

KOBIE SERIE ANEJO, nº 13: 21-38
Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia
Bilbao - 2014
ISSN 0214-7971
Web <http://www.bizkaia.eus/kobie>

HAIZEOLAK EN BIZKAIA: UNA INVESTIGACIÓN DE LARGO RECORRIDO SOBRE LA ARQUEOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN DEL HIERRO.

*Haizeolak in Bizkaia: an investigation of long-term
on the archeology of the production of iron.*

Fco. Javier Franco Pérez¹

Palabras Clave: Arqueología experimental. Bizkaia. Difusión. Edad Media. Ferrería de monte. Metodología. Paleometalurgia. Romanización.

Hitz gakoak: Arkeologi experimental. Bizkaia. Erdi Aroa. Erromataren Garaia. Haizeola. Hedapena. Metodologia. Paleometalurgia.

Keywords: Ancient Ironmaking. Bizkaia. Dissemination. Experimental archeology. Methodology. Middle Age. Mountainside ironmaking. Paleometalurgy. Roman Age.

RESUMEN

Este artículo presenta los principales resultados obtenidos tras 12 años de investigación arqueometalúrgica en Bizkaia. Con ello hemos podido comenzar a determinar el espesor histórico que se escondía bajo los escoriales de época romana y medieval, y en consecuencia se ha podido valorar una de las entidades patrimoniales más importantes de nuestro territorio: las ferrerías de monte. Por otra parte, usando fuentes arqueológicas directas, hemos reproducido experimentalmente el proceso siderúrgico que se desarrollaba en un taller de producción de hierro plenomedieval en los exteriores del Museo de la Minería del País Vasco (Gallarta).

LABURPENA

Artikulu honek Bizkaiko ikerkuntza arkeometalurgikoko 12 urteren ondoren lortutako emaitza nagusiak aurkeztu ditu. Harekin batera erromataren garaiko eta Erdi Aroko zepadipean ezkutatzen zen eduki historikoa zehazten hasi ahal izan dugu, eta beraz gure lurraldearen ondare-entitate garrantzitsuenetako bat balioetsi ahal izan da: haizeolak. Bestalde, zuzeneko iturri arkeologikoak erabiliz, Euskal Herriko Meatzaritza Museoan (Gallartakoa) esperimentalki Erdi Aro osoko prozesu siderurgikoa ekoizpen-lantegi batean erreproduzitu dugu.

¹ Equipo de Arqueología del Museo de la Minería del País Vasco. Bº Campodiogo s/n 48500 Gallarta, Bizkaia haizeolak@gmail.com

SUMMARY

This article presents the main results obtained after 12 years of research archaeometallurgical in Bizkaia. With this we could begin to determine the historical density hidden under the slags heaps of Roman and medieval times, and therefore it has been appraised of the most important economic institutions of our country: the mountainside ironmaking. Moreover, using direct archaeological sources, we have experimentally reproduced the medieval age ironmaking process that was developed in the Mining Museum in the Basque Country (Gallarta).

1. INTRODUCCIÓN.

El título del presente artículo hace referencia tanto a la dilatada trayectoria de la investigación sobre las ferrerías de monte o “haizeolak” de Bizkaia que comenzase hace 12 años el Equipo de Arqueología del Museo de la Minería del País Vasco, como al hecho de que sea este un proyecto en curso que trabaja sobre unos yacimientos cuantitativamente importantes en nuestro territorio, y que cualitativamente cuentan con un potencial interpretativo suficiente como para augurarle aún un futuro prometedor.

El trabajo del hierro, en lo que se refiere a su extracción como la transformación del mineral y la elaboración de instrumentos y objetos ha sido una de las principales actividades económicas en el País Vasco en general y en Bizkaia en particular. La existencia de históricos yacimientos de distintos minerales de hierro en la Zona Minera vizcaína ha determinado que hayan sido explotados de forma intensiva desde la Edad de Hierro hasta prácticamente nuestros días. Testimonio de esta intensa actividad son los numerosos restos de talleres que aún se conservan en los montes (haizeolak) o en los cursos de los ríos (ferrerías hidráulicas) y que constituyen alguna de las entidades patrimoniales más importantes con la que cuenta este territorio.

Nuestra investigación se ha basado en un registro arqueológico concreto: las ferrerías de monte o haizeolak en euskera, aquellas instalaciones preindustriales capaces de transformar *in situ* el mineral de hierro en un metal apto para la posterior forja de armas, aperos y otros objetos. Sobre esta base, hemos adoptado una metodología *ad hoc* que nos permitiera aproximarnos primero a este tipo de tecnología prehídrica, para después poder aventurar las primeras hipótesis sobre el significado del ciclo de producción del hierro

y su posible influencia en las comunidades que poblaban Bizkaia en época romana y medieval (nuestro marco temporal basado en dataciones de C14, va de finales del S. III d.C. al S. XIII).

Los pilares sobre los que se asienta nuestro trabajo son los cuatro habituales en este tipo de investigaciones: la documentación y estudio del contexto arqueológico, la descripción formal y tipológica de las estructuras y materiales hallados, la arqueología experimental, y por último los sistemas de análisis necesarios para conocer las características físico-químicas de los materiales empleados en las haizeolas (Montero y Rovira 2010:21).

Sin embargo, quizás el hecho diferencial de nuestro proyecto consista en que la primera aproximación al estudio del contexto arqueológico se ha realizado gracias a los resultados proporcionados por varios años de prospección arqueometalúrgica. Esta herramienta extensiva de análisis del territorio en relación con la explotación de los recursos naturales, nos ha permitido conocer el estado de conservación, características generales y perspectivas de 170 yacimientos catalogables. El análisis territorial de esta antigua tecnología de transformación del hierro ha hecho posible plantear de un modo más fiable, cuáles serían las hipótesis de trabajo necesarias para profundizar en su conocimiento y cuáles los yacimientos idóneos para su posterior estudio. Dicha metodología, nos facilita asimismo, el acercamiento a los “mapas mentales” de aquellos primeros ferrones de Bizkaia para poder intuir los diversos factores que influyeron en la elección de un determinado lugar como asentamiento metalúrgico.

En el presente artículo, además de proporcionar una imagen global de la investigación y los resultados obtenidos, trataremos especialmente aquellos aspectos no desarrollados con anterioridad como la vertiente experimental por ejemplo y algunos proyectos de difusión.



Figura 1. Maqueta de yacimiento tipo de ferrería de monte (Museo de la Minería del País Vasco).

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

La riqueza y tradición de nuestro territorio en este tipo de restos arqueológicos contrasta en cierta manera con la escasez de intervenciones arqueológicas realizadas hasta el momento; cuatro en la década de los 80 y 90 (Ilso-Betaio y Tresmoral en Sopuerta, y Oiola II y Oiola IV en Trapaga) del siglo pasado², y otros tantos en estos últimos años (Los Corcos y Callejaverde I y II en Muskiz, Peñas Negras en Ortuella y Arrastaleku en Bilbao) estos últimos a iniciativa de nuestra línea de investigación.

Existen varias cuestiones que explicarían este déficit. Por una parte, la escasa perceptibilidad en el paisaje actual de este tipo de yacimientos no monumentales, unido a la falta de un planteamiento que abordase el problema en su conjunto, hizo que no conociéramos con anterioridad la dimensión completa del fenómeno productivo del hierro prehidráulico en Bizkaia. Por

otro lado, la necesidad que teníamos los arqueólogos de determinar la entidad patrimonial que se escondía bajo los escoriales, nos había impulsado en ocasiones a intervenir erróneamente en aquel lugar donde se acumulaban estas escorias (fácilmente identificables en superficie). Ciertamente, no manejábamos aún datos fiables de la organización interna del espacio en un antiguo taller ferrón, hoy día caracterizado para los siglos plenomedievales vizcaínos como se puede leer en esta misma publicación (Franco *et al.* 2015: 193).

La vulnerabilidad de los restos de las ferrerías de monte en nuestro paisaje es algo sobre lo que ya en el año 2000 alertaba el Museo de la Minería al Gobierno Vasco ante la progresiva desaparición de aquel patrimonio enterrado constatada en los Montes de Somorrostro y Galdames. El Centro de Patrimonio Cultural de Gobierno Vasco recoge por entonces el reto, instando a la creación de una carta arqueológica que abarcase todo el territorio de Bizkaia. Esta herramienta de gestión patrimonial y de conocimiento, nos serviría al mismo tiempo como punto de partida para la investigación arqueometalúrgica. Para desarrollarla, era preciso establecer una estrecha relación con otras disciplinas, así surgió en el 2001 el Equipo de arqueología del Museo de la Minería del País Vasco, com-

2 Probablemente el estudio de Iosu Etxezarraga (Etxezarraga, 2004), es el que mejor sintetiza hasta el momento el estado de la cuestión de nuestra historiografía tradicional sobre la paleosiderurgia en el País Vasco, para el caso de Bizkaia ver (Franco, 2011, 25).

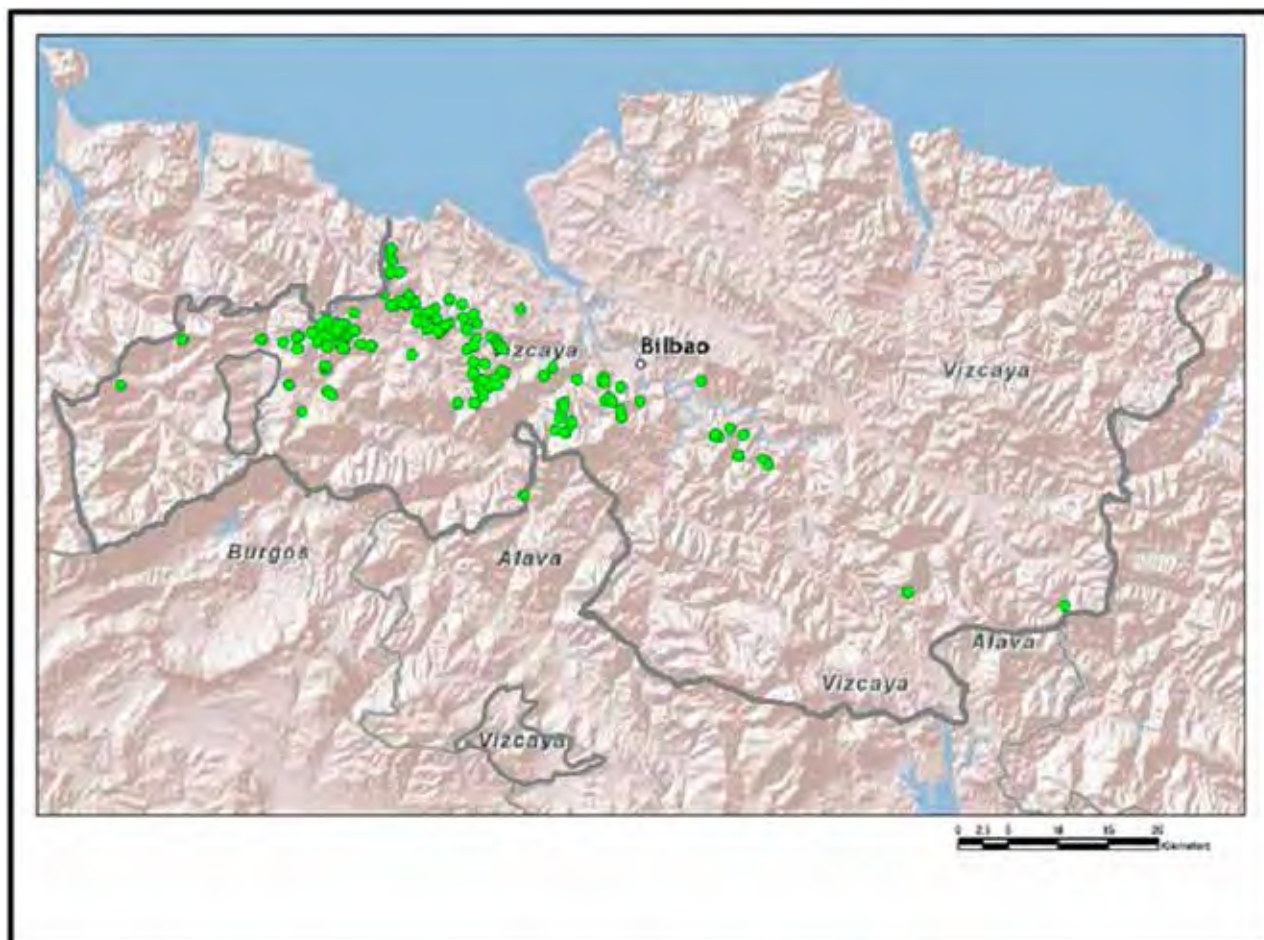


Figura 2. Mapa de localizaciones de las ferrerías de monte de Bizkaia.

puesto por especialistas en geología, técnicas medioambientales y arqueología creado ex profeso para la búsqueda y catalogación de los mencionados restos en el territorio vizcaíno. Se trataba de una prospección subvencionada en principio por el Centro de Patrimonio Cultural de Gobierno Vasco, aunque el proyecto global estaba apoyado a la hora de realizar nuevas intervenciones arqueológicas y analíticas diversas, por la Diputación Foral de Bizkaia (Dpto. de Cultura y Servicio de Montes), el propio Museo de la Minería del País Vasco, Ayto. de Ortuella y la empresa Euskotren. El aval científico y académico del trabajo lo aporta el departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología de la UPV, y en concreto el GIPYPAC (Grupo de Investigación en Patrimonio y Paisajes Culturales).

El conjunto de actuaciones arqueológicas planteadas sentarían a la larga unas bases para el mejor conocimiento de la entidad patrimonial de las ferrerías de monte, despejando en cierta manera aquellas mitologías y apriorismos que habían impregnado hasta el momento nuestra propia historiografía y nuestro lenguaje. En euskera por ejemplo se utiliza para denominar estos escoriales palabras como “jentilola” (ferrería de los gentiles, seres mitológicos asimilados a los primeros antepasados, o en ocasiones a los habitantes de los primeros castros) o la propia y más difundida de “haizeola” (ferrería de viento), palabra originaria del Goierri guipuzcoano que hace referencia a la creencia de que estos hornos metalúrgicos se colocaban en lugares altos, bien venteados, para avivarse de forma natural³.

3 En el caso de Bizkaia este supuesto se desestima en general, al contrastar sistemáticamente cada una de las ubicaciones con los datos de viento histórico arrojados por la estación meteorológica más cercana.

3. MÉTODOS DE TRABAJO.

El estudio del contexto arqueológico de estos sitios de producción se desarrolla, como hemos mencionado, en un principio a través de la acción extensiva, para continuar años después con la excavación de yacimientos seleccionados, con el propósito de documentar el espesor histórico de nuestro objeto de investigación. Hace dos años comenzamos a trabajar la vertiente experimental, y a finales de este año recibiremos los resultados de nuestro primer proyecto en torno a la arqueometría de las escorias y paredes de horno.

3.1. La acción extensiva: Prospección con catas.

Esta actuación a lo largo de todo el territorio vizcaíno (2.217 km²), se desarrolló a lo largo de siete campañas anuales y sentó unas bases sólidas para el mejor conocimiento de la entidad patrimonial de las ferrerías de monte, considerando nuestro entorno geográfico como un elemento activo en la evolución histórica del trabajo del hierro en Bizkaia que se puede rastrear de un modo efectivo.

Dado que la prospección presenta en general en nuestra vertiente cantábrica importantes y conocidos problemas, derivados de su relieve montañoso, un paisaje cada vez más humanizado y la abundante vegetación que dificulta notablemente la percepción del patrimonio arqueológico enterrado, el primer problema que hubo que abordar fue el diseño, organización y articulación del trabajo de campo basado en la definición y delimitación de los espacios de prospección. La ausencia de referencias sobre un contexto metodológico claro, capaz de articular una prospec-

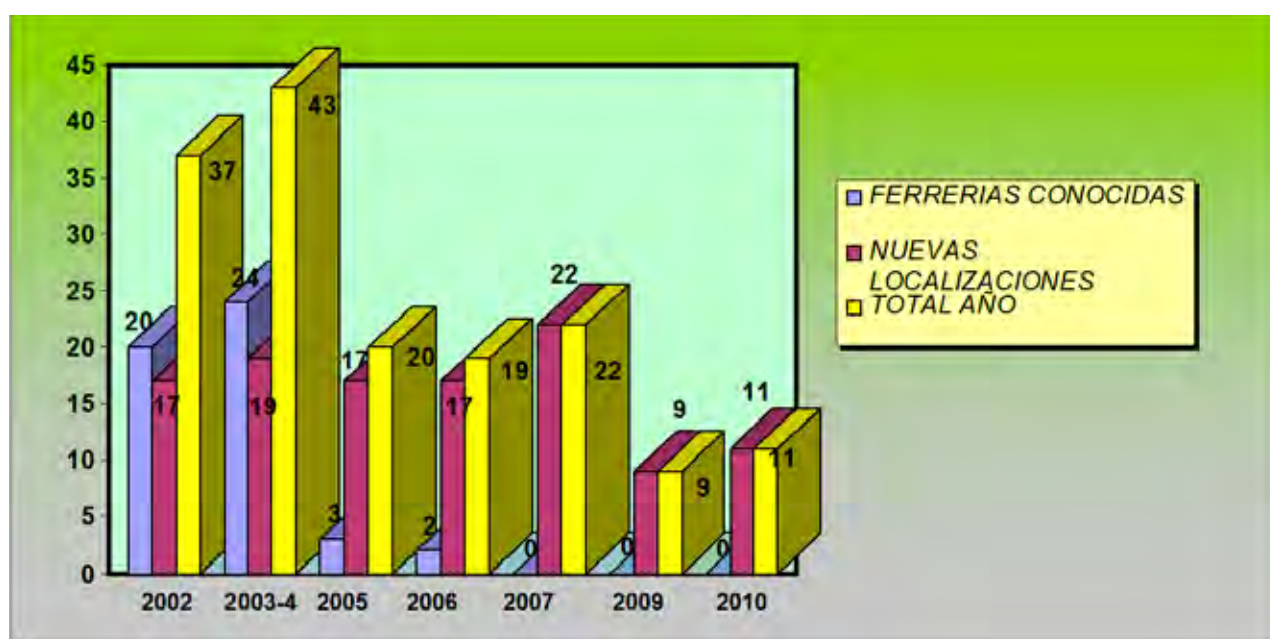


Figura 3. Cuadro de resultados de la prospección en Bizkaia

ción de tamaño macro y menos aún en zonas de montaña, ha hecho que nuestras primeras publicaciones se esforzasen por explicitar, no sólo los resultados obtenidos, sino, también, cuáles habían sido las herramientas operativas y el camino empleado en la prospección del territorio. Por lo tanto en el presente artículo no desarrollaremos en detalle este apartado, bien descrito con anterioridad (Franco 2007).

En esencia, mencionaremos que en base a límites naturales (macizos de montaña) hemos empleado una combinación adecuada entre prospección intensiva, extensiva y selectiva, que aporta la cobertura máxima posible y una sistematización del territorio en función de planteamientos bien definidos de antemano. Se ha utilizado una metodología abierta, coherente, eficaz y sencilla de aplicar, capaz de adaptar la intensidad del trabajo incluso dentro de una misma zona montañosa. Somos conscientes de que con frecuencia lo más sencillo es lo que mejores resultados proporciona, de hecho hemos más que triplicado los 49 yacimientos conocidos con anterioridad en Bizkaia (Gorrotxategi y Yarritu 1984). Por último, mencionar que a la hora de planificar el trabajo anual se ha tenido en cuenta también el factor estacional para prospectar bosques en invierno, pastos y zonas altas en verano, etc., aspecto que ha condicionado, sin duda, la localización de muchos de los 170 escoriales catalogados (Franco 2011,28).

Es evidente que el éxito en prospección depende de la cantidad y calidad de los indicadores que manejamos. En este sentido, cuando comenzamos nuestro trabajo de campo el objetivo era el de aportar el mayor número de indicadores posibles para el hallazgo de nuevos restos de ferrerías de monte. Paradójicamente comenzamos siguiendo únicamente la pista de las escorias y restos de hornos, los dos indicadores que hace ya 150 años señalase Louis Laurent Simonin, (ingeniero y periodista francés que estudió la explotación de las minas y la siderurgia en la Antigüedad y Edad Media en la Toscana) precursor de la arqueología minera (Francovich 2008: 76). Muy pronto incorporamos como tercer indicador los diferentes tipos de mineral de hierro que podían ser rastreados en el paisaje actual y haber sido utilizados en los hornos de reducción. La cuarta pista a seguir nos la facilitó la estrecha relación que existía entre la ubicación de las ferrerías de monte respecto a la localización de los cursos de agua (más del 90 % de las haizeolas localizadas se hallaban a menos de 100 m de distancia del agua). El quinto y último indicador se logró al ser capaces de definir las características de un *yacimiento tipo* (ubicación en zonas montañosas aisladas donde se aprovechan los pequeños «rellanos» que existen en las laderas para colocar el lugar de producción; restos enterrados con forma tumular de tamaño variable, etc.). Estas cinco herramientas de búsqueda nos han permitido ser mucho más precisos en la identificación de estos antiguos sitios de producción.



Figura 4. La escoria globulosa es el indicador principal de estos yacimientos

Este conjunto de experiencias metodológicas han sido trasladadas por nuestra parte al equipo responsable de elaborar el mismo inventario de ferrerías en Gipuzkoa y Álava (Alberdi y Etxezarraga 2015: 169), lo cual nos permitirá obtener en un futuro próximo un nuevo mapa homologado de esta tecnología antigua en toda Euskadi, y plantear consecuentemente un análisis de carácter global para el territorio vasco y nuevas hipótesis de trabajo.

3.2. La acción intensiva: excavaciones.

A este apartado en concreto le dedicamos junto a J.A. Fdez. Carvajal, X. Alberdi y I. Etxezarraga (2015: 181) un artículo conjunto en esta misma publicación, por lo tanto aquí tan sólo destacaremos que la importancia de los hallazgos realizados en los yacimientos de Callejaverde (Muskiz) y Peñas Negras (Ortuella), parecen documentar un modelo de ferrería de monte plenomedieval con una tipología que coincide en los tres hornos de reducción localizados, lo cual genera nuevas expectativas y sugerentes cuestiones.

Tras analizar los datos recabados, una de las reflexiones más interesantes que se propone, se refiere a la existencia de una evolución tecnológica diacrónica más o menos consensuada sobre los modelos constructivos de hornos de reducción de hierro por el método directo en el sur de Europa (industria que

alcanzaría la Península Ibérica a principios del primer milenio a. C. y al País Vasco a mediados de dicho milenio). En dicha evolución, se pasaría del primitivo horno de pequeño tamaño, efímero y excavado en el suelo y de escaso diámetro (Cima 1991: 122) a un segundo modelo más eficiente capaz de alcanzar mayores temperaturas y contener más mineral (Gener 2010: 213), este tipo levanta una cobertura y dispone de una estructura exterior, con toberas para los fuelles pero aún sin salida inferior. Ya en época romana se evolucionaría a un horno de cuba bajo o galo-romano, de mayor altura y que sí tiene abertura inferior para proceder al sangrado al exterior de las escorias del horno (Pleiner 2000). Se supone que este último tipo es el más extendido con pequeñas variaciones de unas zonas a otras.

En nuestro caso desconocemos aún cual es el modelo que se usaba en nuestras haizeolas de época tardorromana o alto medieval de Bizkaia. Aunque si sabemos que en el Pirineo del País Vasco francés, unos siglos antes (S.III a C.) ya estaba funcionando este modelo galo-romano de sangrado en alguna de las ferrerías de montaña documentadas en el valle de Baigorri (Beyrie 2005); modelo similar al que también introdujera el Imperio Romano en los yacimientos indígenas del noroeste peninsular, siempre en pos de una mejor eficiencia, según datos recabados en analíticas realizadas a materiales de algunos castros gallegos (Gómez Filgueiras 2013)⁴. Sin embargo nuestra investigación constata entre el S. X y XIII en Bizkaia un modelo de horno que posee una estructura con paredes de anchura considerable, semiembutido en el corte del terreno natural, ligeramente exvasado y sin abertura inferior para el sangrado de escorias. Es decir, que más de mil años después de introducirse en zonas relativamente alejadas de nosotros los hornos de cuba baja o sangrado, nuestros artesanos parece que continuaban elaborando hierro con un modelo de horno de reducción sin abertura inferior, seguramente bien conocido y técnicamente suficiente para obtener un nódulo de hierro sinterizado o lupia (agoa en euskera) que luego debían depurar y cementar mecánicamente con nuevas labores de forja. Evidentemente, estos hallazgos efectuados en las excavaciones de Callejaverde (Muskiz) y Peñas Negras (Ortuella) imponen la necesidad de intervenir en yacimientos de otras cronologías anteriores para intentar dilucidar cuál ha sido la evolución tecnológica de nuestras haizeolas en Bizkaia y su por qué.

3.3. Taller de arqueología experimental del hierro.

En este apartado vamos a mencionar básicamente los resultados de las tres experimentaciones realizadas

en el Museo de la Minería del País Vasco (Gallarta, Bizkaia) denominado “Taller de arqueología experimental del hierro: construcción de una ferrería de monte medieval” y desarrollado al hilo del *I Coloquio de arqueología experimental del hierro y Paleosiderurgia*, evento científico que acogió el museo minero el mes de mayo de 2014 y cuya publicación tienen en sus manos. Los resultados por el momento son inducidos del propio experimento, a la espera de los datos de los análisis en curso de microscopía electrónica de barrido (MEB/SEM) y difracción por rayos X (DRX), que a buen seguro nos darán mejores pistas del proceso físico, químico y mecánico que ha sufrido el mineral de hierro introducido.

Nuestros objetivos para este proyecto experimental eran, en primer lugar, tratar de reproducir en un pequeño rellano del exterior del museo minero las características idóneas documentadas en las últimas excavaciones que responden a un “yacimiento tipo” de ferrería de monte plenomedieval en Bizkaia. Y el segundo objetivo, consistía en volver a experimentar de nuevo un proceso de reducción después de nuestros dos primeros ensayos en los que habíamos colaborado en la experiencia planteada por el museo de la Ferrería del Pobal (Muskiz) en 2012, de la mano del experto forjador alavés Luis Padura⁵.

Afortunadamente, hoy día contamos con evidencias arqueológicas que nos permiten discernir qué partes del proceso del antiguo ciclo de producción del hierro se realizaban en el taller paleosiderúrgico y cuales quedaba fuera de estos rellanos productivos. La experimentación desarrollada en el taller de nuestro museo estaba concebida de un modo científico, de modo que habría de ponernos en el camino de un conocimiento que no estaba escrito. Este hecho, nos permitiría entrar en contacto directo con esta tecnología antigua, midiendo “los tiempos” para su puesta en funcionamiento y comprendiendo la propia formación del registro que trabajábamos.

Comenzábamos el experimento con la fase de extracción de mineral, realizado manualmente en unas veneras a cielo abierto (tal como hicieran los mineros de la época) en la mina de Alén (Sopuerta). Se trata en concreto de hematites roja blanda (Fe₃O₂), el mismo óxido de hierro documentado recurrentemente tanto en las diversas intervenciones arqueológicas como en la prospección con catas⁶.

4 Aunque este autor afirma que a pesar del cambio tecnológico, el tipo de horno más común para la reducción de hierro documentado antes y durante la romanización en castros de Asturias, León y Galicia era el conocido como método directo sin sangrado de escorias.

5 En estas dos primeras reducciones, los hornos se acercaban a nuestros primeros planos arqueológicos, pero mantenían una dama inferior para la extracción del horno y a pesar de tener una tobera funcionaban perfectamente con tiro natural debido a su diseño técnico.

6 Hay un conocimiento técnico no escrito en nuestra Zona Minera vizcaína que ha llegado a nuestros días, referido a que este mineral posee una singularidad que radica en la capacidad “autofundente” del mismo. La tradición metalúrgica dice que la “vena” (así se denomina popularmente) ante el calor que el combustible proporciona en el horno bajo, reaccionaría aportando calor a la



Figura 5. Horno de reducción del Pobal: en él se realizaron las dos primeras sesiones experimentales mediante tiro natural.

Una segunda fase del proceso que se realizaba también fuera del taller de producción era el carboneo. Hemos de reconocer que nuestra nula experiencia fáctica en el proceso de producción del carbón, añadido al hecho de la imposibilidad de recoger suficiente madera de haya y roble (especies mayoritariamente constatadas en estas haizeolas) que actualmente se hallan protegidos en nuestros montes, nos llevó a tomar la decisión de adquirir un carbón de encina elaborado siguiendo criterios ecológicos tras varias semanas de lenta combustión bajo tierra.

A partir de este momento y gracias a las evidencias recabadas en las intervenciones de Peñas Negras (S.XI-XII) y Callejaverde (S. XIII) iniciamos la reconstrucción de un taller de producción paleosiderúrgico en sus diversas fases y áreas, siempre recurriendo a datos arqueológicos directos (Franco *et al.* 2015). Comenzamos por tanto calculando la ubicación del punto neurálgico del sitio de producción que es el horno de reducción y diseñando la planta del taller. El horno se ha de establecer según los planos arqueológicos a una distancia mínima de 4 metros del borde de la pendiente próxima por donde se verterían las escorias y demás desechos productivos.

Una vez delimitada esta zona neurálgica, colocaremos a una distancia próxima el horno de calcinación del mineral, estrecho y largo, practicado en un pequeño corte del terreno de 2,40cm de longitud por 0,40 cm. de anchura y delimitado con piedras, y seguidamente emplazaremos la reproducción del mortero de mineral, realizado en un bloque de arenisca. Al otro lado del horno, y a una distancia prudencial de su zona de carga y vaciado, realizamos una pequeña depresión en el terreno como depósito de agua y colocamos también una gran piedra del lugar como yunque para la forja primaria, última fase del taller ferrón donde se compactaría aún en caliente la lupia de hierro o *agoa* obtenida. Por último, para acabar con las zonas constatadas en el registro arqueológico, realizamos sendos depósitos de carbón y de mineral.

Una vez dispuesto todo el taller, nos centramos en el horno de reducción empleando materiales y técnicas previamente documentadas (para ello recogimos arcilla y piedras areniscas de diverso calibre en las proximidades de yacimientos arqueometalúrgicos conocidos). En este sentido, hemos de reconocer que quizás nuestro territorio posea un factor diferencial sobre otras zonas históricas de producción de hierro prehidráulico en la península dado que tenemos la suerte de contar con perfiles arqueológicos de nuestros hornos de reducción que se conservan con una altura máxima desde el fondo del crisol de entre 60 y 90 cm. de altura. Esta circunstancia facilita la posibilidad de hacer

reacción a partir de los 800° C aproximadamente, lo cual evidentemente facilitaría la propia reducción en aquella época o su fusión posterior en los altos hornos del S XX.



Figura 6. Construcción del horno de reducción en el taller de arqueología experimental del museo minero.

una reproducción muy fehaciente a la vez que de alto valor científico de aquellos hornos plenomedievales en Bizkaia. De este modo, manejamos datos referentes a detalles importantes como la posición prácticamente horizontal de la tobera, el pequeño orificio de ventilación en el fondo del crisol o la disposición en plano inclinado de la pared frente a la tobera por la que presumiblemente se cargaba y descarga el horno. No disponemos, sin embargo, de datos respecto a la cobertura superior que en cierta manera podría elevar algo su altura o cerrar el diámetro superior de la cuba del horno. Esta parte, sería la única parte que hemos tenido que inferir de otros registros arqueológicos indirectos para darle una solución técnica.

Siguiendo la documentación arqueológica, para construir el horno hemos tenido que efectuar un corte en el terreno, con lo cual parte del horno quedará enterrada mientras que a partir de la tobera se dispone el nuevo suelo de trabajo en el exterior. La pared más gruesa, con unos 50cm. de anchura, es la que alberga dicha tobera, que cuenta con una estructura rectangular que la acoge en su interior apoyada en lajas de arenisca. Frente a la abertura para insuflar el aire colocamos una gran losa de arenisca hincada en el terreno con un ángulo de inclinación del 30% sobre la horizontal. Esta es la base de la pared más abierta del horno por cuya parte superior habremos de descargar el horno. Las dimensiones internas de la cuba oscilan entre los 30 × 40 cm. del fondo del crisol, a los 60 × 70 cm. que tiene unos 65 cm. más

arriba, antes de proceder al cierre en una especie de chimenea corta, dado que la altura total que hemos proporcionado a nuestra reproducción ronda el metro únicamente. Toda la estructura se levanta mediante areniscas de diverso tamaño y arcilla mezclada con hierba no desecada. Esta fibra además de servir como desengrasante, proporciona la flexibilidad adecuada a la pasta cerámica, y a altas temperaturas en ocasiones desaparece facilitando una porosidad que favorece la resistencia y un agrietamiento mínimo. Para acabar, todo el interior del horno y la juntas exteriores se cubren de una fina capa de arcilla refractaria de entre uno y dos cm. de grosor para reforzar su aislamiento. En cuanto a los “tiempos” necesarios para reconstruir un sitio de producción de estas características, precisamos de tres personas en una jornada de trabajo a tiempo completo antes de poder encender el horno de reducción para su primer secado.

Una vez descrito este espacio artesanal medieval reproducido en sus diversas fases, pasaremos a describir las tres experimentaciones que realizamos, de nuevo hay que agradecer en este punto la colaboración del experto Luis Padura con nuestro equipo de arqueología.

1ª Reducción experimental (13-05-2014): Tras el calcinado previo del mineral y su posterior troceado en fragmentos de unos 4 cm, y después de haber secado el horno de reducción con una buena carga de leña que



Figura 7. horno de reducción costruido.

se ha consumido durante toda la noche, se comienza a llenar el interior sobre los últimos rescoldos. En total utilizamos 60 kg de mineral, y 65 kg de carbón. En principio se calentó el horno con carbón durante 2 horas, para continuar metiendo capas alternas de carbón y mineral hasta llegar a los primeros 40 kg de óxido de hierro. Tres horas más tarde completaríamos la carga con los 20 kg. que faltaban. El horno alcanza 10 horas más tarde su temperatura máxima registrada en superficie de 1.095° (tomada mediante pirómetro laser). Respecto a la inserción del aire en esta ocasión el horno funcionó casi todo el rato con tiro natural, a pesar de tener tan sólo el pequeño agujero en el fondo de 5 cm. de diámetro y la única tobera abierta. A las 11 horas desde el inicio de la carga, se procede a la apertura del horno extrayendo una lupia escoriácea con escasas inclusiones de carbón y restos de mineral. En apariencia se trata de un tocho esponjoso de 9 kg. de peso. Su aspecto denotaba que en algunos momentos



Figura 8. Imagen de la primera lupia escoriácea de hierro obtenida.

la temperatura había sido la correcta, así se apreciaba en algunos cordones de las escorias y su compactación. Es evidente que en esta ocasión el calor no llegó a todas las partes del horno quedando mucho mineral sin reducir. También apreciamos que la calcinación previa no parecía haber llegado a una temperatura suficiente como para quebrar el mineral de modo adecuado, y favorecer su porosidad y enriquecimiento.

2ª Reducción experimental (15-05-14): Repetimos el mismo proceso previo anteriormente utilizado con el mineral y respecto al calentamiento del horno. Utilizamos un total de 50 kg. de hematites (primero 40 kg. y dos horas más tarde 10 kg.) y casi 60 kg de carbón. Introdujimos la primera carga a las 9 de la mañana, 9 horas más tarde marcaba su máximo de temperatura en superficie: 1.178° . En esta ocasión usamos tanto el tiro natural como un fuelle de plato durante 3 horas. A las 7 de la tarde, tras 10 horas, abrimos el



Figura 9. Evento experimental en el día internacional de los museos.

horno con motivo de la jornada experimental del *I Coloquio de arqueología experimental del hierro y Paleosiderurgia*. El resultado fue una lupia muy escoriácea de 5 kg. pero más compacta que la del experimento anterior. De nuevo se pierde mucho mineral en el fondo del horno que lo atribuimos al uso de una primera carga de carbón con fragmentos de gran tamaño sin trocear por donde luego se cuela el mineral al fondo. Valoramos la posibilidad de añadir más carbón desde el principio para mejorar el resultado.

3ª Reducción experimental (18-05-2014): en esta ocasión se corrigió la inclinación de la tobera, apuntando ligeramente hacia el fondo del horno, aunque en apariencia en el registro arqueológico es horizontal. Utilizamos 60 kg. de mineral y 120 de carbón. Tras el precalentamiento del horno introdujimos la primera carga de mineral de 50 kg., siempre alternándolo con el carbón, a las 10 de la noche. Dos horas más tarde los 10 kg. restantes. La ventilación en este caso es mixta al 50% del tiempo, alternando tiro natural y fuelle durante todo el proceso. La temperatura sube al final hasta los 1286°. 14 horas más tarde se abre el horno al hilo del evento organizado para el *día Internacional de los museos* y el resultado de la reducción es muy similar al anterior, una agoa compacta de 4 kg de peso junto con algunos fragmentos más, y parece que el mineral otra vez paso al fondo sin calentarse taponando el pequeño orificio de ventilación. De nuevo reconsideramos que el carbón de la base del horno habría de ser más reducido y la chimenea más alta y estrecha para favorecer la eficiencia.

Comprendemos que los pasos que hemos dado por el momento van en buen camino y es necesario aprender de los errores, sin alterar de una experimentación a otra demasiado las variables utilizadas para poder discriminar adecuadamente la calidad de cada propuesta.

3.4. Técnicas de análisis y arqueometría.

El último pilar sobre el cual ha de asentarse el estudio del contexto arqueológico de las ferrerías de monte es la arqueometría de los restos de hornos de reducción y los subproductos férricos. Estos son los únicos testimonios residuales de las actividades metalúrgicas desarrolladas en el pasado y su estudio detallado sería el único medio para conseguir información significativa de dichas actividades. Pero por desgracia, estos talleres de producción habitualmente tienen una lectura problemática debido a su antigüedad y a los efectos postdeposicionales provocados por el hombre. Para paliar estas carencias los exámenes de laboratorio son la mejor vía de interpretación del registro, ya que nos informan de los procesos incluso sin conservar las instalaciones que las produjeron. En este sentido, destacan los análisis de las escorias, materiales de desecho en aquel momento, pero que hoy en día cobran un protagonismo absoluto gracias a una lectura estrictamente arqueológica (Rovira y Renzi 2010) (esto es lo

que vamos a hacer con las escorias del yacimiento de Arrastaleku –Bilbao–, donde apareció el horno totalmente arrasado pero pondremos a prueba el potencial interpretativo de las escorias gracias a los análisis mediante SEM y DRX. El trabajo está subvencionado por la Diputación vizcaína y el Museo de la Minería y será realizado en colaboración con el CSIC y Tecnalia.)

4. CONOCER PARA PROTEGER, DIFUNDIR PARA CONOCER.

Tras la argumentación metodológica, esta afirmación define uno de los ejes de nuestro proyecto, esencial para asegurar la pervivencia futura de este delicado patrimonio enterrado. Es evidente que hemos de revertir a la sociedad lo que ha invertido en la investigación, y que es necesario conocer el patrimonio para desear su conservación. Por este motivo, nuestra actuación se ha basado en la conservación de este legado histórico (así surgió la iniciativa) y en la investigación de estas ferrerías, pero también en la valoración de estas entidades patrimoniales y la socialización del conocimiento adquirido. Valoración y socialización que proponemos, además de utilizando los recursos habituales de comunicación científica, congresos de especialistas como el Coloquio que aquí nos ocupa, recursos web y uso de los medios de comunicación, mediante otra serie de contenidos y herramientas específicas que enunciamos a continuación.

4.1. Expo-haizeolak

Sin perder de vista que somos el equipo de arqueología de un museo minero, la primera propuesta sería de difusión en Bizkaia comenzó en el 2011, como no podría ser de otra manera, con la divulgación del conocimiento adquirido sobre estas ferrerías mediante la organización de una exposición temporal en el propio museo, pero con vista a ser un escaparate itinerante sobre un fragmento de nuestra historia al parecer bas-



Figura 10. Exposición temporal en Santa Clara (Portugalete)



Figura 11. Niños en la haizeola experimental, vista gral. y procesos

tante desconocido para el público en general. La exposición “Haizeolak: arqueología de los primeros mineros y ferrones de Bizkaia” realizada en colaboración con el Arkeologi Museoa de Bilbao y el Ayuntamiento de Portugalete, contiene los siguientes recursos: paneles explicativos, maqueta de una ferrería de monte creada *ex proceso* para el evento, materiales arqueológicos recogidos en diferentes yacimientos, facsimil de la Carta Puebla fundacional de la villa de Portugalete (1322)⁷, y soporte audiovisual.

La exposición ha recorrido ya cinco municipios de la Margen Izquierda del Nervión y Zona Minera y recalará el próximo 2015 en Bilbao. Además de la conferencia inaugural y la posibilidad de visitas guiadas, se ofrece a los ayuntamientos de municipios por los que pasa la oportunidad de colaborar con los colegios e institutos interesados en integrar este nuevo conocimiento histórico en el currículo educativo, tal y como veremos a continuación.

4.2. “Los ferrones en la escuela”.

En numerosas ocasiones se han puesto todos los medios necesarios para hacer accesible el patrimonio arqueológico a la sociedad a través de su conversión en un producto turístico (Pérez-Juez 2010:15). Sin entrar en este debate, nuestra propuesta va en otra dirección y ¿por qué no convertirlo en un producto educativo?, aún mejor, ¿si sustituyéramos la palabra “producto”, con todo su sentido y connotaciones, por “proyecto”? En aras de explicar esta humilde incur-

sión en el ámbito educativo, hemos de decir que observando el currículo escolar existen tres momentos adecuados para introducir el tema de la arqueometalurgia del hierro y la explotación histórica de nuestros recursos naturales:

En Primaria sería en 3º, dentro de la asignatura de Conocimiento del medio, relacionado con los temas de “Relieve y minerales”, donde se avanza sus diferentes tipos de explotación minera y de su transformación (con referencia directa al oligisto), y con el tema de “Las huellas del pasado”. Con niños de esta edad, hemos realizado una actividad que propone la visita a nuestro museo para observar la mina exterior, la sala de minerales con especial atención a los distintos tipos



Figura 12. Adolescentes en haizeola experimental con el fuelle

⁷ Primer documento escrito vizcaíno que hace referencia a este tipo de yacimiento arqueometalúrgico debido a la intención del poder señorial de controlar esta importante actividad productiva.

de hierro que tenemos y ubicación general. Pasando a continuación a nuestro taller de arqueología experimental que recrea una ferrería de monte medieval, donde se explica el proceso de reducción directa que convertía el mineral en hierro metálico. Aquí ponemos en práctica su participación en diversas fases como el triturado del mineral calcinado en el mortero, o la creación de una “haizeola txiki” con barro y paja, por ejemplo.

En Secundaria, está el grupo curricular que en más ocasiones ha integrado nuestro proyecto, en concreto en 1º de ESO en la asignatura de Tecnología. En este caso, lo hacen bien en visita guiada a la exposición temporal con una charla más visual y teórica (con posibilidad de manipular algunos materiales arqueológicos), o bien directamente en el taller experimental del museo donde pueden avivar el horno con el fuelle por ejemplo, participar mientras efectuamos la construcción o las reparaciones necesarias del taller, en alguna de las fases del proceso manual que se desarrollaba en estos rellanos productivos. Así mismo, otra actividad diferente realizada con estos grupos de Tecnología, es la creación de un poster digital colectivo con ayuda de herramientas como Glogster y Gogle maps donde se recogen los diferentes recursos histórico-tecnológicos preindustriales de su municipio concreto con especial atención a las haizeolas.

Por último, en 1º de Bachiller nuestro estudio sobre el antiguo sistema de reducción del hierro por el método directo, tiene perfecto encaje en la asignatura de Tecnología Industrial I, en el tema de “Materiales metálicos: metales ferrosos o férricos”. En este caso tras las generalidades acerca de los diversos metales se habla directamente del proceso siderúrgico, y es en ese momento donde hemos propuesto explicar el proceso de transformación físico-química que se produce en los antiguos hornos de las ferrerías de monte. En este caso se ha realizado visita a la reproducción del taller experimental de nuestro museo minero, para posteriormente trabajar en equipos varios recursos web de historia local y arqueología en clase.

Como podemos observar el recurso a la **arqueología experimental** está presente en todos los niveles educativos. No hemos de desdeñar el poder de transmisión directa que posee esta herramienta de investigación a la hora de recrear en una imagen histórica las condiciones ideales de un antiguo taller ferrón. Se trata de un medio de exposición permanente, de alto valor científico, y reutilizable en ámbitos tan diversos como el educativo, museístico, puramente experimental, ante los medios de comunicación, o en eventos científicos, como el realizado en este I Coloquio de Arqueología experimental del hierro y Paleosiderurgia que presentamos. Lo habitual es que en cada experimentación se sucedan más de uno de los ámbitos mencionados.

4.3. “Tras el hierro antiguo”.

Un buen ejemplo de lo que acabamos de mencionar, es el documental que sobre el proceso de investigación que hemos desarrollado en Bizkaia ha estado grabando a lo largo de varios meses un equipo del programa de ciencia y tecnología de la ETB, Teknopolis, y que ha culminado con la grabación del taller experimental que hemos construido en el museo. El filme, a lo largo de 30 minutos, documenta diferentes facetas de nuestro proyecto desde el trabajo de campo exploratorio, intervenciones arqueológicas, documentación de un horno de reducción en su contexto arqueológico, exposición temporal y fabricación y funcionamiento del taller de producción experimental. El resultado ha sido emitido en la televisión y se presentará también a concurso en la edición 2014 del FICAB (Festival Internacional de Cine Arqueológico del Bidasoa).

4.4. Paneles interpretativos y musealización *in situ*.

Fuera de las aulas y los espacios expositivos, también hemos dado los primeros pasos para hacer difusión en los propios yacimientos arqueológicos. Las haizeolas comparten con otros registros arqueológicos no monumentales la necesidad de intentar preservar día a día el frágil y no renovable vestigio de nuestra memoria. Para ello, además de su inclusión en el inventario general del patrimonio histórico vasco, nos ha parecido interesante seleccionar alguno de los 170 yacimientos documentados en Bizkaia para colocar un panel informativo que desvele alguno de los secretos de este patrimonio enterrado. Esta iniciativa, realizada en el 2014 y subvencionada por Euskotren, Museo de la Minería del País Vasco, Diputación Foral de Bizkaia y ayuntamientos de Bilbao y Gordexola, nos ha permitido colocar tres paneles interpretativos en lugares significativos por diversos motivos.



Figura 13. panel y rueda de prensa en el monte



Figura 14. Panel de Lekubarri (Gordexola)

Panel de Arrastaleku (Bilbao): se trata de una haizeola en funcionamiento entre la segunda mitad del S.XI y la primera del S.XII. Fue el primer panel de este tipo colocado en Euskadi en enero del 2014 junto a un camino tradicional de subida al Pagasarri (uno de iconos montañosos de Bilbao). Se logró hacer una convocatoria de prensa en el monte que nos servía para presentar nuevos datos sobre este yacimiento y los otros 9 del municipio en referencia a su oficio y una tecnología especializada que se insertaba en su sociedad medieval antes de la fundación de la villa en 1300.

Panel de Akalarra (Dima): datada en el S. IV d. C mediante C14. Es la más antigua de Bizkaia datada por este método y la única de las 170 que se halla dentro de un espacio protegido, en este caso el parque natural de Urkiola. Ubicada a 730 m. de altitud, es un sujeto de investigación interesante porque nos puede ofrecer una imagen antigua de cómo se explotaban los recursos naturales en esta zona de montaña.

Panel de Lekubarri (Gordexola): Es un yacimiento singular por su datación altomedieval del S.VII, que

conecta las haizeolas de época tardorromana con el grueso de dataciones plenomedievales, y por encontrarse en el límite con Alava, ciertamente alejado de la gran franja de mena de hierro que atraviesa Bizkaia (NO-SE) de donde proviene el mineral que allí se utilizó según la muestra obtenida en cata.

Por otra parte, el equipo de arqueología tiene ahora mismo un proyecto de musealización *in situ* de la ferrería de monte intervenida de Peñas Negras (Ortuella) del S. XI-XII, ubicada a tan sólo 300m. del Centro de Interpretación Medioambiental de Peñas Negras. En este lugar presentaríamos los restos de horno de reducción y el lugar de calcinación al descubierto con los sistemas de protección y musealización necesarios. Para ello, el Dpto. de montes de la Diputación foral ha contribuido con el primer paso, consistente en hacer accesible el yacimiento con la apertura de un nuevo camino. Por el momento, continuamos negociando la financiación necesaria para colocar en abierto, por primera vez en nuestro país, un sitio de producción aislado de estas características

5. CONCLUSIONES.

La complejidad habitual de la investigación en torno a las ferrerías de monte, propició en un principio la creación de un equipo multidisciplinar adaptado a este registro arqueológico que permitió localizar, conocer, y otorgarle una protección legal a un grupo de 170 yacimientos en Bizkaia. Posteriormente gracias a la colaboración y consolidación de adecuados grupos de trabajo, hemos conseguido afrontar con garantías las distintas facetas metodológicas necesarias para conocer el espesor histórico que se esconde bajo los escoriales. Por ejemplo, las excavaciones practicadas en Callejaverde y Peñas Negras junto con otros compañeros (Franco, *et al.* 2015: 181) nos ha posibilitado caracterizar una instalación siderúrgica plenomedieval y su correspondiente ciclo de producción.

Con este corpus teórico, hemos presentado en este artículo la recreación experimental de un taller ferrón completo propio de los S. XI al S.XIII en el Museo de la Minería del País Vasco. Confiábamos en que esta iniciativa generase una serie coherente de imágenes del pasado sobre la explotación de los recursos férricos y su transformación, totalmente fundamentadas en el registro arqueológico. El recurso a las analíticas de los materiales obtenidos vía MER y DRX nos proporcionará nueva documentación sobre el trabajo experimental y la continuidad de este experimento científico, será una herramienta que nos ha de permitir cuestionar ciertas premisas historiográficas y que nos ha de servir para ajustar mínimamente las teorías construidas merced a las excavaciones respecto al método de producción utilizado.

El horno de reducción de tipo medieval que hemos construido se trata de un ejemplo sin sangrado inferior de escorias, con una sola tobera de aireación y un pequeño agujero en el fondo que aunque no permitiría su vaciado, si favorece el tiro natural. El modelo puede parecer tecnológicamente “primitivo” para esta época, dado que se descarga también por arriba, pero no cabe duda de que este hecho abre nuevas e interesantes hipótesis sobre la suficiencia de la tecnología empleada por nuestros ferrones, sobre la heterogeneidad de los tipos que nos encontramos y su evolución en el tiempo, así como interesante cuestiones acerca de la validez de los modelos evolutivos de los hornos que hasta el momento venimos manejando en arqueología.

En Bizkaia contamos con ferrerías de monte documentadas desde la época bajoimperial romana a la plenomedieval, pero por desgracia no podemos individualizar cada uno de estos periodos desde el punto de vista de tecnológico porque no contamos en la actualidad con datos suficientes que avalen diferencia alguna a lo largo de estos mil años de producción. Por otra parte, habrá que intentar relacionar progresivamente este trabajo especializado y de claro valor añadido,

con el papel que desempeñaban aquellos ferrones en sus comunidades.

Son interesantes los pasos que hemos dado en los últimos años en torno a la difusión de nuestra investigación sobre las ferrerías de monte de Bizkaia y que hemos presentado en este trabajo. Es importante decodificar los contenidos del registro arqueológico para acercarlo a la sociedad y es importante también no menospreciar los esfuerzos que los profesionales realizamos en este sentido porque se trata de un trabajo que revierte de modo directamente proporcional en el futuro de nuestro proyecto. Las distintas iniciativas que mantenemos en marcha para transmitir nuestra labor nos han hecho ser “conocidos” en un principio, para pasar a ser “reconocidos” posteriormente a pequeña escala. Es especialmente gratificante observar como en determinados centros formativos de nuestra comarca se recoge este tema histórico dentro de su curriculum educativo y se abre la posibilidad de desarrollar un contacto directo entre arqueología y escolares.

Para terminar, como podemos comprobar con la publicación que tenemos entre las manos, hoy día proliferan los estudios arqueológicos sobre el aprovechamiento y transformación de los recursos minerales en diversas zonas del norte peninsular y áreas de montaña. Pero aun así, hemos de reconocer que trabajamos sobre un patrimonio frágil a pesar de las cartas arqueológicas y otros planes de protección⁸. La realidad en la que se encuentran nuestras ferrerías de monte es preocupante. Se trata de un patrimonio enterrado que ha de sobrevivir a remociones de tierra para la explotación de los montes, construcción de infraestructuras, etc. Hemos de continuar por tanto trabajando activamente por el conocimiento y la valorización permanente de estos pequeños yacimientos, tanto en la sociedad en general, como dentro de nuestra propia profesión (aún es habitual calificar nuestro trabajo en torno a unos mal denominados “patrimonios menores”. La pregunta lógica para una de las entidades arqueológicas más abundantes en nuestro territorio sería: ¿un conjunto de 170 “patrimonios menores” en un territorio concreto podría constituir un “patrimonio mayor”?). No cabe duda de que trabajamos sobre sitios de producción aislados, unos yacimientos de carácter “humilde”, pero personalmente no me cabe duda de que la historia del aprovechamiento de los recursos naturales por parte del hombre en nuestra región la ha escrito una legión de gente humilde, que generación tras generación ha sabido perpetuar un necesario conocimiento técnico que aún hoy se nos muestra esquivo en la práctica.

⁸ Existe en Bizkaia la ferrería de monte de Tellitu (Galdames), única declarada por Gobierno Vasco a instancia del Museo de la Minería del País Vasco como Bien Cultural con la categoría de Conjunto Monumental. Hecho en respuesta a su previsible destrucción por la industria forestal en aquel momento.

6. BIBLIOGRAFIA.

Alberdi, X., Etkezarraga, I.

- 2015 “Proyecto de investigación de las ferrerías de monte o haizeolak en Gipuzkoa y Álava. Avance de resultados” en Anejos de Kobie 13, Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.

Beyrie, A., Kammenthaler, E.

- 2005 Le centre siderurgique Antique de Larla. En Bulletin du Musee Basque, Bayona.

Cima, M.

- 1991 Archeologia del ferro. Ed. Nautilus. Torino.

Domergue, C.

- 1987 Catalogue des mines et des fonderies antiques de la péninsule Ibérique, II, Publications de la Casa de Velazquez, (serie Archeologie), Madrid.

Etkezarraga, I.

- 2004 “Paleometalurgia del hierro en el País Vasco Cantábrico: las Haizeolak. Un estado de la cuestión”, Munibe nº 56, 87-104.

Franco, F.J.: Fernández Carvajal, J.A.; Alberdi, X.; Etkezarraga, I.

- 2015 “Ferrerías de monte Callejaverde y Peñas Negras. Nueva tipología de horno plenomedieval y metodologías aplicadas a su estudio”. En Kobie, Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.

Franco Pérez, F. J.

- 2007 “Nuevas propuestas de prospección arqueológica en la región cantábrica: el caso de las ferrerías de monte de Bizkaia”, en Territorio, Sociedad y Poder. Ed. TREA, Oviedo, 37-52.
- 2011 “Tras las huellas de los primeros ferrones. Estudio, protección y valorización del patrimonio paleosiderúrgico en Bizkaia”. *Arkeoikuska* 2010, 23-34.

Francovich, R.

- 2008 La arqueología medieval: entre la historia y la gestión del patrimonio. Ed. Universidad de Granada.

Gallego Cañamero, J.M.

- 2013 “La siderurgia en el mundo ibérico. Primeros datos a través de la experimentación arqueológica” en Palomo, A.; Pique, R. y Terradas, X. (ed.) Experimentación en arqueología. Estudio y difusión del pasado. MAC. Girona.

García Sanjuán, L.

- 2005 Introducción al Reconocimiento y Análisis Arqueológico del Territorio. (Serie Ariel Prehistoria). 1ª ed, Barcelona.

Gener Moret, M.

- 2010 “Tecnología de la metalurgia del hierro”, en I. Montero (Coord): Manual de arqueometalurgia. Cursos de formación permanente para arqueólogos. Museo Arqueológico regional de Madrid y Sección de arqueología del CDL de Madrid. Madrid.

Gómez Filgueiras y Bragge, F.

- 2013 “Paleoescoria de hierro de O Neixón. Informe arqueometalúrgico. Caracterización”, en Bonilla Rodríguez, A; Fábregas Valcarce, R.: Escavacións arqueolóxicas e labores de restauro no complexo arqueolóxico dos castros do Neixón (Boiro, A Coruña). Campaña 2012. Memoria Técnica. Inédito.

Gorrotxategi, J. y Yarritu, M. J.

- 1984 “Prospecciones arqueológicas durante 1983. Del Eneolítico a la Edad Media: asentamientos ala aire libre, necrópolis y ferrerías de monte”. En Eusko-Ikaskuntza. Donostia-San Sebastián.

Mannoni, T. y Giannichedda, E.

- 2004 Arqueología de la producción (serie Ariel prehistoria) 1ª ed., Barcelona.

Montero Ruiz, I. y Rovira Llorens, S

- 2010 “Introducción a la arqueometalurgia” en I. Montero (Coord): Manual de arqueometalurgia. Cursos de formación permanente para arqueólogos. Museo Arqueológico regional de Madrid y Sección de arqueología del CDL de Madrid. Madrid.

Pereda García, I.

- 1997 “Aportación al conocimiento de la metalurgia del hierro en los s. XI-XIII en Bizkaia: yacimiento de Oiola IV”, en Kobie (Serie paleoantropología, nº 24). Bilbao.

Pérez-Juez Gil, A.

- 2010 *Gestión del patrimonio arqueológico*, Ariel, Barcelona.

Pleiner, R.

- 2000 Iron in archaeology, the european bloomery smelters. Archeologický ústav AV.Praga.

Rovira, S. y Renzi, M.

- 2010 “Las operaciones piro metalúrgicas y sus subproductos” en I. Montero (Coord): Manual de arqueometalurgia. Cursos de formación permanente para arqueólogos. Museo Arqueológico regional de Madrid y Sección de arqueología del CDL de Madrid. Madrid.

Ruiz Zapatero, G.

- 2005 “La prospección arqueológica de superficie en los inicios del siglo XXI”, en *Arqueología Espacial*, nº 24-25. Teruel.

Serneels, V.

- 1993 “Archeometrie des escories de fer. Recherches sur la siderurgie ancienne en Suisse occidentale”, en *Cahiers d'archeologie romande*, nº 61. Lausanne.

Simón, J. el al. ,

- 1999 “Caracterización de las escorias de hierro y su interpretación en el contexto histórico arqueológico”. En *Actas del II Congreso Nacional de Arqueometría. Caesaraugusta*, nº 73. Institución Fernando el Católico, Diputación de Zaragoza.

Tylecote, R.F.

- 1992 *A History of Metallurgy*. J. Iron Steel Inst., Londres.