

- LIV -

# Aportación experimental al proceso técnico de la vasija de reducción durante el Calcolítico en el sur de la Península Ibérica

Alberto OBÓN\*, Abel BERDEJO\*, Francisco MORENO JIMÉNEZ\*\*, Juan TERROBA VALADEZ\*\*\*, Antonio MORGADO\*\*\*\*, José Antonio LOZANO\*\*\*\*\*, David GARCÍA GONZÁLEZ\*\*\* \*\*\*\*\*, Hugo AVALOS\* y Pablo GILOLMO\*

\* Investigador independiente. \*\* Taller de Arqueología Experimental de Ronda. \*\*\* Centro Algaba de Ronda. \*\*\*\* Dpto. Prehistoria y arqueología. Universidad de Granada. \*\*\*\*\* Instituto andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-UGR.

## Resumen

El objetivo de este trabajo es someter a prueba un modelo de proceso técnico que considera la vasija de reducción como elemento principal de la tecnología metalúrgica calcolítica. Aquí presentamos los resultados preliminares

obtenidos a partir de los experimentos realizados en el Centro de Arqueología Experimental de la Algaba (Ronda, Málaga) así como un protocolo experimental y propuestas para estudios futuros.

**Palabras clave:** Arqueología experimental, metalurgia, vasija de reducción, edad del cobre.

## Abstract

*The aim of this study is testing a model of technical process based on the reduction-vessel as principal element of the metallurgy technology during the Copper age. Here we report preliminary results obtained in accordance with*

*experiments carried out at the Algaba de Ronda Experimental Center (Málaga, Spain), as well as an experimental protocol and prospects for further studies.*

**Key words:** *Experimental Archaeology, metallurgy, reduction-vessel, copper age.*

## Introducción. Experimentación, arqueología y metalurgia

La importancia del método experimental aplicado a la Arqueometalurgia radica en la capacidad de someter a prueba hipótesis acerca de las características tecnológicas y los gestos técnicos mediante observación controlada, contrastando científicamente los resultados para validar o desechar la interpretación arqueológica (Ingersoll *et al.* 1977; Coles 1979: 243; Reynolds 1988: 12; 1999; Mohen 1990: 35-37; Ambert 1998: 1). Además permite generar nuevas preguntas, siendo un medio exploratorio del pasado (Reynolds 1988: 16; Morgado y Baena en este volumen), y contribuye a la comprensión de la formación y deterioro del registro arqueológico (Ingersoll *et al.* 1977).

A pesar del potencial descrito apenas se ha recurrido a este método en el estudio arqueometalúrgico del cobre

de la Península Ibérica. En las últimas décadas algunas investigaciones han utilizado la experimentación como medio de aproximación a la tecnología del cobre obteniendo interesantes resultados (Rovira 1999; Hunt *et al.* 2001; Rovira y Gutiérrez 2003; Rovira *et al.* 2009;). Aun así, hay que resaltar la escasez de experimentos afrontados de forma integral, es decir, con la adecuación material a la globalidad tecnológica objeto de estudio (Coles 1979: 38; Moreno Jiménez *et al.* 2007).

Nuestro objetivo no es aislar variables sino llevar a la práctica un modelo de proceso técnico con los requerimientos mínimos inferido a partir de los referentes arqueometalúrgicos. Por ello, se ha prescindido del uso de elementos actuales, como compresores para la inyección de

► aire u otros medios o materiales. Sin embargo, no podemos decir que hay experimento sin experiencia. La mayor parte de las pruebas iniciales deben considerarse como experiencias previas (Jeffery 2004) y están encaminadas a potenciar un conjunto de gestos, habilidades y destrezas necesarias para

llevar a cabo la cadena operativa y descubrir sus posibilidades técnicas. Posteriormente se llevaron a cabo los experimentos que tuvieron como objetivo corroborar hipótesis y definir el proceso técnico de funcionamiento de la vasija de reducción como elemento clave de este modelo tecnológico.

---

### **Fuentes de materias primas para la metalurgia del cobre en el sur de la península Ibérica**

---

La Cordillera Bética se sitúa al sur-sureste de la Península Ibérica. Los yacimientos de cobre existentes en esta, se concentran fundamentalmente en las Zonas Internas (en cualquiera de sus tres Complejos tectono-estratigráficos: Malaguide, Alpujárride o Nevado Filábride) mientras que en la Zonas Externas su presencia se limita a lugares más puntuales.

Dentro de la Zonas Internas de la Cordillera Bética, los indicios de minerales de cobre son muy numerosos, en diferentes paragénesis, morfologías y metalotectos. Aun así, los depósitos en los que los minerales de cobre constituyen la mena principal se encuentran muy dispersos, siendo raras las zonas en donde se presentan con una notoria concentración.

En el Complejo Maláguide, el cobre aparece tanto en las areniscas como en las pizarras y calizas de edad Carbonífero Inferior; fundamentalmente como malaquita y en menor medida: limonita, calcopirita, siderita, azurita, pirita, goethita, bornita, calcosina, covellina, ankerita, pirolusita, cuarzo y calcita. También aparece en las areniscas triásicas como malaquita y azurita.

En el Complejo Alpujárride, el cobre aparece en calizas, dolomías, calcoesquistos, filitas y cuarcitas de edad

fundamentalmente Triásica, principalmente como malaquita y en menor medida: azurita, limonita, eritrina, pirita, galena, tetraedrita, calcopirita, pirolusita, covellina, goethita, calcosina, bornita, digenita, cinabrio, cerusita, cobaltina, cobre nativo, wad, tirolita, anabergita, oligisto, wulfenita, calcita y cuarzo. Tanto las del Maláguide como estas, responden a una mineralización primaria (sinsedimentaria o sindiagenética), correspondiendo a removilizaciones posteriores.

En el Complejo Nevado-Filábride, los depósitos de minerales de cobre encajan en micaesquistos y cuarcitas, tanto de edad Paleozóica como Triásica. Fundamentalmente se trata de filones constituidos por: siderita, y en menor medida: limonita, goethita, hematites, malaquita, azurita, calcopirita, pirita, mispiquel, cobre gris, galena, blenda, cuprita, cobre nativo, tenorita, bornita, oro, bismutina, calcoestibina, antimonita y cuarzo.

Por otro lado, en las rocas pertenecientes al Vulcanismo del sureste peninsular (Cabo de Gata, Almería), encontramos cobre en las andesitas piroxénicas de edad Neógeno-Cuaternaria, se presentan como malaquita, calcosina y cuarzo dentro de la chimenea brechoide (Torres 1987) (Fig. 1).

---

### **Tecnología de vasija de reducción o vasija-horno**

---

En el sur de la Península Ibérica se han hallado restos arqueometalúrgicos del proceso de transformación en decenas de yacimientos con cronologías del IV-III milenio a.C. (Gómez Ramos 1999: 45-46; Montero 1999; Hunt y Hurtado 1999). A grandes rasgos, predomina un tipo de tecnología simple y eficaz con la vasija de reducción como elemento donde transformar el mineral (Rovira y Ambert 2002: 101 y 108; Rovira 2005). La utilización de vasijas de cerámica, sin tratamiento especial, como recipiente para la reducción del mineral en la metalurgia del cobre prehistórico se puso de manifiesto a finales de los años ochenta (Montero *et al.* 1988: 7; Rovira 1989: 361; Delibes *et al.* 1989: 81-96; Hook *et al.* 1990), como un rasgo tecnológico distintivo de la Península Ibérica en esta cronología identificado también en el sur de Francia (Rovira y Ambert 2002: 89).

Están ampliamente representadas dentro de contextos de la Edad del Cobre del sur peninsular (Los Millares, El Malagón, Almizaraque, Zambujal, Cabezo Juré, etc.). Suelen tener formas abiertas, poco profundas y las paredes exteriores están alisadas o sin tratamiento (Moreno *et al.* 1994: 32-33). Las superficies externas no presenten signos de haber estado expuestas al fuego y contienen adherencias escoriáceas y mineral parcialmente reducido únicamente por el interior (Hook *et al.* 1991: 68; Gómez Ramos 1999: 37). La vasija se enterraría en un hoyo excavado en la tierra cuyo medio refractario mejoraría el rendimiento térmico (Gómez Ramos 1999: 25). Los diámetros de boca más frecuentes oscilan entre 15 y 30 cm, aunque hay algún ejemplo de mayor tamaño (Rovira 2005: 94).

Probablemente la forma abierta facilita la oxigenación de los minerales durante la combustión y ayuda a mantener las altas temperaturas. Por el contrario, el ambiente reductor no era muy estricto ya que se forman frecuentemente óxidos ferromagnéticos (Gómez Ramos 1996: 141). Según la observación de las escorias, se alcanzan picos de hasta 1250 °C, pero los datos demuestran que resultaría difícil mantener constante esta temperatura (Moreno Onorato *et al.* 1994: 32-33). Los componentes habituales de las adherencias son magnetita, hematites, cuprita y delafosita que indican condiciones oxidantes y temperaturas entre 1000 y 1200 °C (Rovira 2005: 94).

Cabe destacar como algunas excavaciones recientes ponen de manifiesto la existencia de otros rasgos tecnológicos durante el III milenio a.C. En el suroeste de la Península Ibérica

se han documentado hornos de paredes alzadas ubicados en áreas específicas para la actividad metalúrgica fuera de la zona de hábitat, evidencias de potentes sistemas de ventilación (corroborados por el diámetro de los orificios de salida del aire de algunas de las toberas), e incluso el uso de fundentes (Sáez *et al.* 2003: 630; Nocete 2004; Nocete *et al.* 2008: 717-732). Las interpretaciones realizadas del registro arqueológico documentado defienden el uso de la tecnología de vasija horno de forma similar al sureste, pero con distinta intensidad y especialización. Se han registrado hornos en Valencina de la Concepción, Cabezo Juré, yacimientos del sur de Portugal (Nocete 2004: 293-294) y también en el sureste en el yacimiento de las Pilas (Mojácar, Almería) (Camalich y Martín 1999: 267) (Fig. 1).

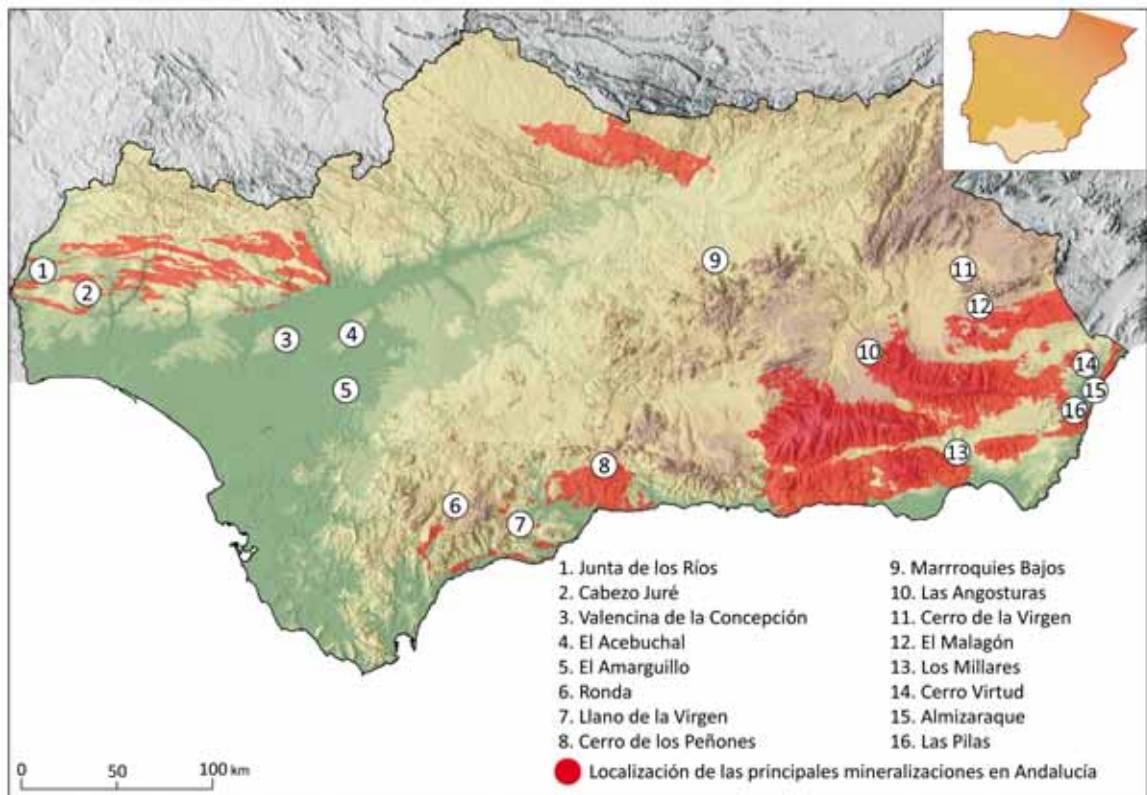


Figura 1. Ubicación de yacimientos calcolíticos en relación a las principales mineralización de cobre en el sur de la Península Ibérica

## Protocolo experimental

Este acercamiento a la tecnología calcolítica de vasija de reducción fue posible al reunir todos los elementos materiales asociados a esta. La deducción de un proceso técnico viable comienza observando cómo interactúan las variables entre sí y modificando parámetros tales como las dimensiones

de la estructura de combustión, las características de los recipientes cerámicos o los tiempos o el tamaño de triturado del mineral hasta obtener una fórmula de operaciones y gestos que permiten transformar la materia prima de manera eficiente. Es importante considerar el paralelismo en las

- ▶ limitaciones físico-químicas, idénticas en el Calcolítico y en la actualidad.

Durante la actividad experimental se ha procedido según un protocolo de cuantificación de variables, tales como el registro de la temperatura, cantidades de mineral y combustible, características y dimensiones de la estructura y los recipientes, volumen de inyección de aire, tiempos de trabajo o número de individuos implicados en la inyección de aire. Posteriormente se contrastaron los datos analíticos de composición y características del material experimental y el obtenido de referentes arqueológicos, para ello se tomaron muestras en los distintos procesos implícitos en la cadena operativa y cuyos resultados se desarrollarán en posteriores trabajos.

El mencionado criterio de experimentación integral implicó la elaboración de una serie de elementos cerámicos y líticos necesarios para la metalurgia calcolítica (Moreno *et al.* 2007). En relación a la cerámica, las experiencias realizadas recogen todo el proceso, desde la obtención y preparación de la arcilla, la mezcla con minerales como el cuarzo como desgrasante, la manufactura con diferentes técnicas y la cocción. La materia prima procede de contextos geológicos locales de la Depresión de Ronda. Se confeccionaron una serie de recipientes cerámicos de diversos tamaños que ejercieron la función de vasijas-horno, crisoles y molde de punzón. En relación a las vasijas de reducción se modelaron cuencos semiesféricos de borde recto con diámetros de la boca en torno a los 250 mm y una profundidad de 80 a 100 mm. Las toberas realizadas presentaban una longitud entre los 90 y

110 mm, una sección de entrada en torno a los 25 mm y una de salida de unos 5 mm. Para los tubos de soplado se han usado ramas de sauco (*Sambucus Nigra*) o cañas vaciadas por el interior, con una longitud en torno a un metro.

Cuando la experimentación arqueometalúrgica afronta problemáticas concretas referidas a una ubicación geográfica determinada, los minerales de cobre utilizados deben provenir de mineralizaciones explotadas por las comunidades prehistóricas en ese ámbito territorial para poder obtener datos de composición contrastables (Happ 1997: 17). En este caso hemos utilizado dos tipos de carbonatos de cobre, unos procedentes de las minas de la Serranía de Ronda, concretamente del paraje conocido como la Alchuria cercano a la población de Montecorto, (Málaga) (Lozano *et al.* 2010) y otros de mineralizaciones cercanas a la población de Toussit (Marruecos) en la cordillera del Riff. Ambas presentan una composición mineralógica similar a las registradas en los yacimientos calcolíticos mencionados con anterioridad.

En relación al combustible empleado, salvo en excepciones, apenas contamos con datos antracológicos. Taxones como los *Quercus* o los *Olea* están representados al ser especies con un alto potencial calórico. Por el momento no existe ninguna prueba fehaciente del uso de carbón. En la cadena operativa experimental desarrollada en este trabajo se ha usado principalmente leña de encina.

Por último, intervienen otros elementos de industria lítica y ósea como machacadores de piedra y soportes para el triturado del mineral, láminas de sílex o palas-recogedoras de combustible realizadas sobre escapulas de bóvidos.

---

## Descripción de los experimentos

---

Centrándonos en el proceso de transformación, sin incluir la adquisición de la materia prima, podemos describir la cadena operativa puesta en práctica y validada en los siguientes pasos:

1. Triturado de mineral en fragmentos entre 5-30 mm.
2. Transformación del mineral. Incluye la tostación y reducción mediante el aporte calórico y condiciones de oxidación/reducción en una o varias operaciones.
3. Procesado de la escoria. Machacado de la escoria y separación manual del cobre metálico.
4. Fundición y moldeo. Fundición de las pepitas y vertido del cobre líquido sobre el molde.
5. Acabado del objeto.

En las distintas experiencias llevadas a cabo hemos sometido a prueba un conjunto de estructuras de combustión

y recipientes cerámicos con diferentes características, principalmente en cuanto a las dimensiones. Para las dos primeras experiencias diseñamos una estructura de mampostería con un diámetro interior de 40 cm que presentaba dos entradas laterales con toberas de cerámica. Otros tubos de soplado dirigían el aire desde arriba directamente a la vasija que contenía el mineral. Tras un calentamiento previo utilizando como combustible leña de encina, se introdujo más combustible y malaquita machacada en polvo en el interior de un recipiente cerámico de pequeñas dimensiones.

El resultado de la primera experiencia fue mineral tostado. Durante la segunda, el recipiente cerámico se fragmentó obteniendo, principalmente, mineral parcialmente reducido. En estas experiencias corroboramos cómo al introducir el mineral en fragmentos pequeños y no reducido a polvo, los procesos de transformación y aglutinamiento del cobre

metálico se ven favorecidos, tal y como habían señalado otros autores (Coghlan 1940; Tylecote 1974; Rovira 2003). El producto obtenido en esta operación de reducción fue el de tortas de escoria con cobre atrapado que se suele presentar fragmentos con forma esférica. Para alcanzar las temperaturas necesarias en los procesos de reducción y fundición del mineral fue necesario un aporte continuo de aire a la estructura de combustión.

Los resultados de las pruebas anteriores nos condujeron a replantear el tipo y dimensiones de la estructura de combustión. La siguiente estructura que diseñamos tampoco rentabilizó bien la energía. Consistía en una cubeta de 40 cm de diámetro con un anillo exterior de barro de 60 cm de diámetro y una profundidad de 20cm. Obtuvimos abundante escoria de consistencia muy frágil y mineral parcialmente reducido.

En las pruebas siguientes se ajustó una vasija de reducción en una cubeta de las mismas dimensiones que el recipiente cerámico, de forma que el borde sobresalía ligeramente. Observamos cómo así se optimiza la ventilación y el mantenimiento de la temperatura. La vasija presentaba una forma semiesférica, pasta grosera y abundante desgrasante. Las medidas eran de 9 cm de altura y 22 cm de diámetro en la boca, similares a las documentadas en yacimientos arqueológicos (Rovira 2005: 94). Hemos comprobado cómo las características de la vasija (materia prima, manufactura y dimensiones) son determinantes en el éxito de las operaciones metalúrgicas. Esta pieza cerámica experimental permitió la realización de varias reducciones, siendo reutilizada sin perder su capacidad de uso, hecho que no corrobora la hipótesis de la rotura obligatoria de la vasija para la extracción de la torta de escoria en cada reducción. ▶

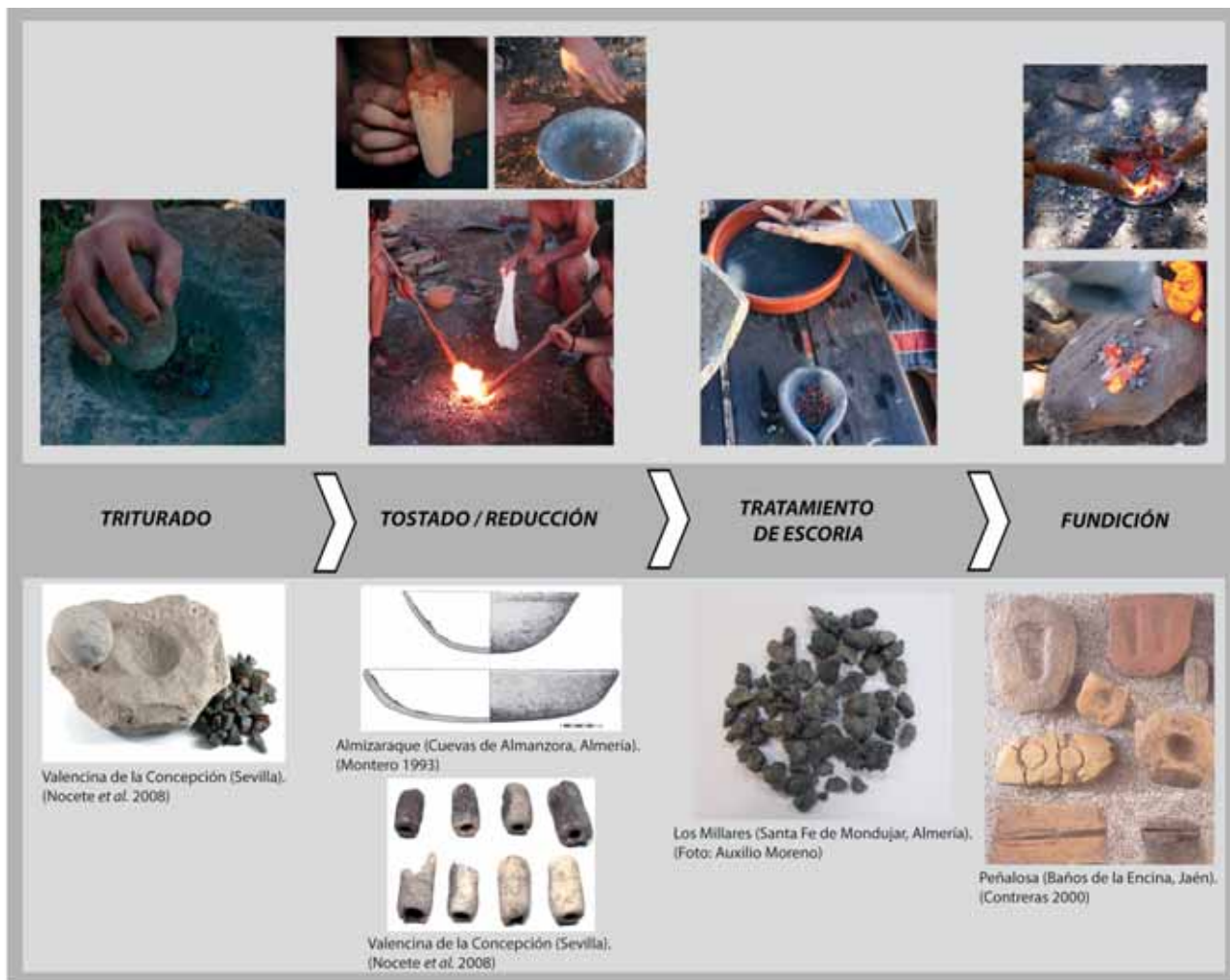


Figura 2. Cadena operativa experimental en relación con los restos de actividad metalúrgica documentados en yacimientos arqueológicos del sur peninsular

- ▶ En estas experiencias se empleó encina como combustible y carbonatos de cobre (malaquita y azurita) provenientes de los mencionados contextos geológicos, triturados en fragmentos entre 4 y 5 mm.

Tras una fase de precalentamiento de la vasija cerámica se introdujo el mineral en el interior. La leña, aunque en menor medida que el carbón (Craddock 2001: 161), ayuda en el proceso de reducción al desprender monóxido de carbono facilitando la reacción necesaria. La oxigenación se realizó mediante aire soplado a pulmón en relevos de dos personas durante tiempos que oscilaron entre los 35 y 45 minutos. Durante la parte final de la fase de soplado se cubrió la vasija con una piedra y/o con ceniza y brasas para lograr un ambiente reductor. La escoria resultante era

consistente con abundantes gotas de metal atrapadas en todas las experiencias realizadas.

Las dos últimas pruebas consistieron en el proceso de fundición del cobre metálico obtenido por reducción, utilizando la misma estructura y un procedimiento similar de soplado exclusivamente en ambiente oxidante. Esta vez el recipiente actuaba a modo de vasija-horno sensu estricto, hecho que pone en duda de nuevo el concepto “vasija de reducción” (Rovira y Ambert 2002). El cobre se introdujo en un crisol, tras un precalentamiento de diez minutos se continuó con una fase de soplado con una duración no superior a los 15 minutos tras la que el cobre se licuó y con el vertido en el molde de este el resultado final fue la obtención de un punzón (Fig. 2).

---

## Perspectivas

Esta cadena experimental ha desarrollado de forma integral el proceso metalúrgico desde el procesado del mineral hasta el objeto acabado, generando consigo una serie de datos susceptibles de ser contrastados con el registro arqueológico. Los resultados de las distintas analíticas que se están llevando a cabo serán puestos de manifiesto en posteriores publicaciones.

Valoramos este trabajo como un interesante acercamiento empírico a la tecnología metalúrgica calcolítica que nos permitirá realizar nuevos experimentos de comprobación sobre ciertas hipótesis. Destacamos el hecho de que la propia experiencia implica la generación de observaciones y reflexiones acerca del proceso tecnológico implicado,

con los mínimos requerimientos en cuanto a los elementos técnicos y materiales.

No obstante, todavía existe un amplio abanico de aspectos tecnológicos que han sido propuestos como propios de la primera metalurgia que son susceptibles de ser sometidos a prueba con el método experimental. La adquisición de las destrezas técnicas y materiales nos permite abordar cuestiones como el rendimiento del mineral con esta tecnología, el posible uso de fundentes, la intencionalidad o no de los cobres arsenicados, los tipos de inyección de aire, los tipos de combustible y otros aspectos, como por ejemplo el utillaje lítico implicado en la tecnología del cobre en el Calcolítico. ■

---

## Bibliografía

- AMBERT, P. (1998): “Métallurgie préhistorique, Métallurgie expérimentale, les fours, état de la question, perspectives de recherche”. En M.C. Frere-Sautot (coord.): *Paleometalurgie des cuivres*, Monographies Instrumentum 5, Ed. Monique Mergoil, Montagnac: 1-16
- CAMALICH MASSIEU, M<sup>a</sup>.D.; MARTÍN SOCAS, D. (coord.) (1999): *El Territorio almeriense: Desde los inicios de la producción hasta finales de la antigüedad. Un modelo: La depresión de Vera y Cuenca del río Almanzora*. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, Sevilla.
- COGHLAN, H. H. (1940): “Prehistoric copper and some experiments in smelting”. *Transactions of the New-comen Society*, 20: 49-65.
- COLES, J.M. (1979): *Experimental Archaeology*. Academic Press. London.
- CRADDOCK, P.T. (2001): “From hearth to furnace: Evidences for the earliest metal smelting technologies in the Eastern Mediterranean”. *Paléorient*, 26/2: 151-165.
- DELIBES, G.; FERNÁNDEZ-MIRANDA, M.; FERNÁNDEZ-POSSE, M.D.; MARTÍN, C. (1989): “El poblado de Almizaraque”. En *Homenaje a L. Siret (1934-1984)*: 167-177.
- GÓMEZ RAMOS, P. (1996): “Hornos de reducción de cobre y bronce en la Pre y Protohistoria de la Península Ibérica”. *Trabajos de prehistoria*, 53 (I): 127-143..
- GÓMEZ RAMOS, P. (1999): *Obtención de metales en la prehistoria de la Península Ibérica*. BAR International Series 753. Archaeopress, Oxford.
- HAPP, J. (1997): “Descobrir la metal-lurgia del cobre a partir de l’experimentació”. *Cota Zero*, 13: 93-102.
- HOOKE D.R.; FREESTONE, I.C.; MEEKS, N.A.; CRADDOCK, P.T.; MORENO, M<sup>a</sup>.A. (1991): “The early production of copper-alloys in South-East Spain”. En A. Pernicka and G.A. Wagner (eds.): *Archaeometry '90: Proceedings of the 27th International Symposium on Archaeometry*, 2-6 April 1990: 65-76.

- HUNT ORTIZ, M.A.; HURTADO, V. (1999): "Suroeste", En G. Delibes; I. Montero (coords.): *Las primeras etapas metalúrgicas en la Península Ibérica. II. Estudios regionales* Instituto Universitario Ortega y Gasset- Ministerio de Educación y Cultura: 275-331.
- HUNT ORTIZ, M.; HURTADO PÉREZ, V.; GALLARDO FUENTES, V.; POLVORINOS DEL RÍO, A. (2001): "El valor de los ensayos experimentales para la interpretación de los restos arqueológicos prehistóricos." En Gómez Tubío, B.; Respaldiza Galisteo, M. A. y Pardo Rodríguez, M. L. (eds.): *Actas del III Congreso Nacional de Arqueometría* (Sevilla, Diciembre de 1999), Universidad de Sevilla: 533-542.
- INGERSOLL, D.; YELLEN, J.; MACDONALD, W. (1977): *Experimental archaeology*. Columbia University Press. New York.
- JEFFERY, D. (2004): "Experiential and experimental archaeology with examples in iron processing". *IAMS*, 24: 13-16.
- LOZANO J. A.; MORGADO A.; MARTÍN-ALGARRA A.; AGUAYO P.; GARCÍA D.; MORENO F.; TERROBA J. (2010): "La explotación prehistórica e histórica de la montaña de Malaver (Ronda, España): un patrimonio minero singular". En Romero Macías, E.M (coord.): *Patrimonio Geológico y Minero. Una apuesta por el desarrollo local sostenible*. Universidad de Huelva: 431-442.
- MOHEN, J. (1990): *Metalurgia prehistórica, introducción a la Paleometalurgia*. Colección Prehistoire, Ed. Masson, Paris.
- MONTERO RUÍZ, I; CONSUEGRA, S; ROVIRA, S. (1988): "Arqueometalurgia. Fuente auxiliar de la Historia". *Revista de Arqueología*, 85: 5-13.
- MONTERO RUÍZ, I. (1999): "Sureste", En G. Delibes; I. Montero (coords.): *Las primeras etapas metalúrgicas en la Península Ibérica. II. Estudios regionales* Instituto Universitario Ortega y Gasset- Ministerio de Educación y Cultura: 333-354.
- MORENO JIMÉNEZ, F.; SÁNCHEZ ELENA, M.; TERROBA VALADEZ, J; AFONSO MARRERO, J.A.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, G.; MORGADO RODRÍGUEZ, A.; MORENO GONZÁLEZ, J.C. (2007): "Un proyecto integral de Arqueología Experimental: el poblado de la Algaba (Ronda, Málaga)". En Ramos M.L.; González J.E; Baena, J. (eds.): *Arqueología experimental en la Península Ibérica*: 37-45.
- MORENO ONORATO, M<sup>a</sup>.A.; MOLINA GONZÁLEZ, F.; CONTRERAS CORTES, F. (1994): "La investigación arqueometalúrgica de la Prehistoria Reciente en el Sureste de la Península Ibérica". En D. Vaquerizo (coord.): *Minería y metalurgia en la España Prerromana y romana*: 13-54.
- NOCETE, F. (coord.) (2004): *ODIEL. Proyecto de Investigación Arqueológica para el análisis del Origen de la Desigualdad Social en el Suroeste de la Península Ibérica*. Monografías de Arqueología, 19. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía. Sevilla.
- NOCETE, F; QUEIPO, G; SÁEZ, R; NIETO, J M; IGNÁCIO, N.; BAYONA, M.R; PERAMO, A; VARGAS, J.M; CRUZ-AUNÓN, R; GIL-IBARGUCHI, J.I; SANTOS, J.F. (2008): "The smelting quarter of Valencia de la Concepción (Seville, Spain): the specialised copper industry in a political centre of the Guadalquivir Valley during the Third millennium BC (2750-2500 BC)". *Journal of Archaeological Science*, 35: 717-732.
- OBÓN ZÚÑIGA, A. (2010): *Aportación experimental al proceso técnico de la metalurgia del cobre durante el IV-III mil. a.n.e. en el sur de la Península Ibérica*. Trabajo de Máster, UGR. Granada. Inédito.
- REYNOLDS, P.J. (1988): *Arqueología experimental. Una perspectiva de futur*. Estudis Universitaris de Vic.
- REYNOLDS, P.J. (1999): "The nature of Experiment in Archaeology". En A. F. Harding (ed.): *Experiment and design in Archaeology in honour of John Coles*. Oxford Books: 156-162.
- RODRÍGUEZ BAYONA, M. (2008): *La investigación de la actividad metalúrgica durante el III Milenio A.N.E. en el Suroeste de la Península Ibérica. La Arqueometalurgia y la aplicación de análisis metalográficos y composicionales en el estudio de la producción de objetos de metal*. BAR British Archaeological Reports. Oxford.
- RODRÍGUEZ-VINCEIRO, F.J.; FERNÁNDEZ, L.E.; CLAVERO, J.L.; ROMERO, J.C.; THODE, C. GARCÍA PÉREZ, A.; SUÁREZ, J.; BARRERA, M.M.; PALOMO, A. (1992). "Estado actual de la investigación arqueometalúrgica prehistórica en la provincia de Málaga". *Trabajos de Prehistoria*, 49: 217-242.
- ROVIRA, S. (1989): "Arqueología y Arqueometalurgia". *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología*, 27: 45-50.
- ROVIRA, S. (1999): "Una propuesta metodológica para el estudio de la metalurgia prehistórica: el caso de Gorný en la región de Kargaly (Orenburg, Rusia)". *Trabajos de Prehistoria*, 56: 85-113.
- ROVIRA, S. (2003): "Resultado de un primer experimento de fundición de minerales de cobre en el arqueódromo de Borgoña". En Fernández J. y Herrán, J.I. (coords.): *Mineros y fundidores en inicio de la edad de los metales. El Midi Francés y la Península Ibérica*:75-81.
- ROVIRA, S. (2005): "Metalurgia de crisol: La obtención de cobre en la Prehistoria de la Península Ibérica". *Metallica. Sociedad Española para la defensa del Patrimonio Geológico y Minero*, 5: 87-94.
- ROVIRA, S.; AMBERT, P. (2002): "Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la península Ibérica y Francia meridional". *Trabajos de prehistoria* 59: 89 -105.
- ROVIRA, S.; GUTIÉRREZ, A. (2003): "Toro 2001. Crónica de un proceso de fundición experimental de minerales de cobre". En J. Fernández y Herrán, J.I. (coords.): *Mineros y fundidores en inicio de la edad de los metales. El Midi Francés y la Península Ibérica*: 70-74.
- ROVIRA, S; MONTERO, I; RENZI, M. (2009): "Experimental Co-Smelting to Copper-tin Alloys". En Kienlin T.L. y Roberts, B.W. (coords.): *Metals and Societies*: 407-420.
- SÁEZ, R.; NOCETE, F.; NIETO, J.M.; CAPITÁN, M.A.; ROVIRA, S. (2003): "The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: chemical and mineralogical study of slags dated to the Third Millennium BC". *The Canadian Mineralogist*, 41: 627- 638.