

Evidencias Mineralógicas y Geoquímicas de la Reutilización como Calero del Horno Medieval de Hierro de Azarola (Galdakao, Bizkaia)

/ JOSÉ-MIGUEL HERRERO (1*), PEDRO-PABLO GIL-CRESPO (1), IÑAKI YUSTA (1), FRANCISCO VELASCO (1), XABIER ORUE-ETXEBARRIA (2), AMAIA BASTERRETxea (3)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco UPV-EHU, Sarriena s/n 48940 Leioa (Bizkaia)

(2) Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco UPV-EHU, Sarriena s/n 48940 Leioa (Bizkaia)

(3) Euskal Museoa, Plaza Unamuno, 4, 48006 Bilbao

INTRODUCCIÓN

La reciente excavación arqueológica del horno de Azarola (Basterretxea & Orue-Etxebarria, 2011), en Galdakao (Bizkaia), realizada por la Asociación Cultural Elexalde de Galdakao e investigadores del Museo Vasco y la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) ha permitido, no solo conocer con más detalle la estructura de este antiguo horno medieval (hacia s. XI-XIII) de reducción de hierro ("haizeola", ferrería de monte), sino muestrear la parte interna de la cubeta.

El horno se sitúa en el paraje de Azarola-Lekubaso, en la ladera del monte Upo, a cierta altitud (220m) y distancia del núcleo de población más próximo (Isasi a unos 1800 m). El horno de Azarola es una gran estructura troncocónica excavada parcialmente en la roca (alternancia de areniscas y lutitas del Albiense Inferior, EVE, 1993). Tiene unas dimensiones mínimas de 4 m de alto y un diámetro en el interior de la cuba de hasta 3,4 m, con un canal de evacuación de la escoria de unos 3,5 m. (Fig. 1). La pared frontal, en torno a la boca, tiene parte de roca *in situ*, muro

de mampostería de arenisca local y revestimiento de pasta cerámica.

Pese a las catas arqueológicas realizadas en el suelo del entorno, no hemos encontrado restos del producto final (hierro esponjoso).

La morfología y algunos detalles de este horno de gran volumen han sido publicados por Orue-Etxebarria et al. (2008 y 2011) y algunos aspectos de la mineralogía y geoquímica de las escorias encontradas en las inmediaciones se recogen en Gil et al. (2008). En este nuevo trabajo se confirma un primer uso como horno de reducción de hierro y su posterior utilización, en época indefinida, como horno de obtención de cal.

Los análisis previos de escorias recogidas en el entorno (Gil et al., 2008) pusieron de manifiesto el uso de este horno para la producción de hierro y el bajo rendimiento del mismo, tanto por la presencia de wüstita FeO, magnetita Fe₃O₄, o fayalita Fe₂SiO₄, como por los datos de contenidos de hasta el 80% en peso de FeO en algunas escorias negras. Por otro lado no hay evidencia del uso

de calizas como fundentes, debido al bajo contenido en Ca de las escorias (máximo 3,7% en peso).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se han tomado en pequeñas catas en las paredes de la cuba, en el crisol y en la zona de evacuación (Fig. 2A). En concreto, se han estudiado:

- muestras de la arenisca "in situ" de la base del crisol que ha sufrido procesos de transformación durante el funcionamiento del horno, lo que ha dado lugar a la cristalización de minerales de neoformación
- materiales silíceos procedentes del calentamiento con fusión parcial y recristalización, de las paredes interiores
- muestras de las escorias del proceso de reducción de Fe procedentes de las proximidades del horno.

Se han realizado análisis por Fluorescencia (XRF) y Difracción (XRD) de rayos X, petrográficos (OM luz transmitida y reflejada) y microsonda electrónica (EMPA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los nuevos análisis revelan la presencia de muestras con un enriquecimiento relativo en CaO y K₂O respecto a las muestras de escoria y a las rocas sustrato del horno (lutitas y areniscas tipo sublitaranita micácea a grauwaca lítica).

Todas las muestras son ricas en SiO₂ (máx. 89%), pobres en Na₂O y MgO, con cantidades variables en Fe, Al, Ca y K según su origen y características

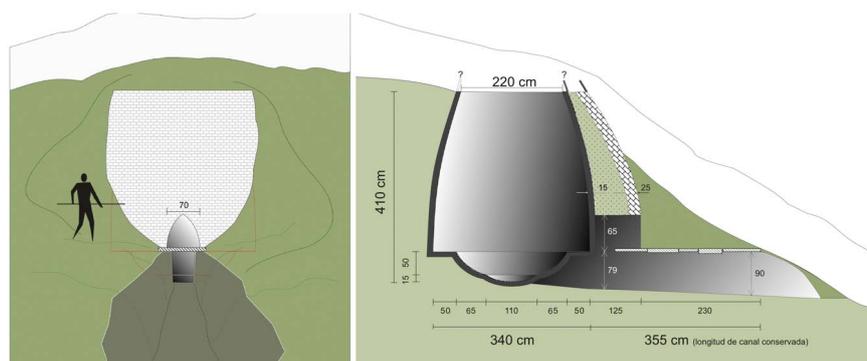


fig 1. Croquis frontal y lateral del horno de Azarola, Galdakao (Orue-Etxebarria et al., 2011).

palabras clave: Horno Medieval, Ferrería de monte, Calero, Reutilización

key words: Medioeval Furnace, Bloomery Iron, Mountain Foundry, Lime kiln, re-use

resumen SEM/SEA 2012

* corresponding author: josemiguel.herrero@ehu.es

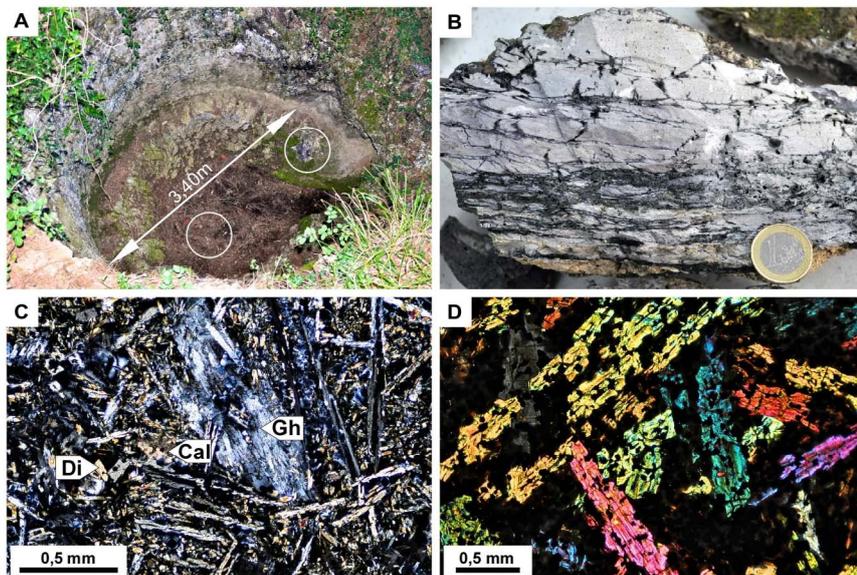


fig 2. A) Vista superior del horno, con las zonas de muestreo en el crisol. B) Arenisca recocida con "cracking" relleno de escoria. C) Microfotografía (OM XP) de la escoria rica en Si-Ca-K (Di diópsido, Cal calcita, Gh gehlenita). D) Escoria de fayalita-magnetita (OM XP) del proceso de reducción de Fe.

particulares. Las areniscas recocidas (Fig. 2B), a la vez que se enriquecen en SiO₂, se empobrecen en K₂O. Sin embargo, destacan en las vitrificaciones del fondo del crisol los elevados contenidos en CaO (22,9%), MgO (~5%) y K₂O (media 4,85%; máx. 7,5%).

Estas fases se incorporan en forma de vidrios de baja cristalinidad, ricos en sílice y potasio o minerales neoformados en los procesos de recocción. Los análisis puntuales de estos vidrios mediante EMPA dan composiciones muy variables: SiO₂ entre 46,30 y 63,91%, Al₂O₃ de 5,41 a 30,68%, K₂O de 1,34 a 13,41 y de CaO entre 0,12 y 26,16%. Además de en el vidrio, el K se ha incorporado a la leucita KAlSi₂O₆, dando lugar a agregados de cristales automorfos de pequeño tamaño (~0,05 mm) ligeramente anisótropos.

Las fases cálcicas corresponden a gehlenita (Ca₂AlSi₂O₇), piroxenos de la serie diópsido-hedenbergita (Mg, Fe)CaSi₂O₆, plagioclasa cálcica y calcita tardía. La gehlenita (Fig. 2C) forma cristales incoloros, automorfos muy alargados, de birrefringencia muy baja que pueden superar 1 mm de longitud. Los piroxenos se presentan en cristales automorfos incoloros (diópsido) o más alargados pleocroicos en verde intenso (hedenbergita). La anortita da lugar a agregados de cristales de composición (Ca_{0,92}Na_{0,06}K_{0,03}Al_{1,8}Si_{2,14}O₈).

La calcita neoformada aparece en zonas intergranulares o rellenando huecos

(pulverulenta) en las texturas oquerosas de las muestras vitrificadas.

Las vitrificaciones de las paredes son ricas en sílice, encontrándose cuarzo, cristobalita, tridimita (polimorfos de SiO₂) y mullita (Al₆Si₂O₁₃).

En diversas muestras de la pared inferior del crisol y del canal de evacuación se han recogido vidrios magnéticos de color negro con contenidos moderados en FeO (hasta 37% en peso). En general aparecen percolados entre la laminación y el "cracking" de las areniscas en espesores entre algunos mm hasta 10 cm (Fig 2B).

Desde el punto de vista mineralógico encontramos dos tipos de asociaciones:

- con olivino de composición próxima al término extremo fayalita (Fe_{1,8}Mg_{0,04}Mn_{0,06}Ca_{0,01}Al_{0,02}Si_{1,02}O₄), wüstita (Fe_{0,96}Mn_{0,01}Al_{0,01}Si_{0,01}O), y espinela de tipo hercinita (Fe²⁺_{0,91}Mg_{0,08}Mn_{0,01}Al_{1,64}Fe³⁺_{0,32}O₄) y
- una asociación de fayalita y magnetita rica en Al (Fe²⁺_{0,93}Mg_{0,05}Fe³⁺_{1,67}Al_{0,27}Ti_{0,03}Si_{0,02}O₄).

La fayalita forma cristales tabulares alargados de hasta 6-8 mm (Fig. 2D), a veces esqueléticos. La hercinita da pequeños cristales subhédricos comúnmente asociados a la fayalita. La wüstita se encuentra en morfologías dendríticas o intercrecimientos simplectíticos con fayalita. La magnetita tiene hábitos subhédricos o en texturas

esqueléticas. En algunas muestras de puede identificar hierro metálico (α-Fe) que forman pequeños granos redondeados con forma de gota o ameboides.

Como fases minoritarias tenemos goethita (FeOOH) tapizando microcavidades y trazas de hematites (Fe₂O₃).

CONCLUSIONES

El horno de Azarola, a la luz de los análisis realizados ha tenido un doble uso: una primera etapa como horno de reducción de Fe por el proceso directo y una posterior utilización como horno de producción de cal. Probablemente su uso no fue muy intensivo por la ubicación topográfica y la lejanía a las zonas pobladas. Esto queda también corroborado en la excavación arqueológica (Basterretxea & Orue-Etxebarria, 2011) de sectores colindantes al horno, donde se señala la presencia de fragmentos centimétricos de calizas masivas Aptienses (transportados desde áreas alejadas más de 1 km).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Servicios SGIKER de la UPV/EHU por las facilidades analíticas y al Gobierno Vasco por la financiación de la investigación (Grupo Consolidado IT-340-10).

REFERENCIAS

- Basterretxea, A. & Orue-Etxebarria, X. (2011): B.12.1 Horno de Azarola (Usansolo, Galdakao). *Arkeoiuskua*, **10**, 238-243.
- EVE (1993): Mapa Geológico del País Vasco 1:25000, Hoja 62-III, Galdakao.
- Gil, P.P., Yusta, I., Orue-Etxebarria, X., Herrero J.M., Baceta, J.I., Artaraz, J., Madina, E., Mintegui, J.M. (2008): Caracterización mineralógica y química de escorias de ferrierías de monte ("haizeolas") en el entorno de Galdakao (Vizcaya). *Macla*, **9**: 117-118.
- Orue-Etxebarria, X., Yusta, I., Artaraz, J., Gil, P.P., Madina, E., Baceta, J.I., Mintegui, J.M. (2008): Primera descripción de hornos de reducción (tipo ferriería de monte) del País Vasco: hallazgos realizados en Galdakao. *Euskonews*, **422**, 1-6.
- Orue-Etxebarria, X., Basterretxea, A., Gil, P. P., Artaraz, J., Elorriaga, J., Yusta, I., Madina, E., Herrero, J.M., Apellaniz, E., Astigarraga, J. Laka, X. (2011): Excavación del "horno vasco" (haizeola) de Azarola (Galdakao): nuevos datos. *Euskonews* **585**, 1-9