

CAPITULO 06

LA TÉCNICA SIMULADA. ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL

Una vez examinados los resultados obtenidos por el análisis arqueológico y arqueométrico, la arqueología experimental realizada a partir de dichos resultados se constituye como una fuente sustancial para analizar este complejo fenómeno social de la antigua tecnología de la paleosiderurgia prehidráulica en nuestro territorio.

El hecho de que gran parte de este conocimiento se halla perdido hoy en día, y no tenga además equivalente en nuestro mundo desarrollado¹²¹, hace que sea escasamente familiar para los arqueólogos, con el riesgo que ello conlleva a la hora de recuperar información mediante intervenciones arqueológicas. La arqueología experimental se muestra a la vez, como un campo formativo e informativo de primer orden para comprender mejor el registro arqueológico que investigamos, pero sobre todo, como un campo de pruebas donde testar las hipótesis de trabajo bajo condiciones controladas (Reynolds 1999), y al que nosotros le podemos añadir el rol de la experiencia humana y el componente fenomenológico (Mathieu 2002).

Los motivos principales por los que se ha decidido realizar una serie de experimentaciones dentro de este proyecto son los siguientes:

1. conocer con detalle el ciclo de producción del hierro en el País Vasco replicando los talleres identificados a través de la excavación.
2. interpretar con rigor los registros arqueológicos, que no son siempre fáciles de decodificar cuando se trata de centros de producción.
3. Crear instrumentos y ocasiones de socialización patrimonial.

La arqueología experimental tiene una larga tradición como sistema generador de conocimiento científico (ASCHER 1961), pero podríamos afirmar, que en al igual que ocurre con la investigación en arqueometalurgia del trabajo del hierro en Europa, la arqueología experimental del hierro se halla en plena efervescencia investigadora en los últimos años, tal como demuestra por ejemplo el peso propio que tiene la arqueología experimental en los diversos congresos de arqueometalurgia¹²², o en congresos sobre experimentación y paleosiderurgia como el organizado en el Museo de la Minería del País Vasco en el 2014 y que referiremos en el próximo capítulo¹²³. Otro indicador de la actividad investigadora a este respecto son las numerosas publicaciones científicas que se están editando; en especial podríamos mencionar por ejemplo aquellas específicas sobre arqueometalurgia experimental que realiza *Historical Metallurgy Society* (sociedad a la cual pertenecemos)¹²⁴. Un gran arqueometalurgista, Peter Crew realizaba hace poco una reflexión acerca de sus 25 años de experimentación sobre el antiguo trabajo del hierro señalando avances derivados de los datos experimentales, y la aplicación de estos modelos a los yacimientos arqueológicos, estudiando la ventilación forzada mediante fuelles, recabando datos precisos de materiales (por ejemplo sobre la pérdida de material en el proceso de afino del tocho de hierro), etc. (Crew 2013)

A continuación analizaremos el proceso de experimentación desarrollado en nuestro proyecto, prestando atención a los objetivos, ensayos experimentales y resultados obtenidos

121 En este sentido, es necesario buscar un equilibrio entre aprovechar las virtudes de la etnoarqueología para buscar posibles relaciones entre las conductas humanas y la cultura material que hallamos en nuestro territorio por una parte (Binford 1983; Hernando 1995) y fijar la mirada crítica sobre las investigaciones de base etnográfica de sociedades contemporáneas que manejan aún antiguas tecnologías para producir hierro por otra parte, porque nos podrían dar la sensación errónea de que existió en todas las sociedades una sola línea de evolución tecnológica (Doonan y Dungworth 2013).

122 Como por ejemplo el que se celebra en honor del recientemente fallecido Radomir Pleiner en la república Checa: *Iron in Archaeology: Conference in honour of Radomir Pleiner* (30 de mayo y 1 de junio del 2017).

123 I Coloquio de Arqueología Experimental del hierro y Paleosiderurgia. Gallarta, mayo de 2014.

124 Dungworth, D. y Doonan, R. (eds.) 2013. *Accidental and experimental archaeometallurgy*. Historical Metallurgy Society Occasional Publication, nº7

6.1. EN LA PIEL DE LOS MAESTROS FERRONES

Uno de los objetivos esenciales de las experimentaciones practicadas ha sido tratar de reproducir en el exterior del Museo de la Minería del País Vasco una ferrería de monte plenomedieval siguiendo los resultados obtenidos en las excavaciones practicadas en el noroeste vizcaíno, de manera que se pudiera abordar de modo experimental el proceso completo de producción del hierro prehidráulico en un taller de las características de una ferrería de monte.

Hoy día contamos afortunadamente con evidencias arqueológicas suficientes que nos permiten discernir qué partes del proceso del antiguo ciclo de producción del hierro se realizaban en el taller paleosiderúrgico y cuáles se ejecutaban fuera de estos rellanos productivos. Las construcciones interpretativas de modelos experimentales están basadas por tanto en evidencias arqueológicas directas recuperadas en Bizkaia hasta el momento, y la experimentación desarrollada está concebida de un modo científico, tanto en lo que se refiere a la documentación de los procesos, temperaturas y tiempos, como a la realización de los posteriores análisis arqueométricos.

El método experimental que desarrollamos va en la línea de la definición de Mohen, quien afirma que la arqueología experimental es “una simulación del presente para entender mejor una situación del pasado” (Mohen 1992). En cambio, no somos partidarios del término “reconstrucción” experimental de un taller ferrón (muy utilizado en este ámbito) porque creemos que para poder reconstruir algo debemos conocerlo, y ya hemos manifestado con anterioridad que partimos de la base de que trabajamos sobre un registro arqueológico ciertamente fragmentario (Pleiner 2000; Doonan y Dungworth 2013; Franco *et al.* 2015), a pesar de disponer de uno

de los registros de ferrería de monte más completo de la Península Ibérica (Franco 2014).

En aras de garantizar el rigor y procesamiento científico de los datos, no se ha querido utilizar instrumental actual del tipo de fuelles eléctricos por ejemplo, que posteriormente derivase en conclusiones o hipótesis sobre algunos aspectos sociales, políticos y económicos de unas comunidades rurales vizcaínas que trabajaban el hierro de un modo absolutamente manual. Aunque lógicamente, no renunciamos a integrar en nuestro proyecto la valiosa información que pueden aportar los experimentos realizados con tecnologías actuales, que nos pueden ayudar a objetivar sin duda nuevas hipótesis de trabajo en el proceso manual de experimentación.

Las sesiones experimentales desarrolladas en el marco de la investigación se han convertido en una herramienta excelente para entender mejor cómo era el trabajo artesano de los antiguos ferros. Tras los diversos ensayos realizados, la actividad experimental nos ha hecho sentir por una parte, mayor proximidad al trabajo de aquellos artesanos del hierro, y por otra nos ha puesto en la senda de un conocimiento no escrito, transmitido de modo puramente empírico y fenomenológico, referente no sólo a las diferentes técnicas a utilizar en la cadena técnica operativa que se desarrollaba en el propio taller ferrón, sino también en lo concerniente a los tiempos y diversos aspectos sobre la organización del trabajo.

Ha quedado fuera de nuestro alcance experimental, la realización del proceso del carboneo dada la imposibilidad de obtener madera de haya y roble por ser especies protegidas en nuestros bosques. Hemos recurrido sin embargo, a un carbón de encina de proceso ecológico con gran poder calorífico. Sí hemos podido recuperar el proceso de obtención del mineral, que lo hemos extraído y seleccionado a cielo abierto en busca de aquel óxido de hierro (hematites roja) hoy prácticamente extinguido, y también la obten-



Figura 102. Interior del fondo de un horno experimental en funcionamiento desde el pequeño agujero de 5 cm que tiene en el fondo del crisol.



Figura 103. El desarrollo de la experimentación durante horas, impone la necesidad incluso de trabajar la noche anterior en el proceso de reducción. Taller experimental del Museo de la Minería del País Vasco, 2014.

ción de materiales constructivos para el horno de reducción, como la arcilla que ha tenido que ser seleccionada y extraída del terreno, y las piedras areniscas conseguidas con relativa facilidad en el entorno próximo.

6.2 ENSAYO-ERROR: TRES TIPOS DE HORNOS DE REDUCCIÓN

Hasta la fecha de redacción de estas líneas, hemos realizado siete sesiones experimentales en cuatro hornos de reducción de diferentes tipologías. Las dos primeras se realizaron mediante tiro natural (el aire penetra por alguna abertura del fondo del horno y sube gracias al efecto chimenea), la última se realizó mediante tiro inducido (la ventilación del horno es forzada a su interior mediante

fuelles manuales de modo constante), y las cuatro restantes se realizaron mediante un sistema combinado (que alternaba el tiro natural y el inducido en periodos alternos de media hora aproximadamente)

Las dos primeras reducciones realizadas en el año 2012 en el museo de la Ferrería del Pobal (Muskiz) se hicieron combinando los conocimientos teóricos con los prácticos de la mano del experto forjador alavés Luis Padura, que ha continuado colaborando con nosotros recurrentemente. El interior de los hornos se asimilaba al del yacimiento de Callejaverde, pero sin embargo se practicó un agujero o dama inferior (aunque la extracción se hizo rompiendo el horno por la parte superior) y le colocamos un cierre en forma de chimenea para favorecer la atmósfera reductora en su interior y el tiro. Motivo por el cual a pesar de tener una tobera, funcionaban perfectamente con tiro natural debido a su diseño técnico¹²⁵.

En el año 2014 en el marco del denominado "Taller de arqueología experimental del hierro: construcción de una ferrería de monte medieval" realizado en correspondencia del *I Coloquio de arqueología experimental del hierro y Paleosiderurgia* Celebrado en el museo minero creamos un taller estable de experimentación en los exteriores del mismo. Con el objetivo de documentarlo lo más fehacientemente posible, utilizamos las evidencias arqueológicas recabadas hasta el momento en Bizkaia gracias a las obtenidas en Peñas Negras (siglos XI-XII) y Callejaverde (siglo XIII) (Franco et al. 2014). No incidiremos ahora en los detalles de su construcción y resultados, relatados con más detalle en esta publicación del citado Coloquio, tan sólo apuntar que se diseñó el taller de producción en planta primero y se fueron añadiendo posibles reproducciones referentes a las diferentes fases de la cadena siderúrgica prehidráulica documentados en las excavaciones: depósitos de almacenamiento de carbón y mineral, horno de tostación, mortero fabricado en arenisca para triturar el mineral calcinado, depósito de agua en el rellano, gran bloque de piedra para la forja primaria, y por supuesto el horno de reducción que se instaló creando un pequeño desmonte en el terreno natural.



Figura 104. Escoria experimental de sangrado obtenida en el Pobal.



Figura 105. Horno de El Pobal. Izda. Vista cenital de interior del horno en fase de construcción. Dcha. Horno construido y calcinación del mineral al aire libre.

125 La diferencia de diámetro entre la cubeta y la chimenea favorece y explica la aceleración de los gases ascendentes siguiendo el principio de continuidad de los fluidos de la Dinámica de Fluidos, según la siguiente fórmula: $A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$ (donde A=Área de la sección transversal del conducto y V=Velocidad del fluido que atraviesa el conducto) (Gallego 2014).

La construcción completa del taller experimental fue realizada por tres personas en una jornada de trabajo a tiempo completo antes de poder encender el horno de reducción para su primer secado.

En mayo del 2016 decidimos realizar, dentro del marco del saludable debate interno que mantenemos en el equipo de investigación y contemplando todas las posibilidades, la construcción un horno reproduciendo estrictamente en esta ocasión los planos arqueológicos de registros que encontramos en los dos yacimientos antes enumerados, y el entonces descubierto en Peña Helada 1 (siglos XI-XIII). Es decir, un horno ligeramente exvasado y abierto, sin cierre superior mediante una chimenea¹²⁶ y ciertamente muy parecido al perfil de los hornos de las posteriores ferrerías hidráulicas en el País Vasco como veremos en la discusión (Urteaga 2000). De este modo, instalamos en el taller experimental del museo

126 Ya hemos expuesto en las conclusiones del capítulo 4 los datos a favor y en contra de esta afirmación.



Figura 106. Dúptico anunciante del taller de arqueología experimental del hierro celebrado en el Museo de la Minería del País Vasco. Fuente: Museo de la Minería del País Vasco.



minero un horno de reducción adosado a la ladera mediante un corte efectuado al efecto en la misma, que acoge tanto la rampa de extracción de la lupia reforzada con una losa de arenisca, como la pared del fondo del horno aislada con arcilla directamente de la ladera y un hueco donde instalar la zona de trabajo del fuelle frente a la tobera.

Tras la construcción del horno de reducción, se puede afirmar que esta puede ser la imagen más parecida al registro puramente arqueológico que hallamos en cronología plenomedieval en el noroeste de Bizkaia. Sin embargo, desde el punto de vista experimental, el ensayo no vino a cumplir nuestras expectativas porque no logramos una buena eficiencia térmica¹²⁷. Consecuentemente tampoco se creó la atmósfera reductora adecuada, y la amalgama escoriácea que conseguimos a modo de lupia frente a la tobera (posición habitual y lógica de la esponja de hierro en cualquier tecnología metalúrgica) se disgregó en múltiples fragmentos pasadas unas horas.

En esta ocasión, utilizamos por primera vez un fuelle de concertina de mayor capacidad y velocidad que el fuelle de plato que habíamos usado en los cinco experimentos anteriores. Quizás anteriormente habíamos podido caer en cierto "primitivismo", en la creencia de que este antiguo oficio de ferrón había de usar un sistema de ventilación también primitivo a priori. Lo cierto es que en el registro arqueológico europeo no aparece evidencia alguna del tipo de fuelles usados en hornos de reducción prehistóricos ni medievales (Pleiner 2000), pero dado que lo que estamos simulando es un horno plenomedieval en este caso, hemos encontrado evidencias del uso de este tipo de fuelles en dicha época como se aprecia en la figura 109 por ejemplo.

Evidentemente una de las características favorables de la experimentación frente a la excavación arqueológica es la posibilidad de ser replicados los experimentos. Aprovechando esta circunstancia, una de las propuestas de futuro en el tema experimental es

127 Existía una previsible gran pérdida de calor, y el pirómetro laser registraba en superficie temperaturas en torno a los 1.000°C, mientras que con el modelo de horno anterior llegamos a registrar con el puntero laser en superficie hasta casi los 1.300°C por ejemplo



Figura 107. "Taller de arqueología experimental del hierro" en el Museo de la Minería del País Vasco. Izda. Construcción del espacio del taller (en primer plano el agujero de carga y descarga del horno sobre la "rampa" interior). Dcha. Horno de reducción. Abajo se ve el agujero practicado en el fondo del crisol y a la izquierda la forma rectangular donde embocaría la tobera y el fuelle.



Figura 108. Horno de reducción abierto en taller de arqueología experimental del hierro del museo minero. Izda. Corte practicado en la ladera. Centro, horno en construcción. Dcha. horno en funcionamiento con ventilación inducida.

volver a poner en funcionamiento este modelo de horno proporcionándole un flujo constante de aire para incrementar la temperatura (se había hecho de modo combinado entre fuelle y tiro natural) y cerrando constantemente el agujero del fondo del crisol. Las variaciones de un experimento a otro han de ser mínimas para poder registrar adecuadamente los cambios si los hubiera. Aun así, el mayor hándicap para este horno abierto es su impresionante volumen (170 litros aproximadamente) respecto a otros experimentos realizados en hornos abiertos del tipo cuenco (O'Kelly 1961; Wynne y Tylecote 1958), y la ausencia de chimenea que no facilita por ejemplo el incremento de temperatura mediante el sistema de inducción.

En octubre del mismo 2016, en el marco del curso de Extensión universitaria que he codirigido junto con el profesor Francisco Muñoz denominado "Tras el secreto del hierro antiguo: Curso de Arqueología Experimental", realizamos nuestra séptima y última experimentación con un horno de nueva construcción en los exteriores del Centro Asociado de la UNED en Portugalete. En este caso de nuevo se ha construido un taller artesanal ferrón plenomedieval en sus diversas fases documentadas. El horno de reducción ha permanecido tres horas de calentamiento y nueve más de carga del horno y proceso de reducción del hierro. La ventilación en este caso ha sido continua con el fuelle incluso se ha utilizado un segundo fuelle de plato aprovechando el agujero del fondo del crisol que se ha usado intermitentemente.

El resultado han sido dos lupias, una de pequeño tamaño junto al mencionado agujero del fondo, y otra más grande pegada a la tobera de aireación que se ha compactado por primera vez mecánicamente mediante un mazo de madera sobre una piedra-yunque de forja primaria¹²⁸. Este caso ha sido probablemente el ensayo

más exitoso de lo desarrollados hasta ahora, lo cual muestra que estamos en el buen camino respecto a los objetivos que nos marcábamos en un principio y que disponemos de un modelo de horno experimental (cuyo interior reproduce los modelos arqueológicos y al que se le ha añadido una cúpula o chimenea baja) alimentado probablemente mediante un solo fuelle y que puede considerarse eficiente dentro de nuestras limitaciones técnicas.

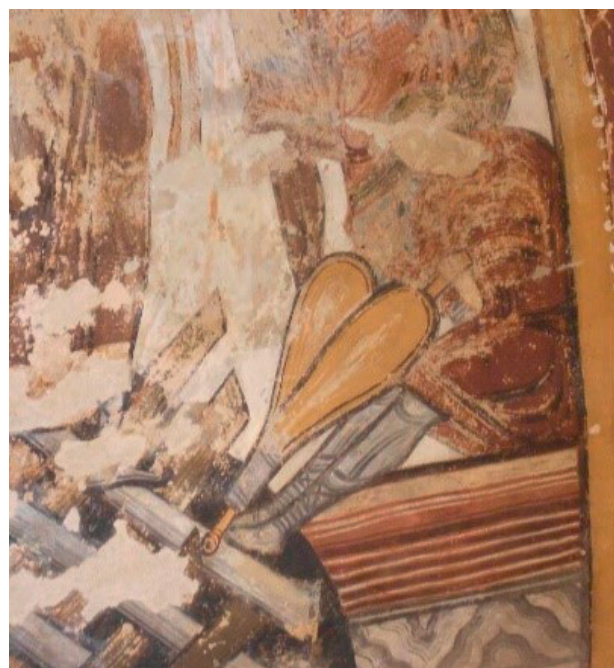


Figura 109. Martirio de San Cosme y San Damian. San Juan de la Peña (siglo XII). Fotografía: Iosu Etxezarraga.

¹²⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=TcUNWDR6HIE>



Figura 110. Experimentación en la UNED 2016, Centro asociado de Portugalete. Izda. Encendido nocturno del horno. Centro, Apertura del horno en la pared sobre la rampa interna. Dcha. lupia en el interior del horno.

6.3. ANÁLISIS MEDIANTE MEB Y DIFRACCIÓN POR RAYOS X

Se han realizado por el momento tan sólo analíticas del experimento 4 en el taller experimental del museo minero y del experimento 7 en el centro de la UNED de Portugalete. Ambos pertenecen al mismo tipo de horno. Las muestras del Experimento 4 (minerales y escorias) se analizaron mediante microscopía electrónica de barrido (MEB/SEM) y difracción por rayos X (DRX), mientras que las muestras de lupia escoriacea y escoria del experimento 7 se han analizado sólo con microscopía electrónica de barrido (MEB/SEM) y los resultados que presentamos a continuación acaban de llegar de modo preliminar antes de cerrar esta tesis.

El fin de estos análisis es intentar valorar de un modo más objetivo la eficiencia de los ensayos, y conocer los procesos de transformación físico, químico y mecánico del hierro acaecidos en el interior de los hornos experimentales, diferenciando así el mineral calcinado del que no lo está y la productividad del proceso técnico mediante el análisis de una lupia escoriacea y diversas escorias.

6.3.1. Arqueometría del experimento 4

a) EXP4 Escoria1

Esta es una escoria muy rica en magnetita y wustita, y con ferrosilicatos complejos, del grupo de los olivinos, que no están formados del todo. Todo ello es indicativo de un proceso que por un lado ha incluido malas condiciones de reducción, y por el otro, que probablemente no ha estado a la temperatura adecuada durante suficiente tiempo como para permitir que se formara una escoria fayalítica bien fluida, que se separara bien del mineral, y que permitiera que la atmósfera reductora actuara sobre los óxidos de hierro. Los escasos restos de hierro metálico o cuasi-metálico hallados en el interior de la escoria presentan cantidades importantes de cobre y azufre, y parecen restos de calcopirita. No se han detectado calcopiritas en los restos de minerales arqueológicos estudiados en este informe ni en las muestras tomadas del mineral del Experimento 4, pero el hecho de que se hayan hallado restos de Cu en otras inclusiones de Fe en algunas de las escorias arqueológicas, así como restos generalizados, aunque escasos, de S en muchas de las muestras, apunta a que el origen de estas formaciones pueda ser que el mineral venga ligeramente contaminado por calcopiritas en pequeñas cantidades, no siempre detectables, lo

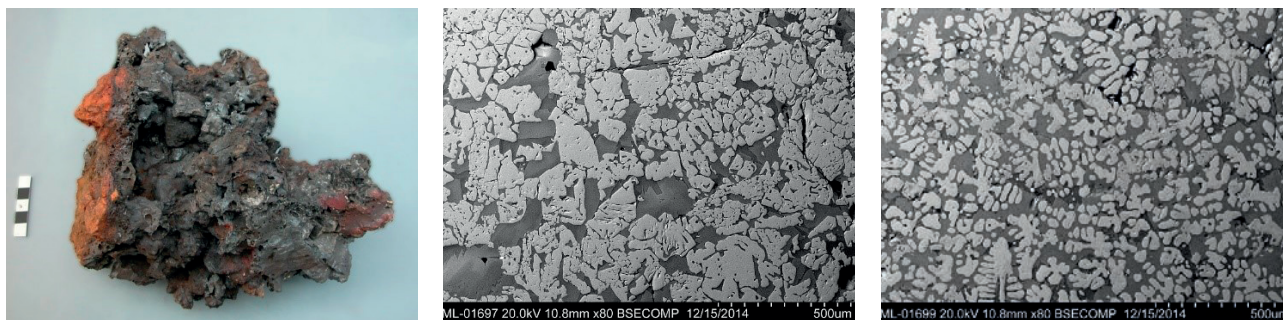


Figura 111. Izda: muestra. Centro: zona rica en magnetita ($\times 80$). Dcha: zona rica en wustita ($\times 80$).

cual no sería de extrañar puesto que se conocen este tipo de formaciones en el área geográfica de la provincia de Bizkaia. Pero el cobre, al reducirse con más facilidad que el hierro, aparecería siempre con prioridad en las pequeñas inclusiones de hierro que empezaran a formarse, de ahí que lo detectemos concentrado en esos puntos.

b) EXP4: Escoria2

Esta escoria, rica en wustita, con abundancia de magnetita, restos de ferrosilicatos en formación de la familia de los olivinos, y pequeñas y escasas inclusiones ricas en Cu, S y Fe, es completamente paralela a la escoria EXP4 Escoria1, y no aporta datos adicionales a las conclusiones obtenidas de su análisis, que se puedan aplicar también aquí: se trata de una escoria producto de una operación en que las condiciones en el interior del horno han resultado irregulares, con etapas de oxidación y reducción, que además no han permitido la formación de una escoria fluida que se separara bien del mineral. Las cantidades de inclusiones de composición calcopirítica son también consistentes con el hecho que se trate de una contaminación, probablemente del mismo mineral usado para la operación.

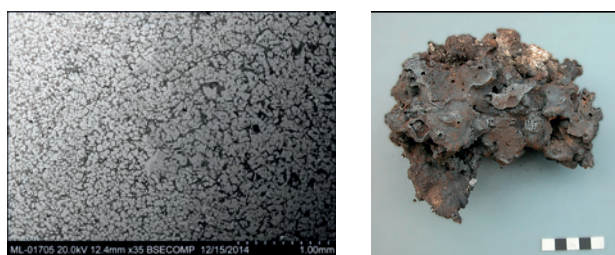


Figura 112: Izda.: muestra. Dcha.: Imagen (x35) donde se pueden observar los dos tipos de estructura en una misma zona, wustítica a la izquierda y magnetítica a la derecha.

c) EXP4 Min Crudo

En observación al MEB (figura 113), la muestra aparece muy homogénea y rica en mineral de hierro, apreciándose una morfología y una composición muy consistentes, con pequeñas inclusiones esporádicas. En la muestra se refleja un análisis de composición representativo de la fase mineral, con abundancia de óxido de hierro (80.31% FeO), que el análisis de XRD realizado en TECNALIA reveló ser hematita. También se detectan compuestos de Si y Al, pertenecientes a la ganga, así como cantidades minoritarias de Mn, Mg, Ca y P.

d) EXP4 Min Calc.

Al estudiarlo bajo el MEB (figura 114) se aprecia una fase mineral muy extendida y homogénea, rica en hierro, con algunas inclusiones de ganga que se presentan en agrupaciones. Desde un punto de vista morfológico, no se detecta ninguna diferencia visual destacable con las imágenes obtenidas con la muestra EXP4 Min Crudo, del mismo tipo de mineral pero que no había sido sometido a calcinación. Sí se detectan diferencias en composición, donde se aprecia un enriquecimiento notable en Ca, Mg y Mn, y aparece algo de K, este último probablemente introducido por el combustible. El proceso de calcinación llevado a cabo en este caso, con leña como combustible y en un horno abierto, basado en modelos arqueológicos, probablemente habrá favorecido la eliminación de agua y la descomposición de algunos carbonatos, lo que explicaría el enriquecimiento en alguno de los elementos. Si posteriores estudios comparativos de minerales sometidos a calcinación confirman que se trata de una tendencia consistente, detectable por análisis sencillos, este tipo de enriquecimiento, así como la presencia de K, puede representar un elemento identificativo para minerales sometidos a calcinación. Son necesarios, sin embargo, más estudios para tener una estadística fiable. Este primer experimento nos ha proporcionado solo una hipótesis de trabajo.

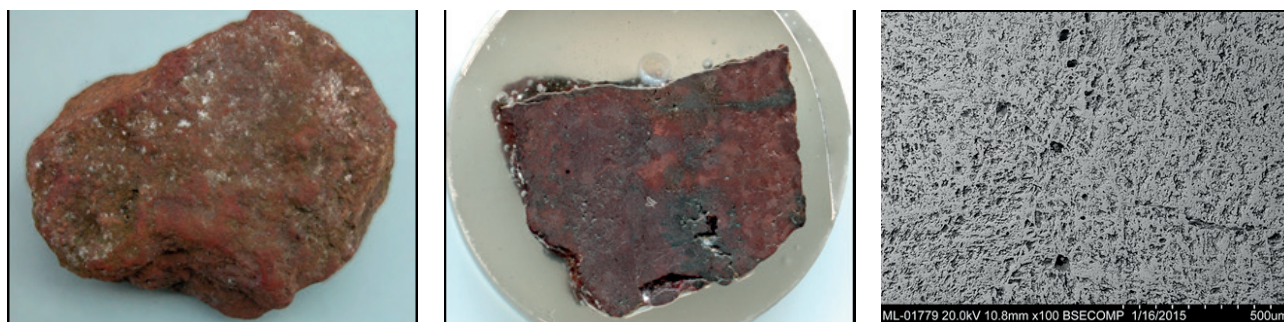


Figura 113. Izda: Muestra. Centro: muestra preparada. Dcha: Vista (x100). Imagen MEB.

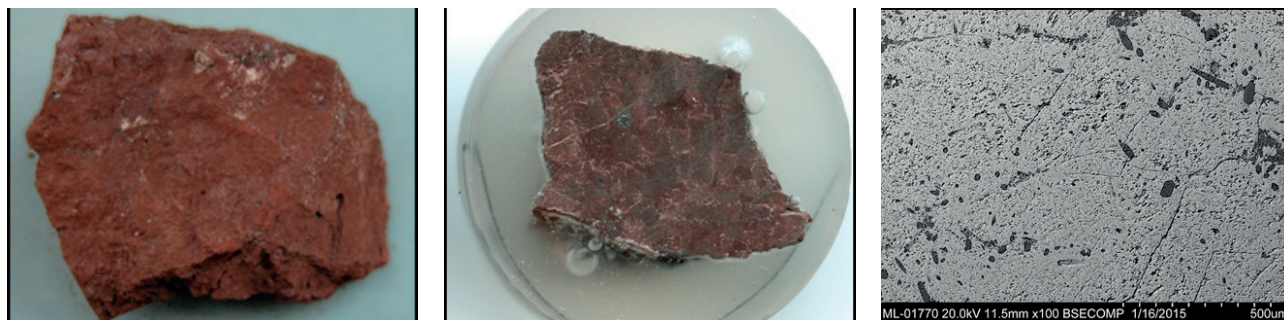


Figura 114. Izda. Muestra. Centro: muestra preparada. Dcha: Vista (x100). Imagen MEB.

6.3.2. Archeometría del experimento 7

a) EXP7 Lupia

El experimento produjo un bloque compacto compuesto en gran parte por escoria pero con presencia también de hierro metálico, como queda evidenciado por el reflejo que presenta al corte (figura 115 izda.). Se extrajeron muestras de este bloque o lupia y se estudiaron mediante microscopía electrónica de barrido y espectroscopia de dispersión de energía de rayos X (MEB-EDX). El estudio confirmó la presencia de hierro metálico en forma de agrupaciones de glóbulos (figura 115 dcha.) incrustados en una matriz de escoria, la cual está compuesta en su mayor parte de cristales poligonales de magnetita separados por un vidrio intersticial muy rico en calcio.

b) EXP7 Escoria

Esto se repite en el caso de las escorias producidas durante el experimento (figura 116 izda.), que a pesar de no haber llegado a producir hierro metálico mantienen una microestructura y composición similares a la matriz escoriácea de la lupia, con gran cantidad de magnetita en forma de cristales poligonales separados por un intersticial vítreo rico en calcio y hierro (figura 116 dcha.).

El resultado evidencia que las condiciones del interior del horno eran suficientes para producir hierro metálico pero no óptimas, puesto que gran parte del hierro presente en el mineral se perdió en la escoria. En general todo apunta a que las condiciones de reducción en el interior de la cámara del horno no se mantuvieron de manera lo bastante estable y durante suficiente tiempo para obtener un resultado más eficiente. Por lo tanto, esta es la dirección en la que trabajaremos en futuros experimentos, en la búsqueda de una mejora del beneficio del mineral, probablemente a través de un régimen de ventilación mejor adaptado a las características morfológicas del horno.

6.4 LA EXPERIMENTACIÓN COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN

Además de todas las posibilidades que ofrece al arqueometalurgista la documentación del conjunto de experimentaciones realizadas, de cara a corroborar o cuestionar las hipótesis planteadas durante la prospección y excavación de ferrerías de monte, los talleres experimentales suelen ser el escenario ideal donde mostrar de modo divulgativo la vida cotidiana en el pasado.

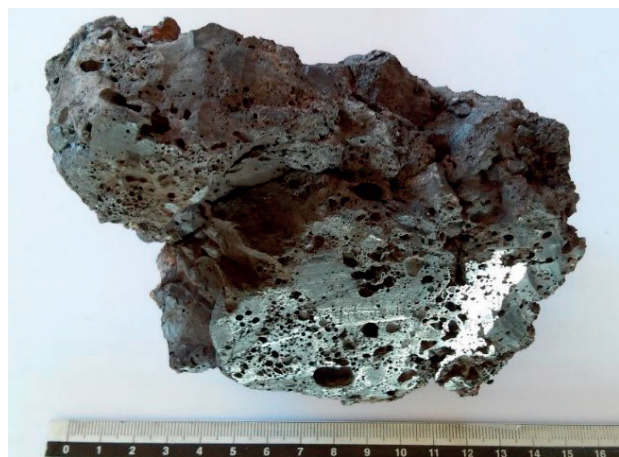


Figura 115. Izda: Lupia (bloque compuesto de escoria y hierro metálico) obtenido en el experimento. Nótese el reflejo metálico del corte realizado. Dcha: Imagen de la microestructura de la parte de la lupia que contiene metal. Los glóbulos de color blanco son de hierro metálico, los cristales poligonales grises son de magnetita y el material intersticial más oscuro es un vidrio rico en calcio. Imagen MEB, electrones retrodispersados.

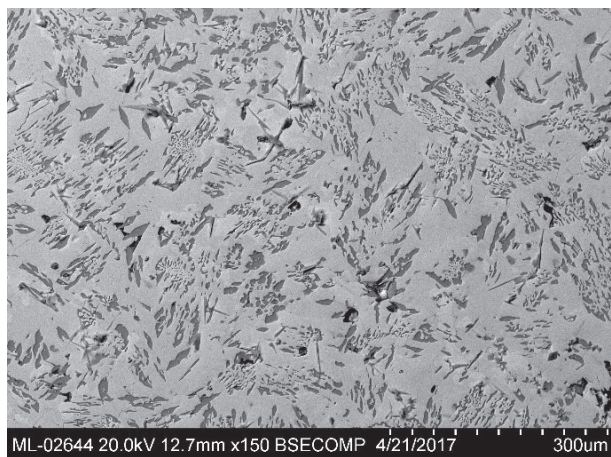
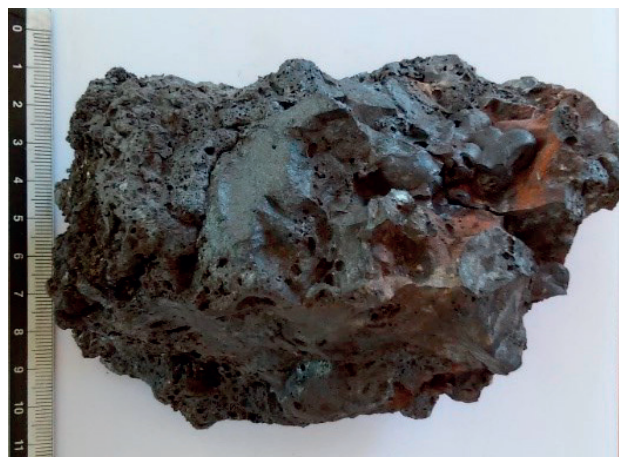


Figura 116 Izda: Escoria producida en el experimento de reducción. Dcha: Imagen general de la microestructura de la escoria. Los cristales poligonales grises son principalmente de magnetita y el material intersticial más oscuro es un vidrio rico en calcio y hierro. Imagen MEB, electrones retrodispersados.

La realización del taller estable de arqueología experimental del hierro prehidráulico en los exteriores del Museo de la Minería del País Vasco (integrado en la red internacional de EXARC: organización perteneciente al ICOM para museos al aire libre y centros de arqueología experimental que acoge y divulga también este tipo de eventos experimentales) se ha mostrado como una poderosa técnica para mostrar bien al público en general a través de documentales o recursos web, o bien a grupos de estudiantes y profesionales en directo, la información que ha recabado nuestro proyecto de investigación sobre el modo de vida de aquellos antiguos ferrones de Bizkaia. La información se muestra de modo lúdico y atractivo, lo cual facilita la asimilación de conocimientos. Pero reiteramos que el éxito de este propósito depende de una clara premisa: el taller de reducción de hierro en funcionamiento no es una imagen de *lo que realmente existió*, sino la plasmación material de una hipótesis sobre su posible apariencia (Chapa y Mayoral 2007).

La verdad es que una vez que se saca a la calle el laboratorio de experimentación se incrementa exponencialmente la posibilidad

de tener un público. Tanto es así, que hasta cuando planteamos un experimento "para consumo interno", dado que es un procedimiento que dura varios días de trabajo, es difícil que al final no contemos con público que participa o quiere observar el resultado. En estos casos, cierto componente "teatral" del evento es difícil de evitar, porque una vez que hay una audiencia, esta quiere algo que ver y el arqueólogo necesita algo que enseñarle. Normalmente las reducciones de hierro suelen proveer escorias fluidales que emergen del horno a gran temperatura que impresionan hasta a la audiencia más anti-metalúrgica (Dungworth 2013). También la apertura nocturna de un horno de reducción es un espectáculo digno de mención especial.

Dicho esto, es necesario conciliar de alguna manera los intereses científicos de la investigación con la necesidad de difusión que será tratada en el capítulo que viene a continuación, y pensamos que en el equilibrio se encuentra el éxito, dado que es difícil encontrar financiación necesaria para la experimentación cuando no va asociada a ningún evento público concreto (día internacional de los Museos, conferencias, documentales televisivos etc), es necesario aprovechar estas circunstancias siempre comprendiendo que en el fondo debe subyacer una rigurosa documentación arqueológica. El resultado final, es un doble beneficio que repercute en la obtención de nuevos datos para la investigación y en la visualización de un desconocido proceso histórico en la sociedad actual.

La reproducción experimental de varios talleres de reducción de hierro ha constituido una parte fundamental de este proyecto arqueológico. Dos han sido las razones fundamentales que se han perseguido mediante esta actividad investigadora: por un lado, poder explorar las condiciones materiales y la tecnología que hicieron posible la realización de reducciones a pequeña escala que se documentan en los talleres identificados arqueológicamente en Bizkaia; por otro lado, contar con instrumentos de divulgación y socialización patrimonial.

El conjunto de datos recabados en las siete experimentaciones realizadas ha mostrado por ejemplo que para reducir 35,5 kg. de hierro eran necesarios 73 kg. de carbón vegetal, es decir, aproximadamente el doble de carbón que de mineral, para



Figura 117. Decenas de personas observan tras el cordón de seguridad el resultado de la reducción experimental en el Día Internacional de los Museos 2014 en el Museo de la Minería del País Vasco.



Figura 118. Izda: Sangrado en la experimentación con Jake Keen, colaborador habitual de la University College of London, en Dorset (Reino Unido) 2016. Dcha: experimentación nocturna en el Museo de la Minería del País Vasco, 2014

producir una lupia escoriácea de 17 kg.¹²⁹ La construcción del taller experimental en todas sus fases empeña a tres personas durante un día completo de trabajo. La obtención del mineral de hierro necesario para una reducción, más el aprovisionamiento de arcilla y piedras areniscas para construir el horno de reducción ocupa una jornada completa de trabajo una persona y probablemente se necesite la fuerza animal para el transporte desde un entorno relativamente próximo, mientras que la preparación del mineral en el taller, su tostado y machacado posterior ocupa un periodo no menor a 15 horas¹³⁰ a una persona. La reducción a su vez se realiza durante un periodo de entre 8 y 14 horas en este tipo de horno de reducción y dependiendo sobre todo del régimen de aire que penetra en el mismo (es probable que sean al menos dos personas las que se releven en el fuelle si el aporte de aire es constante). La forja primaria que, como hemos visto en Arrastaleku 1, tenía lugar en el propio taller, se realiza inmediatamente a la

extracción de la lupia, mientras el hierro y el horno están calientes¹³¹ y son necesarias dos personas para sujetar y golpear la lupia.

En definitiva, se puede concluir que para reducir un tocho de 17 kg de hierro en un taller de nueva construcción¹³² es precisa la participación de un grupo de dos personas trabajando durante casi 4 días, excluyendo el cálculo del abastecimiento de carbón vegetal. Se trata, por lo tanto, de una producción realizada a pequeña escala, pero que podía ser replicada de forma relativamente rápida; en dos días se puede reparar el horno, tostar el mineral y volver a efectuar una reducción, lo cual, intercalándolo con un día de descanso entre proceso y proceso puede producir diez reducciones al mes. El maestro ferrón, por lo tanto, podía tener una dedicación a tiempo parcial, de forma estacional, a estas labores combinándolas con otras actividades, por lo que es muy posible que estuviese integrado en las comunidades locales.

129 Datos relativos a la última experimentación desarrollada en el curso de arqueología experimental de la UNED.

130 Dependiendo de el periodo en el horno de tostación que varía entre las 12-14 horas y tan sólo hay que vigilar la combustión.

131 Este hecho permitiría la posibilidad de recalentarlo parcialmente en el interior del horno de reducción.

132 Evidentemente ahorraríamos el tiempo de construcción del taller si se repara y reutiliza el sitio que como observamos en el registro arqueológico vasco es un hecho habitual.