criterios de localización que se han ido adjudicando a otros yacimientos similares de otras épocas.

- Época bajoimperial (siglos III y IV d.C.):

A pesar de que la escasez de datos aún debe hacernos mostrar mucha prudencia, se puede afirmar que la transformación del hierro se llevó a cabo en sencillas instalaciones al aire libre y en hornos de factura modesta (semiexcavadas en el terreno y con tiro de barro y arcilla). Su uso reiterado exige la destrucción de parte del mismo para extraer la lupa de metal. Además, se puede presumir que su uso se desarrolle (al menos en parte) en altura, fuera de áreas habitadas. Este hecho no sólo se desprende de que las muestras recuperadas pertenezcan a ésta clasificación, sino que además el taller de Aloria que ha funcionado durante la etapa previa, ha dejado de hacerlo a partir del siglo III. No obstante, en Forua se documenta un traslado del taller a otra construcción y la actividad parece desarrollarse hasta mediados del siglo IV.

Por tanto, podemos decir que esta tipología de instalación metalúrgica responde a una necesidad de obtener materia prima mineral de forma puntual. No interesa mantener unos talleres en funcionamiento, ya que la magnitud del producto que se desea obtener no lo justifica. Además, la escasez de escoria descubierta en el contexto de la instalación, parece delatarnos un uso muy reducido en el tiempo.

En el caso de Arbiun encontramos otra contradicción, similar al que se ha explicado en el punto anterior, entre los factores que se han propuesto en torno a la localización de las *haizeolak* y la realidad que alguna de ellas nos muestra. Este yacimiento documenta labores de transformación de hierro en un entorno en el que no parecen existir vetas de hierro. Por lo tanto, una vez más el criterio de localización por el que estas instalaciones deberían situarse en torno a zonas de tradición minera no parece tan sólido.

Sin embargo, hay que volver a puntualizar que los datos pertenecen a tres yacimientos de los cuales solamente la excavación de uno se ha dado por finalizada (Arbiun, Zarautz), en otro se ha realizado prospecciones (Goiburu, Andoain) y en el tercero solamente se ha reconocido el terreno y recuperado material en superficie (Oiola, La Arboleda). Por tanto, reconociendo que los datos son poco concluyentes, esta hipótesis debe ser aún contrastada mediante nuevos datos que pudieran ir apareciendo en sucesivas actuaciones.

- Época Alto y Plenomedieval (siglos V-XIII):

En primer lugar, debemos distinguir dos períodos. Desde el siglo V y hasta el X existe un vacío caracterizado por el hecho de que, al tradicional silencio de la documentación, se le suma la inexistencia de niveles y materiales que atestigüen la transformación autóctona de hierro. Por tanto, solamente podemos apuntar a que no se debe desechar la idea de un cambio de criterio en la instalación de factorías, antes de aceptar *a priori* la de la inexistencia de las mismas.

Son el siglo X y sobre todo el XI los que comienzan a aportar información sobre la transformación del hierro. Hasta el siglo XIII no hay menciones a ferrerías hidráulicas en el País Vasco Atlántico y es en éste margen temporal cuando se desarrollan las llamadas *haizeolak* en el sentido estricto de la palabra. Los hornos empleados en estas instalaciones están semiexcavados en el terreno, sus paredes están fabricados en piedra (arenisca sobre todo) y algunas también se componen de escorias. No suelen presentar lajas, a excepción del horno de calcinación descubierto en I Iso Betaio empleado para eliminar la humedad del mineral (GORROCHATEGUI *et alii*, 1995).

Desde el punto de vista territorial, J.R. DIAZ DE DURANA ORTIZ DE URBINA (1986, p. 225) indica que durante los siglos X, XI y XII la presencia de ferrerías de monte en Álava sería mayoritaria frente a

Bizkaia y Gipuzkoa, aduciendo que el Monasterio de San Millán exigía hierro como tributo a este primero (en dos ocasiones diferentes y alejadas en el tiempo -Reja y Falsos Votos de San Millán-), mientras que a las provincias costeras, ganado. La incorporación de la energía hidráulica no parece haberse llevado a cabo en Álava y sus instalaciones dejaron de ser competitivas ante la nueva oferta de Gipuzkoa y Bizkaia. Lo mismo ocurrió con las ferrerías de monte del País Vasco Cantábrico, que cayeron en desuso, pero, en este caso, fruto de una reconversión del sector.

Se considera que la utilización de las ferrerías de monte es solapada totalmente por la de las ferrerías hidráulicas alrededor del siglo XIV, aunque estas últimas ya estaban en funcionamiento al menos desde finales del siglo XIII. Según L.M. BILBAO (1987, pp. 62-67) la expansión económica que se produjo en el siglo XI y la reactivación agraria consecuente, provocaron una mayor demanda de productos férricos. El redescubrimiento de la energía hidráulica (en molinos) fue aplicada para poder modernizar y ampliar la producción de hierro. Según el autor, las hipótesis que se han lanzado acerca del tonelaje de este producto que era generado en las *haizeolak* muestran que era infinitamente menor que la que se presume de las ferrerías de agua. Por tanto, quedó patente que las antiguas instalaciones habían quedado obsoletas para responder a esa demanda. Además, el autor señala que esta reconversión supuso un alejamiento de las materias primas (mineral/madera), cambiando por tanto, los factores de localización que se han establecido tradicionalmente.

PROPUESTA DE TRABAJO A PARTIR DEL CONOCIMIENTO GENERADO

Este último apartado pretende realizar el negativo de los análisis anteriores, esto es, habiendo estudiado los trabajos realizados hasta ahora y la información obtenida, apuntar aquella información que aún resta por aclarar y mencionar aquellas vías de estudio alternativas que puedan acercarnos a la resolución de esas lagunas.

Desde un punto de vista metodológico, las actividades arqueológicas podrían ir integrando líneas de estudio y rastreo que permitieran localizar más fácilmente las instalaciones productivas y sus ambientes relacionados, que hoy en día se escapan a la pericia del investigador. En muchos casos, este problema comienza con la propia identificación de áreas de interés:

– Como paso previo a la intervención arqueológica de campo viene siendo necesaria una labor de documentación. Sin embargo, el desarrollo de la actividad que nos compete se realiza en épocas en las que la producción escrita es muy escasa y parca en referencia a las ferrerías de monte. Aún así, no debemos cejar en el intento de realizar nuevas interpretaciones a medida de que las fuentes arqueológicas aporten nuevos datos.

– Como herramienta de localización de áreas de interés es preciso realizar una labor de rastreo en la toponimia mayor y menor, pudiendo ser interesante su comparación con los topónimos que nombran los yacimientos ya identificados y de entornos inmediatos.

– Es interesante intentar localizar las fuentes de recursos, procediendo así a validar o rechazar los hipotéticos factores de localización. En este sentido, sería positivo rastrear los entornos de los focos mineros que ya se encuentren localizados en el territorio que se ha circunscrito. En caso de que no hayan sido localizados, deberemos proceder a la búsqueda, inventariado y análisis de las vetas y puntos donde existan huellas de extracción.

– Existen otras zonas de cierto atractivo, ya sea por la relevancia, concentración y/o especial organización que posteriormente adquiere en ellas la metalurgia hidráulica (relacionadas a veces con una notable presencia de actividad minera). Estos lugares de "presunción" deberían tener cierta prioridad para poder extraer la mayor cantidad de información posible, de forma que sirva para confirmar las pautas y criterios empleados hasta el día de hoy o para establecer unas nuevas.

En este sentido, resultaría interesante realizar un análisis de los entornos en los que se han localizado ferrerías de monte e hidráulicas (como por ejemplo, el entorno de Legazpi-Zerain-Mutiloa) observando si existe alguna conexión entre la localización de ambos tipos de instalaciones y, si así fuera, intentar establecer un patrón que pudiera ser extrapolado para la búsqueda de nuevas *haizeolak*.

– Las muestras más antiguas de hornos de reducción son de Época Altoimperial romana. No obstante, hay que recordar que desde mediados del Ier milenio a.C. tenemos muestras de objetos de metal e incluso escorias en poblados fortificados de la franja cantábrica vasca, como por ejemplo en el poblado de Intxur -Albztur, Gipuzkoa- (PEÑALVER 2003). Éste ámbito temporal también merece especial atención, sobre todo, por la información que pudiera aportar acerca de la aparición del trabajo del hierro en este marco espacial.

Otro de los aspectos en los que podría ser interesante profundizar es el de la organización espacial interna de las instalaciones paleometalúrgicas y la extensión de sus áreas de trabajo:

- Sería conveniente realizar prospecciones en busca de otras áreas de actividad en instalaciones que no parezcan integrar todas las fases en la cadena productiva.

- En alguna intervención arqueológica, más concretamente en I Iso Betaio, la intervención arqueológica incluía una zona de habitación altomedieval, aunque desgraciadamente los procesos postdeposicionales la habían alterado fuertemente. La prospección de las ferrerías de monte debería seguir esta línea, en la que con una mayor ambición podamos conocer otros aspectos de las labores preindustriales. Esta visión sugiere una variación en los criterios de prospección hacia zonas que no se dedicaban a la preparación/reducción/forja.

- No habría que prospectar, sondear o excavar sólo el escorial. La escoria es fruto de una actividad reductora y testigo de la misma y, aunque ella sea la mejor pista para localizar una instalación de transformación de hierro, puede ser peligroso tomar la parte por el todo. Ha quedado demostrado que algunos *zepadiak* pueden ser fruto del acarreo antrópico fuera del área de actividades.

Estos aportes a la metodología desarrollada hasta el día de hoy pueden suponer vías por las que conocer las facetas ocultas de otros aspectos internos. En el que se refiere al proceso de producción existen aún amplias lagunas, de las que, aunque algunas vayan completándose mínimamente, quedan otras sin indicios por los que partir.

En este sentido, cabe mencionar que los únicos testimonios de la transformación del hierro suelen ser los hornos, las carboneras, las fraguas y los desperdicios. Parece lógico pensar que las herramientas que pudieran ser transportadas con facilidad no iban a ser abandonadas de la misma forma que las estructuras. Así mismo, al igual que ocurre en el caso de las ferrerías hidráulicas, algunas otras piezas que componen la unidad de trabajo no han sido abandonadas por su valor intrínseco. Éste puede ser el caso de los yunques. Conocemos la existencia de fraguas pero no cómo eran las superficies sobre las que incidían los martillos. Se puede pensar que tendrían un volumen y una densidad suficientes para ser un bulto difícil de transportar. Pese a ello ningún yunque ha sido hallado de forma irrefutable.

- Siguiendo con el ejemplo desarrollado, se ha mencionado que la primera forja, la destinada a depurar el producto, puede provocar que partículas de escoria o hierro salgan despedidas al incidir sobre la lupa incandescente. Documentando la dispersión de las "gotas" podría ser posible localizar su punto de origen, esto es, el yunque.

- En los puntos anteriores se ha analizado el problema de los factores de localización por el hecho de que existen yacimientos en los que no se han documentado extracciones mineras. Podría ser útil, para arrojar algo de luz sobre este asunto, el análisis geológico de las muestras de mineral rescatados en estos yacimientos, para así determinar su procedencia geográfica. No esclarecerá la incógnita pero puede sugerirnos otras hipótesis del por qué de esa localización.

- Aunque este otro aspecto dependa directamente de las condiciones estratigráficas del yacimiento, queda por dilucidar el problema de la aireación artificial. Aunque en BURDINOLA (1998) se apunte al uso de pieles de cabra u otro tipo de artilugios (más o menos denominables "fuelles"), no poseemos ningún vestigio de los mismo, ni tampoco se han registrado, como en el caso de yacimientos del sur de Francia (FABRE *et alii* 2001), toberas de arcilla (se ha planteado que algún resquicio sirviera de conducto).

- Habrá que permanecer alerta ante los posibles hallazgos de utillaje técnico propio, que nos pueda dar más información acerca de las técnicas de producción de hierro. Hasta el día solamente se ha conservado el mortero de Forua, que nos sugiere el uso de los talleres también para una primera fase de preparación de materias primas. Aunque aún parezca algo lejano e impensable, futuros hallazgos podrían llegar a permitir formar un corpus de herramientas si son de cierta variedad y número. Incluso podría ser posible que el utillaje llegase a ser un fósil director, un elemento para la datación relativa y objeto de una clasificación cronotipológica. Es obvio que esto hoy en día no es posible, pero se trata de una posibilidad que no debería ser desdeñada.

- Resultaría interesante realizar una comparación de las instalaciones documentados en el ámbito geográfico que nos compete con otras de zonas circunvecinas, no solamente en lo que se refiere al modo de trabajo y a los hornos, sino a la tipología de las herramientas y otros artefactos relacionados con la actividad metalúrgica. Se han rescatado testimonios de que existen ciertas seme-

janzas en la cultura material de los yacimientos locales, con los del suroeste francés o con el resto del cantábrico este peninsular (como ejemplo, la cerámica común no torneada). ¿No podría existir también un intercambio de tecnología? La respuesta reside en la comparación propuesta.

En general, se puede decir que todas las investigaciones descritas en puntos anteriores han seguido una línea de actuación similar, aunque las particularidades que sus directores han impreso en ellas las han hecho únicas. En muchos casos, han dirigido su atención a un ámbito de estudio en particular. Documentación de los vientos, estudios antracológicos de la leña empleada en el carbón, análisis palinológico para determinar la vegetación dominante, la clasificación de los minerales, el estudio de las estructuras de combustión, la analítica de las escorias, y la dispersión en planta y en altura han sido los principales cabos de los que se ha ido tirando. Aunque posiblemente requerirían una gran cantidad de recursos, esos estudios interdisciplinarios y englobadores permitirían facilitar el estudio comparativo de los resultados que en cada nueva investigación/yacimiento se fueran dando. De esta forma, los intentos de perfilar cada matiz del tema de las *haizeolak* como los que se han ido haciendo hasta ahora, entre las que se encuentra el presente trabajo, serían más fáciles de realizar. No cabe duda de que surgirán disyuntivas y dudas mayores de las que ya existen, pero ello podría enriquecer el tan positivo debate científico en torno a la paleometalurgia en el País Vasco.

Sin embargo, y tal y como sugiere PEREDA GARCIA (1994, p. 113), no sólo debería aspirarse a conocer las particularidades que de estas actividades de producción nos son desconocidas, sino que, debe plantearse la posibilidad de contribuir a desvelar otras realidades concernientes a las gentes que las llevaban a cabo. Sería interesante poder descubrir, por ejemplo, la organización social del trabajo, la propiedad de las áreas productivas, la situación social de los ferrones o sus relaciones con otras actividades relacionadas (minería, carboneo, transportes, herrería, comercio, etc.). Todos estos conocimientos dependen en gran medida del progreso en el conocimiento del resto de las facetas que componen el prisma de cada época histórica, pero el conocimiento de las instalaciones preindustriales puede realizar importantes aportaciones a la comprensión de estos ámbitos temporales.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera expresar mis agradecimientos a XABIER ALBERDI, quien me impulsó a adaptar parte de mi proyecto de fin de carrera, haciendo así mi primera aportación en forma de artículo. En segundo lugar, no quisiera que quedaran sin nombrar JESUS MANUEL PÉREZ, ÁLVARO ARAGON, MAITE IZQUIERDO & BEATRIZ HERRERAS, quienes además de XABIER, han realizado importantes aportaciones y sugerencias en el desarrollo del trabajo. Quisiera agradecer más especialmente a esta última por avivar y apoyar mi interés por la paleometalurgia, que ha tenido como consecuencia el citado proyecto (para el que conté con su dirección y asesoramiento) y este artículo.

Por último, resta dar las gracias a aquellos compañeros, amigos y familiares que me han apoyado en la presente investigación, más especialmente a LEIRE. Eskerrik asko denoi.

BIBLIOGRAFÍA

ALDAMA GAMBOA, J.P.

1991 Pantano de Loiola (trapagarán). *Arkeoikuska 1991*, Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritz, Vitoria-Gasteiz. pp. 89-92.

ARAGÓN RUANO, A.

2001 El bosque guipuzcoano en la Edad Moderna: aprovechamiento, ordenamiento legal y conflictividad. *Munibe, suplemento nº 14*.

ARBIDE, I. & URCELAY, M.J.

1995 Instalaciones primitivas utilizadas para la obtención del hierro en Legazpi. *1er Simposi internacional sobre la Farga Catalana. Comunicacions*. (Ripoll, septiembre de 1993). Documentación entregada en el simposio.

BILBAO, L.M.

1989 Introducción y aplicaciones de la energía hidráulica en la siderurgia vasca, siglos XIII-XVII. *Studia Historica. Historia Moderna. Volumen V*, Ediciones Universidad de Salamanca, Salamanca, pp. 61-75.

BURDINOLA (Legazpiko Burdin Museoaren Lagunak)

1998 *Haizeolak*. Burdinola, Legazpi.

CEPEDA, J. J.

2001 *La romanización de los valles cantábricos alaveses. El yacimiento arqueológico de Aloria*. Diputación Foral de Alava. Vitoria-Gasteiz.

DÍAZ DE DURANA ORTIZ DE URBINA, J.R.

1986 *Álava en la Edad Media. Crisis, recuperación y transformación, socioeconómicas (c.1.250-1.525)*. Diputación Foral de Alava, Vitoria-Gasteiz.

DÍEZ DE SALAZAR, L.M.

- 1983 *Ferrerías en Guipúzcoa (Siglos XIV-XVI)*. En dos volúmenes, Editorial Haranburu, colección Euskal Historia, Donostia.

ESTEBAN DELGADO, M.

- 1992 Zarautz. *Arkeoikuska*, 248-253. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1993 Yacimiento de Arbiun (Zarautz). *Arkeoikuska*, 214-217. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1994 Yacimiento de Arbiun (Zarautz). *Arkeoikuska*, 176-181. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1995 Yacimiento de Arbiun (Zarautz). *Arkeoikuska*, 178-182. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1996 Arbiun (Zarautz). *Arkeoikuska*, 133-136. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1997 Arbiun (Zarautz). *Arkeoikuska*, 139-141. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1998 Arbiun (Zarautz). *Arkeoikuska*, 139-141. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 2003 La vía marítima en época antigua, agente de transformación en las tierras costeras entre Oiasso y el Divae. *Itsas memoria. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco* 4, 13-40. Untzi Museoa – Museo Naval, Donostia.

FABRE, J-P. *et alii*

- 2001 L'exploitation antique du fer dans le Aut Bassin de l'Arros (Hautes-Pyrénées). Données techniques. *Entretiens d'archéologie et d'histoire* 6. *Les ressources naturelles des Pyrénées. Leur exploitation durant l'Antiquité, Musée archéologique départementale de Saint-Bertrand-de-Comminges, Saint-Bertrand-de-Comminges*, 137-169.

GORROCHATEGUI, J.; YARRITU, M. J.

- 1984 Prospecciones arqueológicas en Vizcaya durante 1983. Del Eneolítico a la Edad Media: asentamientos al aire libre, necrópolis y ferrerías de monte. *Isturitz (Cuadernos de sección de Prehistoria-Arqueología)* 2, 171- 219. Sociedad de Estudios Vascos-Eusko Ikaskuntza, Donostia.

GORROCHATEGUI, J. *et alii*

- 1995 Paleometalurgia del hierro en Bizkaia. Las ferrerías de monte altomedievales. *1er Simposi internacional sobre la Farga Catalana. Comunicacions*. (Ripoll, septiembre de 1993), Documentación entregada en el simposio.

GORROTXATEGI, X. *et alii*

- 1999 El poblado de montaña del calcolítico al aire libre de llo Betaio (Bikaia). Estructuras de habitación, material arqueológico, estratigrafía, palinología y antracología. *Isturitz (Arqueología – Prehistoria)* 10, Sociedad de Estudios Vascos-Eusko Ikaskuntza, Donostia, pp. 3-204.

HERRERAS, B

- 1995 *La actividad minera en Gipuzkoa*. Trabajo inédito depositado en el Archivo Provincial de Tolosa. Diputación Foral de Gipuzkoa.

IBARRA ÁLVAREZ, J.L.

- 1989 Las ferrerías de monte: una revisión bibliográfica. *Kobie (Serie Paleoantropología)* n° 18, Bizkaiko Foru Aldundia – Diputación Foral De Bizkaia, Bilbao, pp. 207-214.

LABORDE, M.

- 1956 Datos sobre los orígenes de la minería del hierro en Guipúzcoa. *Homenaje a Joaquín Mendizábal Cortázar*, Grupo de Ciencias Naturales "Aranzadi", Donostia, pp. 225-236.

LARRAMENDI, M.

- 1969 *Corografía o descripción general de la Muy Noble y Muy Leal Provincia de Guipúzcoa*. Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones S.A., Donostia.

LARRAZABAL GALARZA, J.

- 1997 Análisis de muestras siderometalúrgicas procedentes de los yacimientos Oiola II y Oiola IV (Trapaga-Bizkaia). *Kobie (serie paleoantropología)* 24, 95-106. Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.

LOMBARD, M.

- 1974 *Les métaux dans l'ancien monde du Ve au XVe siècle. Études d'économie médiévale*, T.II, MOUTON & Co., Paris-La Haya.

LORENZO, F.

- 1989 Pantano de Loiola (Trapagarán). *Arkeoikuska*, 79-82. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1990 Pantano de Loiola (Trapagarán). *Arkeoikuska*, 70-72. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.

MARTÍN IZQUIERDO, I.

- 1991 Ferrería de Tresmoral 6. *Arkeoikuska*, 158. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.

MARTÍNEZ SALCEDO, A

- 1997 La cultura material de Época romana en Bizkaia: testimonio en torno a la actividad económica. *Isturitz* 8-9, 565-578. *Ier coloquio Internacional sobre Romanización en Euskal Herria*. Eusko Ikaskuntza.

MARTÍNEZ SALCEDO, A. ; UNZUETA PORTILLA, M.

- 1989 Forua : un asentamiento romano altoimperial en la franja cantábrica del País Vasco. *El solar vascón en la Antigüedad. Cuestiones de lengua, arqueología, epigrafía e historia*, dirigido por J. SANTOS. VII Cursos de Verano de San Sebastián. Universidad del País Vasco. pp. 37-46.

MOHEN, J.-P.

- 1992 *Metalurgia prehistórica. Introducción a la paleometalurgia*. Ed. Masson, Barcelona.

PEÑALVER, J.; SAN JOSÉ, S.

- 2003 Burdin Aroko herri harresituak. *Bertan* 20, Gipuzkoako Foru Aldundia, Donostia.

PEREDA GARCÍA, I.

- 1992 Ferrería de Oiola (trapagarán). *Arkeoikuska*, 151-158. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1993 Ferrería de Oiola IV. *Arkeoikuska*, 127-131. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1994 La metalurgia prehidráulica del hierro en Bizkaia: el caso de los alrededores del pantano de Oiola (Trapagarán, Bizkaia). *Kobie (serie paleoantropología)* XX, 109-122. Diputación de Bizkaia.

PEREDA GARCÍA, I.

- 1997 Aportaciones al conocimiento de la metalurgia del Hierro en los siglos XI-XIII en Biakaia. *Kobie (serie paleoantropología)* 24, 67-95. Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.

PÉREZ CENTENO, J.M.

- 2000 Valles de Oria y el Urumea (Andoain, Hernani). *Arkeoikuska*, 115-118. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 2001 Valles del Oria y el Urumea: San Esteban de Goiburua (Andoain). *Arkeoikuska*, 148. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.

RUIZ URRESTARAZU, E.; GALDOS URRUTIA, R.

- 1989 *El clima de la vertiente atlántica del País Vasco. Ibaiak eta haranak* 1, 55-70. Editorial Etor, San Sebastián.

SANCHO I PLANAS, M. (Coord.)

- 1997 *Ipsa Fabricata. Estudio arqueológico de un establecimiento siderúrgico medieval*. Publicacions Universitat de Barcelona, Barcelona.

THALACKER, J.C.

- 1804 Noticias y descripción de las grandes explotaciones de unas antiguas minas situadas al pie de los Pirineos y en la Provincia de Guipuzcoa. *Varietades de Ciencias, Literatura y Artes Tomo IV*, 201-215 y 256-273. Madrid.

UGALDE, TX.

- 1991 Zepadis de Otaño. *Arkeoikuska*, 262. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.

URIARTE, A.

- 198? *Frecuencias anuales y mensuales del viento en San Sebastián según dirección y fuerza* (mecanografiado). Fondo de reserva de la Biblioteca Provincial de Gipuzkoa (Koldo Mitxelena), KM C-244 F-22.
- 1987 *El clima de la costa vasca. Itsasoa. El Hombre de Euskalerría: La Naturaleza, el Hombre y su Historia*, t.2, 37-43. Editorial Etor, San Sebastián.

URIARTE AYO, R.

- 1995 La tecnología del horno bajo e el Pirineo y el País Vasco. *1er Simposi internacional sobre la Farga Catalana. Comunicacions*. (Ripoll, septiembre de 1993) Documentación entregada en el simposio.

URKIOLA, M.

- 1997a Zepadis de Otaño (Legazpi). *Arkeoikuska* 1997, 175-177. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1997b Legazpiko zepadiak. *Arkeolan: Boletín informativo semestral*, n° 2 (1er semestre), 27-28. Irun.

URTEAGA ARTIGAS, M°.M.

- 1987 *Arqueología de la producción del hierro en Guipuzcoa. Antecedentes: época medieval y postmedieval*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- 1993 Zepadis de Otaño (Zerain). *Arkeoikuska*, 237-239. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1994 Siderurgia medieval en Gipuzkoa. Haizeolas, ferrerías masuqueras y ferrerías mazonas. *Actas de I jornadas sobre minería y tecnología en la Edad Media peninsular*, 543-554. Fundación Hullera Vasco-Leonesa, León.
- 1996 Zepadis de Otaño (Zerain). *Arkeoikuska*, 241. Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza, Vitoria-Gasteiz.
- 1997 Primeros datos arqueológicos de las haizeolas gipuzcoanas. *Arkeolan: Boletín informativo semestral*, n° 3, 8 (2º semestre), Irun.

URTEAGA, M° M., UGALDE, Tx.

- 1986 Indicios de minería romana en el coto minero de Arditurri (Oyarzun). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 38, 107-116. Donostia.

VILLARREAL DE BERRIZ, P.B.

- 1973 *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya*. RSBAP, 43-44. Donostia.

VV.AA.

- 1991 *Enciclopedia universal ilustrada Espasa-Calpe europeo-americano*. Tomo XXIV. Editorial Espasa-Calpe, S.A., Madrid.

ZAPATA, L.

- 1993 Haizeoletarako egur erabilpena Bizkaian. *Ikuska* n° 2, 55-58. Donibane Lohitzune.