

EL HIERRO

El hierro, junto con el oxígeno, el silicio y el aluminio, es uno de los cuatro elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre.

Aunque su aprovechamiento se remonta a la antigüedad, este se produjo en un momento más tardío que otros elementos metálicos como el oro, la plata, el cobre, el estaño o el plomo. Esto se debe a que su aprovechamiento requiere de unos procesos técnicos más complejos que los anteriores metales que reciben el nombre de siderurgia.

Sin embargo, una vez que las distintas sociedades adquirieron los conocimientos necesarios para su procesado, el hierro pasó a ser un recurso esencial gracias a su abundancia y a sus propiedades mecánicas, lo que permitió la elaboración de toda clase de objetos.

Aunque en un principio se pensaba que el inicio de la metalurgia del hierro comenzó con el aprovechamiento del hierro meteórico, en la actualidad la propuesta más aceptada es la de que deriva de la metalurgia del cobre, cuando se empleaban determinados minerales de hierro como escoriificante, ya hacia el año 5000 a. n. e. en el Próximo y Medio Oriente.

LA UTILIDAD DEL HIERRO

Las propiedades mecánicas del hierro (sobre todo una vez que se ha transformado en acero) lo convierten en un elemento ideal para la realización de todo tipo de útiles y herramientas. Esto incluye desde los objetos más cotidianos, como pueden ser hoces, picos, cuchillos, clavos, hebillas de cinturones o asas de caldero, hasta la elaboración de armas, como puñales o lanzas.

En las excavaciones del castro se recogieron numerosas piezas de este metal, tanto de la Edad del Hierro como de Época Romana, algunas de las cuales posiblemente fueran realizadas en el propio castro.

LOS MINERALES

Uno de los aspectos que diferencia al hierro de otros metales de la antigüedad es la forma en la que se encuentra en la naturaleza. Mientras que el oro, la plata o el cobre pueden localizarse sin mineralizar (lo que se conoce como estado nativo) el hierro solo se presenta en forma mineral. La única manera de conseguir hierro sin mineralizar en la superficie terrestre consistiría en el aprovechamiento del hierro meteórico, reconocible por la elevada proporción de níquel presente en su composición.

Los minerales consisten en una combinación de distintos elementos, en este caso de hierro con oxígeno, que forman óxidos en distintas proporciones e incluso con otros elementos químicos.

Los minerales de hierro más empleados son:



Hematita (Fe₂O₃)



Magnetita (Fe₃O₄)



Limonita (FeO(OH) · nH₂O))



Goethita (FeO(OH))



Siderita (FeCO₃)



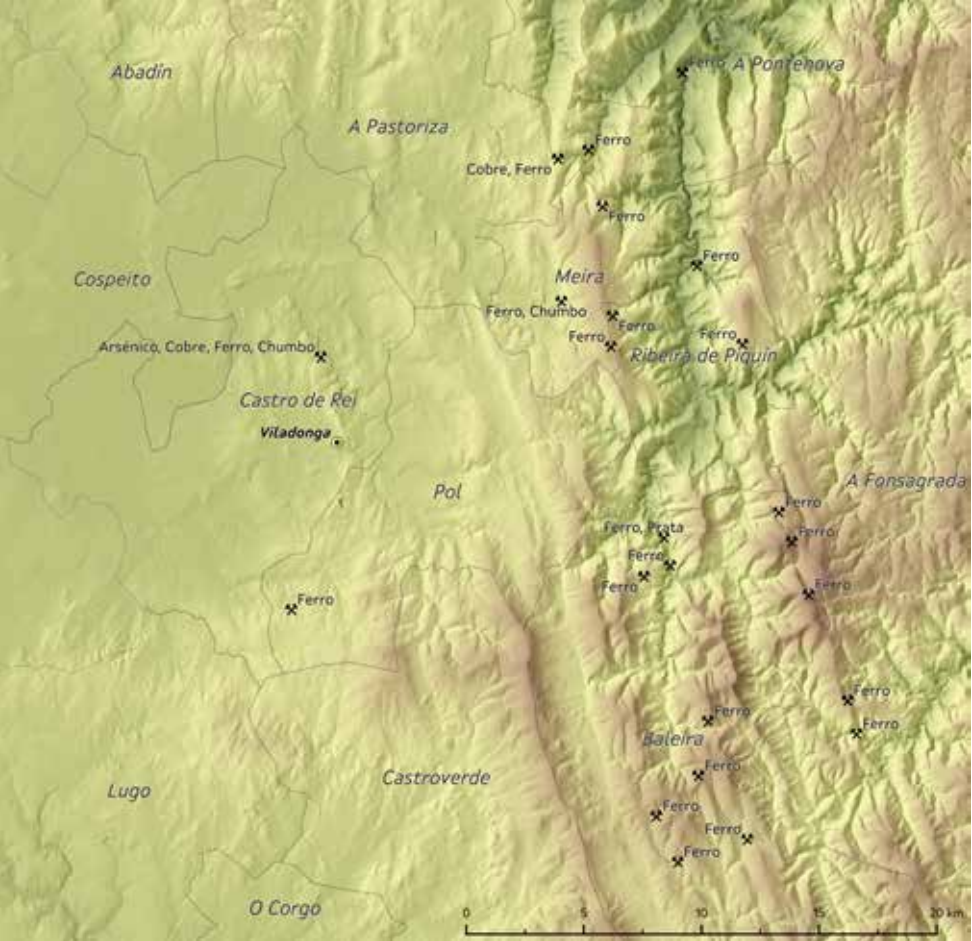
Pirita (FeS₂)

LOCALIZACIÓN DE LOS MINERALES

Las diferentes combinaciones de elementos químicos les otorgan a los minerales propiedades y características distintas, de forma que estos se identificaban en la antigüedad por su color, olor o tacto. De ese modo los sentidos, junto con la transmisión oral del conocimiento, tuvieron un papel fundamental para su reconocimiento y aprovechamiento.

Según los datos del Instituto Geológico y Minero Español, en un radio de unos 25 km alrededor del castro de Viladonga existen varios lugares con indicios de estos minerales, la mayor parte de ellos situados en la sierra de Meira. Sin embargo, esto no quiere decir que no hubiera filones disponibles en el entorno del castro.

Indicios con minerales de hierro en el entorno de Viladonga. Fuente IGME

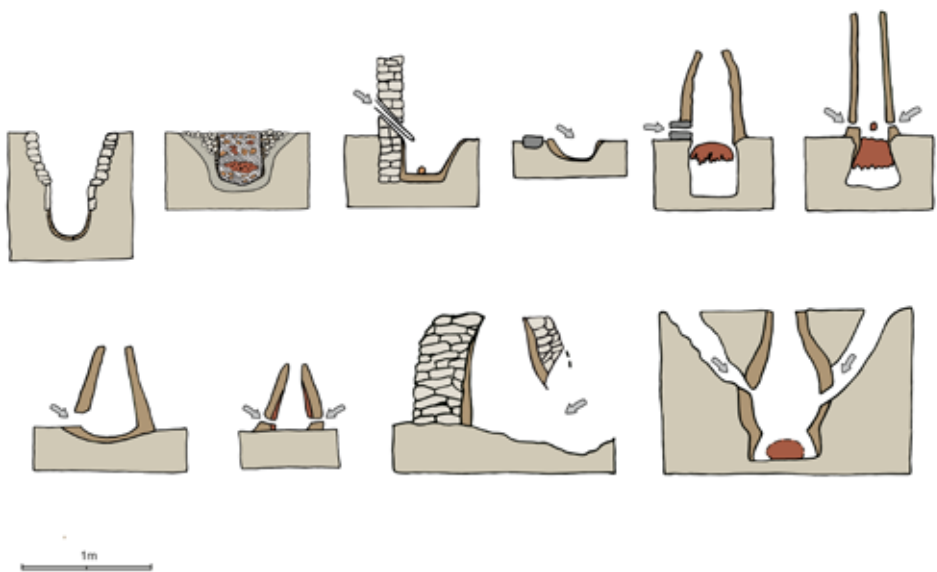


LA OBTENCIÓN DEL HIERRO

Uno de los factores que derivó en un desarrollo tardío de la metalurgia del hierro fue su elevado punto de fusión, de 1538 °C. Ante la dificultad para alcanzar una temperatura tan elevada, el método para extraer el hierro del mineral es el de la reducción.

Aunque existen referencias bibliográficas de casos puntuales de producción de hierro fundido con anterioridad en Europa, no sería hasta bien avanzada la Edad Media cuando se consiga realizar dicho proceso. Sin embargo, esto solo se refiere al caso europeo, ya que en China ya se produce hierro fundido desde el s. VI a. n. e.

Diversos tipos de hornos de reducción de hierro. A partir de Pleiner (2000).

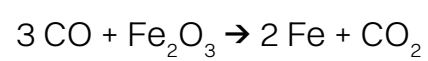


¿CÓMO SE CONSIGUE?

La reducción es una reacción termoquímica en la cual se consigue obtener el metal tras someterlo a unas determinadas condiciones de atmósfera y temperatura (idealmente superior a 1100 o 1200 °C) mantenidas a lo largo del tiempo. Para lograrlo es necesario introducir el mineral dentro de una estructura de combustión o horno, junto con carbón vegetal, algún fundente que facilite la formación de la escoria y oxígeno.

Además de las altas temperaturas, la combustión del carbón produce grandes cantidades de monóxido de carbono (CO), pues el oxígeno que entra al interior es limitado y no se reparte de manera uniforme. Este gas es muy reactivo, ya que busca capturar más oxígeno que solo puede conseguir mediante la extracción del óxido de hierro presente en el mineral. Estas reacciones varían según el mineral empleado, pero el objetivo es siempre el mismo: conseguir hierro.

Por ejemplo, si escogemos hematita, que se compone de óxido de hierro, cuando reacciona con el monóxido de carbono, se obtiene hierro metálico por un lado y dióxido de carbono por el otro, tal y como se aprecia en la fórmula siguiente:



LA LUPIA

Con la reducción del mineral, lo que se consigue no es la fusión del hierro, sino de toda la parte no metálica del mineral. Esta se funde formando la escoria, donde se mezclan la ganga, el fundente y las cenizas, que terminan en el fondo del horno, mientras que el hierro forma una masa porosa llamada lupia.

Esta se extrae del interior del horno y debe trabajarse en caliente para retirar las impurezas y después poder transformarla en lingotes para su acumulación y transporte o para la elaboración directa de útiles. Durante su procesado en la forja, esta absorbe moléculas de carbono que la convierten en acero.

Lupias obtenidas en el horno experimental.

Puñal



Hoja de cuchillo,



Punta de lanza



Podón



Bastrén



Cencerro



Gubia



Compás



Martillo



Cuchillo



Hoja de tijera



Formón



Hoja de cuchillo



Hoz,



Hacha



Llave



LAS ESCORIAS

Las escorias son subproductos asociados tanto a procesos naturales (como las erupciones volcánicas) como a varias actividades humanas, entre las que figura la metalurgia.

Estas cuentan con una serie de características que dependen de factores como el proceso pirotécnico que las originó, el mineral empleado, el combustible o las temperaturas alcanzadas. Las particularidades que nos permiten diferenciarlas de forma macroscópica pueden ser el color, la textura, el tamaño o la densidad.

Aun así, en muchas ocasiones puede resultar complicado determinar su origen, por lo que es necesario analizarlas arqueométricamente.

Dentro de las escorias recogidas en una excavación arqueológica, podemos distinguir los siguientes tipos:

Escorias de reducción:

son una mezcla de ganga, fragmentos de mineral y carbón, cenizas, algún fundente y, en ocasiones, trozos de barro y piedra de la estructura del horno. Pueden formarse tanto en el interior del horno como en el exterior, tras practicar un pequeño orificio en la base de la estructura que permite la salida de la escoria al exterior en estado semilíquido y solidificándose con rapidez, para adoptar la forma de tortas o cordones de superficie dura y brillante.

Escoria de sangrado del yacimiento de Os Escouredos, Castro de Rei.



Ø10 / LA SIDERURGIA EN EL CASTRO DE VILADONGA – UNA APORTACIÓN DESDE LA ANTIGÜEDAD

Escorias de forja:

se producen durante la manufactura de objetos y lingotes una vez que la lupia se ha depurado al golpear el hierro con un martillo contra el yunque. Pueden tener forma de calota, por formarse en el fondo de la forja, o de láminas y escamas de pequeño tamaño que se van desprendiendo del hierro durante el martillado.

Escoria de forja con forma de calota del castro de Viladonga.



Escorias de afino y forja:

se forman durante el procesado para depurar la lupia, en el que se extraen los restos de escoria y carbones atrapados en su interior. Para ello, es necesario calentar el hierro hasta altas temperaturas y golpearlo con un martillo contra una superficie dura.

Escoria de forja del castro de Viladonga.



Ø11 / LA SIDERURGIA EN EL CASTRO DE VILADONGA – UNA APORTACIÓN DESDE LA ANTIGÜEDAD

LAS EVIDENCIAS EN EL CASTRO DE VILADONGA

A lo largo de las distintas campañas de excavación realizadas en el castro, se documentaron evidencias de actividad metalúrgica. La más habitual, frecuente en muchos yacimientos arqueológicos, es la presencia de escorias. Se recogió un número importante, de las cuales algunas destacan por su gran tamaño, y evidencian una intensa actividad de forja, tanto en cantidad como posiblemente en continuidad en el tiempo.

También se documentó otra evidencia importante en el cuadrante noreste de la croa. Además de la presencia de escorias, en 1992 se localizó un fragmento de un bloque de piedra con una cara completamente cubierta por una corteza de hierro que posiblemente formó parte de la estructura de un horno o forja. Sin embargo, sería necesario confirmar esta posibilidad mediante técnicas de análisis en laboratorio.

Algunas de estas escorias de gran tamaño suelen aparecer dentro del castro asociadas con los derrumbes de la muralla, por lo que posiblemente fueran empleadas como material de relleno durante su construcción. Además, también se recogieron escorias por el resto de la croa que nos hablan ya de procesos posteriores, como pueden ser pequeños trabajos de forja.

Bloque pétreo con concreción de hierro. Excavación de 1992.



Escorias. Campaña de excavación de 1988 en el castro de Viladonga.

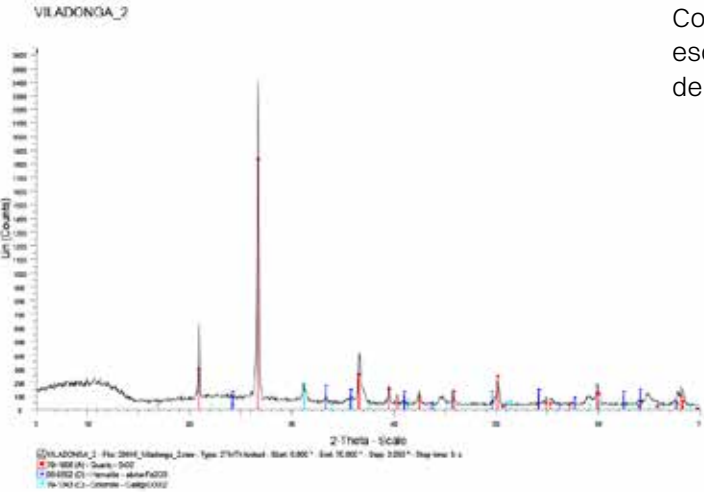
Ø12 / LA SIDERURGIA EN EL CASTRO DE VILADONGA – UNA APORTACIÓN DESDE LA ANTIGÜEDAD

LOS ANÁLISIS

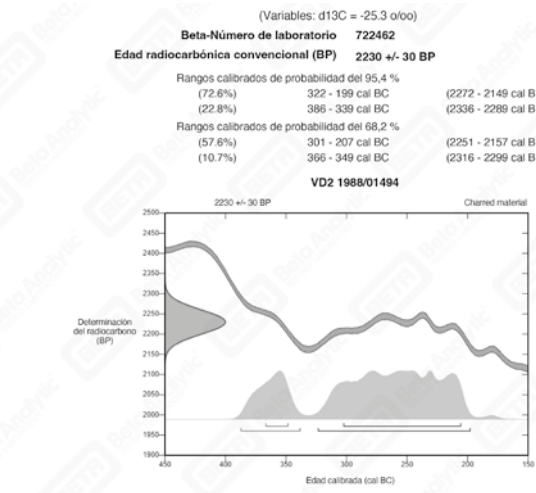
La aplicación de técnicas de análisis en laboratorio permite obtener información sobre cuestiones como la composición y formación de las escorias e, incluso, en algunos casos, obtener una datación. Este es el caso de dos escorias procedentes del castro que se analizaron recientemente.

El primer análisis se hizo sobre una escoria de gran tamaño recogida durante las excavaciones de 2019 y 2020. El análisis de su composición reveló que contiene alrededor de un 9 % de óxidos de hierro, así como la presencia de natrolita y dolomita. Estos dos compuestos indican que las temperaturas en las que se formó la escoria no debieron ser superiores a los 800 – 900 °C, temperaturas que se alcanzan durante los trabajos de forja.

Con respecto a la segunda escoria estudiada, se trata de una pieza recuperada durante la excavación del sistema defensivo en el año 1988. Esta contenía un trozo de carbón que sobresalía a la superficie. A partir del análisis de Carbono-14, se pudo obtener una datación que nos permite situar su formación entre el final del siglo IV y el III a. n. e. y, por lo tanto, la realización de trabajos de forja en el castro durante ese momento.



Composición de una escoria recogida en el derrumbe de la muralla.



Datación del carbón incrustado en la escoria.



Carbón incrustado en una escoria de forja.

Ø13 / LA SIDERURGIA EN EL CASTRO DE VILADONGA – UNA APORTACIÓN DESDE LA ANTIGÜEDAD

EL PAPEL DE LA EXPERIMENTACIÓN

A través de la arqueología experimental podemos contrastar hipótesis planteadas a partir de las evidencias arqueológicas, lo cual permite comprender las estrategias y los procesos técnicos implicados en la formación del registro. Con la experimentación se puede percibir el calor, detectar cambios en el color del fuego o incluso distintos olores derivados de las reacciones químicas producidas en el interior del horno que, en definitiva, son los parámetros que se tenían en cuenta antes de la incorporación de los instrumentos de medición modernos. Por lo tanto, se obtiene información que, combinada con la proporcionada por la arqueometría, enriquece el conocimiento que tenemos sobre las sociedades del pasado.

Con el fin de poder comprender mejor las evidencias recogidas en las excavaciones del castro, en diciembre de 2024 se realizó un experimento de reducción de mineral de hierro. Para ello hubo que conseguir los materiales necesarios y elaborar un protocolo o estrategia de ejecución.

En esta ocasión, se empleó goethita procedente de Valdeorras, carbón vegetal y huesos a modo de escorificante. Para llevar a cabo el proceso, hubo que construir un pequeño horno de tipo galo-romano con piedra local y barro con paja. Tras tostar el mineral y calentar el horno a lo largo de toda una mañana, se fueron introduciendo en el horno hasta 11 kg de mineral, que dieron como resultado 5,5 kg de hierro y escorias de sangrado en el interior del horno.



Ø14 / LA SIDERURGIA EN EL CASTRO DE VILADONGA – UNA APORTACIÓN DESDE LA ANTIGÜEDAD

Ø15 / LA SIDERURGIA EN EL CASTRO DE VILADONGA – UNA APORTACIÓN DESDE LA ANTIGÜEDAD

Distintos momentos del proceso de reducción de hierro.

BIBLIOGRAFÍA

Aboal Fernández, R., Ayán Vila, X. M. e Prieto Martínez, M. P. 2003: *Arqueología en la ACEGA 2: el área arqueológica de O Peto (Vedra, A Coruña)*. CAPA Cadernos de Arqueoloxía e Patrimonio n.º 17. Laboratorio de Patrimonio, Paleoambiente e Paisaxe. Santiago de Compostela.

Arias Vilas, F. 1988-1989: *Diario de escavación*. Inédito.

Arias Vilas, F. 1992: *Diario de escavación*. Inédito.

Ayán Vila, X. M. 2021: *San Lourenzo ven a nós. Memorias dun castro galego*. Asociación de Veciños de Cereixa María Castaña. A Pobra do Brollón.

Comendador Rey, B. 2010: “Una perspectiva antropológica para la interpretación de la metalurgia”. En I. Montero (Coord.): *Manual de Arqueometalurgia*. Cursos de Formación Permanente para Arqueólogos, 1. Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid y Sección de Arqueología del CDL de Madrid. Madrid: 269-300.

Fanjul Peraza, A. e Marín Suárez, C. 2006: “La metalurgia del hierro en la Asturias castreña: nuevos datos y estado de la cuestión.” En *Trabajos de Prehistoria* 63, nº1, xaneiro-xuño. 113-131.

Franco Pérez, F. J. 2018: *Arqueología y paleosiderurgia prehidráulica en Bizkaia (siglos III-XIV). Tras las huellas de los antiguos ferrones*. Kobie Serie Anejo, n.º 19. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao: 3-132.

Gener Moret, M. 2010: “Tecnología de la metalurgia del hierro”. En I. Montero (Coord.): *Manual de Arqueometalurgia*. Cursos de Formación Permanente para Arqueólogos, 1. Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid y Sección de Arqueología del CDL de Madrid. Madrid: 189-232.

Mohen, J. P. 1992: *Metalurgia prehistórica: introducción a la paleometalurgia*. Masso. Barcelona.

Pleiner, R. 2000: *Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters*. Praga. Archeologický ústav SVČR.

Renzi, M. 2010: “Vasijas de uso metalúrgico, toberas y moldes”. En I. Montero (Coord.): *Manual de Arqueometalurgia*. Cursos de Formación Permanente para Arqueólogos, 1. Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid y Sección de Arqueología del CDL de Madrid. Madrid: 123-158.

Rovira, S. e Renzi, M. 2010: “Las operaciones pirometalúrgicas y sus subproductos”. En I. Montero (Coord.): *Manual de Arqueometalurgia*. Cursos de Formación Permanente para Arqueólogos, 1. Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid y Sección de Arqueología del CDL de Madrid. Madrid: 87-122.

Tylecote, R. F. 1976: *A history of metallurgy*. Segunda edición. Metals Society. London.