

ANÁLISIS ESTRUCTURAL, QUÍMICO Y MINERALÓGICO DE PRODUCTOS CERÁMICOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN METALÚRGICA DEL III MILENIO ANE: EL CASO DE VALENCINA DE LA CONCEPCIÓN (SEVILLA)

STRUCTURAL, CHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF CERAMICS ASSOCIATED TO METALLURGICAL PRODUCTION OF III MILLENNIUM BCE. THE CASE OF VALENCINA DE LA CONCEPCIÓN (SEVILLE)

Nuno Miguel de Franco Inácio (1) / Francisco Nocete Calvo (1) / José Miguel Nieto Liñán (2) / Reinaldo Sáez Ramos (2) / Moisés Rodríguez Bayona (1) / Daniel Abril López (1)

(1) Dpto. de Historia I, Facultad de Humanidades, Universidad de Huelva

(2) Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva

RESUMEN: El concepto y la percepción de la metalurgia prehistórica, de su desarrollo cronológico, tecnológico y social, ha sido modificado desde la aportación de los Proyectos de Investigación del Grupo MIDAS III MILENIO A.N.E. de la Universidad de Huelva.

La evaluación y análisis de la actividad metalúrgica en Valencina de la Concepción ha permitido la definición de un complejo sistema de producción, donde los indicadores arqueológicos señalan un nivel diferenciado y superior de desarrollo tecnológico respecto a sitios de su misma cronología (III Milenio anterior a nuestra era). Además, sus contextos sociales y la división técnica y espacial del trabajo, indican la existencia de un barrio industrial de producción metalúrgica especializada.

Este trabajo presenta los resultados de la definición de los procesos tecnológicos de producción y utilización de productos cerámicos (crisoles y toberas), asociados a la actividad metalúrgica del cobre, mediante la aplicación de una metodología basada en el análisis textural, petrográfico, químico y mineralógico.

Los resultados de los análisis petrográficos y químicos sugieren la utilización de materia prima similar y de origen local para la manufactura de crisoles y toberas. Sin embargo, desde el punto de vista tecnológico, los crisoles y toberas presentan un tratamiento diferenciado con respecto a la preparación de la pasta cerámica.

Por último, la información aportada por el análisis mineralógico y textural, ha permitido acercarse a la temperatura a que han estado sometidos estos instrumentos durante el proceso metalúrgico. En el caso de los crisoles, las temperaturas estimadas corroboran los datos procedentes del análisis textural y químicos de las adherencias escoriáceas.

SUMMARY: The concept and perception of prehistoric metallurgy, its chronological, technological and social development, has been modified after the publication of the results of research projects developed by "MIDAS III MILENIO ANE" Group (University of Huelva).

The assessment and analysis of metallurgical activity in Valencina de la Concepción has allowed the definition of a complex production system, where archaeological indicators point to a different and higher level of technological development compared with sites of same chronology (3rd millenium BCE). Moreover, their social contexts and the technological and spatial division of labor, suggest the existence of a specialized smelting quarter in this settlement.

This paper presents the results of technological process associated to manufacture and use of ceramic products (crucibles and tuyères) associated to metallurgical activity, by implementing a methodology based on textural, petrographical, chemical and mineralogical analysis.

For the manufacture of crucibles and tuyères, the results of the petrographic and chemical analysis suggested the use of similar raw materials sourced locally. However, from the technological point of view, crucibles and tuyères have a differential treatment in relation to the preparation of ceramic paste.

Finally, the information provided by the mineralogical and textural analysis has allowed estimating the temperature reached by these instruments in the metallurgical process. In the case of the crucibles, the data corroborate the information provided by textural and chemical analysis of scoriaceous adhesions.

PALABRAS CLAVE: Tercer Milenio A.N.E., Metalurgia del cobre, Crisoles, Toberas, Técnicas de producción..

KEY WORDS: Third millennium BC, Copper metallurgy, crucibles, tuyères, production techniques.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en el seno del Grupo de Investigación *MIDAS III MILENIO A.N.E.* de la Universidad de Huelva, se han desarrollado Proyectos Generales de investigación, autonómicos (ODIEL I y II) y nacionales (PIGMALION I, II y III: PB 98-0958 / BHA20021-0437-C02-02 / HUM2005-02814/HIST), centrados en la exploración del proceso de relaciones centro/periferia de la sociedad clasista inicial en su articulación de la organización técnica y social de la producción metalúrgica del cobre durante el Tercer Milenio A.N.E.

En el marco de las investigaciones sobre la producción metalúrgica del cobre durante el Tercer Milenio A.N.E., la recién identificación de singulares y especializados contextos metalúrgicos en el yacimiento de Valencina de la Concepción (Nocete *et al.* 2008) exigía un cambio metodológico orientado a comprender el contexto social de la actividad metalúrgica a través de la aplicación de un modelo metodológico que integrase todos los componentes del proceso metalúrgico: análisis de subproductos (escorias), análisis de productos (composicional, técnicas de manufacturación y propiedades mecánicas), análisis de procedencia de materias primas y productos, análisis de instrumentos líticos y, por último, análisis de los instrumentos cerámicos asociados al proceso metalúrgico (crisoles y toberas), proporcionado por un nuevo y rigurosos registro microespacial, su contextualización diacrónica y sincrónica e información paleoambiental.

II. EL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO¹

El yacimiento arqueológico de Valencina de la Concepción se ubica en una plataforma elevada sobre el Guadalquivir, en el aljarafe de la provincia de Sevilla (Figura 1). Ha sido objeto de estudio por parte de numerosos autores, coincidiendo casi todos en enfatizar, sobre todo, su gran extensión, las grandes tumbas y los ricos ajuares asociados

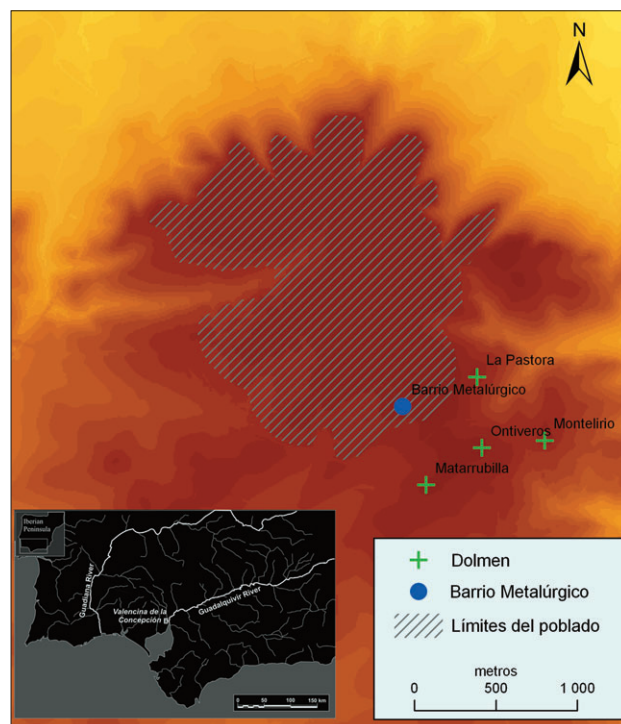


Fig. 1. Localización del barrio *metalúrgico* en el poblado de Valencina de la Concepción.

(Murillo 2004). En los últimos años, varios autores, enmarcados por distintos y renovados enfoques teóricos, se han referido a *Valencina* como un enorme centro de poder que articula, organiza y gestiona un extenso territorio (Nocete 2001: 46; Pajuelo y López 2001: 244).

Sin embargo, a pesar de la importancia generalmente admitida para *Valencina de la Concepción*, el panorama de su investigación, pese a los centenares de intervenciones arqueológicas desarrolladas en él, se ha caracterizado tanto por una documentación de carácter puntual como por la ausencia casi total de proyectos de investigación sistemáticos.

Las intervenciones arqueológicas realizadas con la colaboración y asesoramiento de nuestro Grupo de Investigación, entre 2002 y 2006, en dos zonas (Matarrubilla y Nueva Valencina) anexadas espacial y temporalmente y con una superficie global próxima a las 9 hectáreas, han permitido documentar, por la cualidad e intensidad de sus

¹ Para un desarrollo más extenso del contexto arqueológico véase Bayona *et al.*, "El Barrio Metalúrgico de Valencina de la Concepción (Sevilla): procesos de producción vinculados a la manufactura de productos de cobre", publicado en este mismo Con-

indicadores arqueológicos, el sector que hemos denominado *barrio metalúrgico* (Figura 1). Estos nuevos registros modificaron sustancialmente, no sólo la organización interna del poblado, sino la interpretación sobre la práctica de la actividad metalúrgica en la *Valencina de la Concepción* del III Milenio A.N.E., ahora mediante la constatación de inequívocos contextos de producción (Nocete *et al.* 2008).

Estos contextos se encuentran delimitados por un sistema de fosos que definen tanto el límite sur del asentamiento como la separación de esta área del ámbito funerario. Sus evidencias materiales —minerales, escorias, herramientas vinculadas a la actividad metalúrgica (toberas, crisoles, molinos, percutores, morteros, batanes, pinzas) y productos de cobre— definen una configuración espacial y económica que otorgan a la actividad metalúrgica el papel de único sector productivo de esta área del asentamiento.

La fijación cronológica, obtenida mediante ocho dataciones radiocarbónicas, de las cuales seis procedían de los contextos de actividad metalúrgica del sector, y específicamente de muestras tomadas del interior de sus escorias, establece una horquilla temporal entre los inicios de la actividad metalúrgica de los cuatro sectores entorno al, calibrado, 2750 A.N.E. y el 2500 A.N.E. principalmente.

Para el estudio integrado de este sector del poblado y de la actividad desarrollada en él, hemos aplicado una metodología de evaluación empírica que ha contemplado, entre otros aspectos, el análisis microespacial, las dataciones radiocarbónicas, el análisis mineralógico e isotópico a minerales, escorias y productos, análisis metalográficos a sus productos de metal y análisis arqueométrico del instrumental cerámico (toberas y crisoles), que son los que aquí se presentan.

III. CRISOLES Y TOBERAS DE VALENCINA DE LA CONCEPCIÓN

Los crisoles y toberas, prácticamente ausentes en las excavaciones arqueológicas previas de Valencina de la Concepción (Hunt 2003: 299-303), son uno de los materiales más abundantes documentados en la intervención arqueológica del contexto del Barrio Metalúrgico. En total, fueron



Fig. 2. Fotografía de instrumentos cerámicos asociados a la actividad metalúrgica en el barrio metalúrgico de Valencina de la Concepción: crisoles circulares y rectangulares.

identificados cerca de dos centenares de crisoles fragmentados y una treintena de toberas.

Los crisoles (Figura 2), asociados a las tareas de fundición de cobre, presentan en general morfologías sub-rectangulares, con base plana, similares a los prototipos identificados en otros yacimientos del Suroeste de la Península Ibérica, como La Junta de los Ríos, Cabezo Juré o Santa Justa (Nocete, 2001; 2004; 2005; Gonçalves, 1989). Sin embargo, en el caso de los contextos del Barrio Metalúrgico de Valencina de la Concepción, se han documentado también ejemplares de formato circular. Presentan en general pastas muy porosas y deshidratadas, de color marrón a gris, signos de haber sido sometidos a altos gradientes térmicos y adherencias escoriáceas en las superficies internas, sobre todo en los bordes. La mayoría de los fragmentos ofrecen un grosor medio de paredes de $1,6 \pm 0,4$ cm, profundidades medias de $1,9 \pm 0,5$ cm y anchura media de $6,1 \pm 1,4$ cm. Aunque no ha sido posible registrar ningún ejemplar completo, algunos presentan longitudes que puedan pasar los 15 cm, lo que indica un rango de tamaño que puede oscilar de los $20/30\text{cm}^3$, hasta crisoles de gran ta-



Fig. 3. Fotografía del detalle de improntas de materia orgánica vegetal en la pasta de un crisol.

maño, algunos con cerca de 300 cm³ de capacidad volumétrica. El examen exhaustivo de algunos ejemplares a través de lupa binocular ha permitido reconocer la presencia de negativos de materia orgánica en el interior de su pasta (Figura 3).

El conjunto de toberas documentado presenta morfologías muy estandarizadas, de tendencia cilíndrica, con longitud media de 10,4±1,0 cm, diámetro medio de 5,2±0,5 y grosor medio de paredes de 1,6±0,2 cm. El orificio interno para la inyección de aire presenta una abertura máxima en

las extremidades de 2,3±0,3 cm y una abertura mínima interna de 1,2±0,2 cm. Las toberas fueron fabricadas con pastas muy porosas y presentan signos de alteración térmica en sus superficies, con coloraciones grises oscuras y negras, aunque ninguna presenta adherencias escoriáceas (Figura 4).

IV. EL MARCO GEOLÓGICO

El yacimiento prehistórico de Valencina se ubica en las elevaciones del Aljarafe sevillano, una amplia plataforma que alcanza los 180 m en la zona de implantación del yacimiento prehistórico y que desciende suavemente hacia el Sur. Esta unidad elevada está dominada por formaciones sedimentarias terciarias (IGME, 1980), donde se pueden discriminar, a grandes rasgos, tres litofacies (Figura 5):

Margas Azules

Esta unidad, denominada como “Formación Ecija”, está constituida por margas de color gris azulado, compactas, duras y más o menos carbonatadas, que en algunos casos se pueden conside-



Fig. 4. Fotografía de instrumentos cerámicos asociados a la actividad metalúrgica en el barrio metalúrgico de Valencina de la Concepción: toberas.

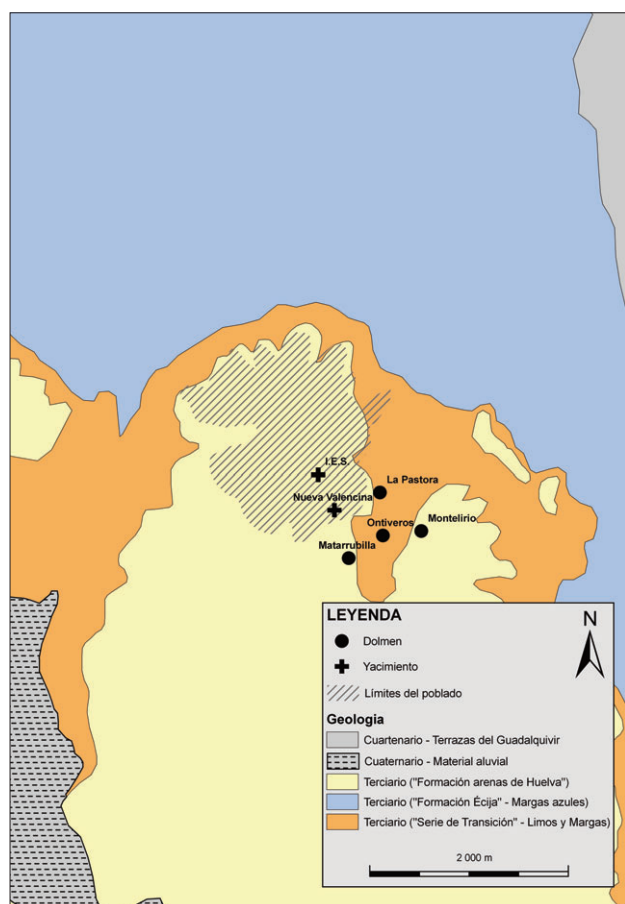


Fig. 5. Esquema geológico del área en estudio con la localización del poblado de Valencina de la Concepción y sus tumbas más importantes.

rar como arcillas calcáreas. La composición mineralógica global es de cuarzo, calcita, dolomita, filosilicatos y yeso (Galán y Pérez 1989).

Tramo de Alternancia entre Margas arenosas y arenas

Sobre el tramo de Margas Azules aparece una alternancia de margas arenosas y limos, con intercalaciones de arenas y areniscas y potencia variable. La composición mineralógica global es de cuarzo, calcita, dolomita, feldespatos y filosilicatos (Galán y Pérez 1989).

Limos arenosos amarillos

Esta unidad, denominada como “Formación Arenas de Huelva”, se encuentra sobre el tramo anterior y domina el sustrato geológico del yacimiento prehistórico. Está constituida por limos,

limos arenosos y arenas de color amarillento, con algunos niveles de arenisca intercalados en los niveles más altos. La composición mineralógica global es de cuarzo, calcita, dolomita, feldespatos y filosilicatos (Galán y Pérez 1989).

V. MUESTREO Y METODOLOGÍA

Para el ensayo metodológico preliminar fue seleccionado un conjunto representativo de 10 crisoles y 2 toberas para su análisis, procedentes de los contextos arqueológicos del Barrio Metalúrgico. Para el presente estudio se han empleado las siguientes técnicas y métodos analíticos:

- Análisis petrográfico mediante observación de lámina delgada pulida con microscopio óptico de transmisión y reflexión.

- Cálculo de la porosidad relativa.

- Análisis geoquímico de elementos mayoritarios y trazas mediante ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) e ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry*).

- Análisis mineralógico por Difracción de Rayos X.

- Análisis microtextural de fracturas frescas con Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) (2000x y 3500x) y posterior comparación con los términos definidos por Maniatis y Tite (1981)

VI. RESULTADOS

Análisis Petrográfico

En general, todas las muestras de crisoles y toberas presentan una matriz limo/arcillosa a margosa, de color gris a marrón, con evidentes signos de alteración térmica. La fracción fina está constituida mayoritariamente por inclusiones de cuarzo, de tendencia subredondeada, con tamaños inferiores a 200 micras. En menor proporción, es posible identificar algunos óxidos de hierro, plagioclasas, feldespatos alcalinos y microfósiles (foraminíferos troncoespiralados y de tipo globorotalia, así como

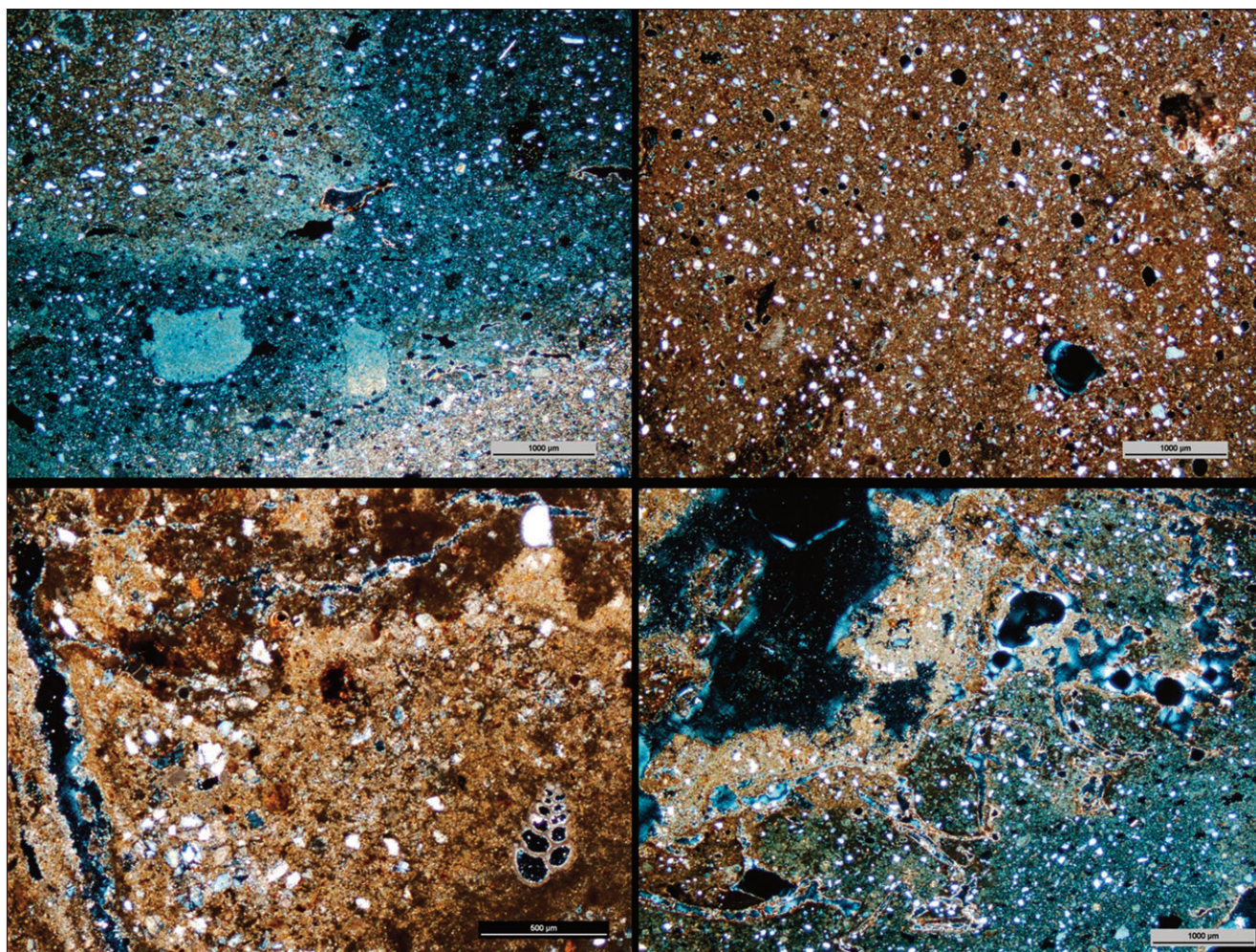


Fig. 6. Microfotografías obtenidas en microscopio óptico: pormenor de la matriz de crisoles y toberas.

pequeños gasterópodos). La fracción más gruesa está compuesta también por inclusiones de calcita y caliza micrítica, con tamaños inferiores a 1 mm, que se encuentran totalmente descompuestas en algunos casos. Aparentemente no se aprecian grandes diferencias texturales entre la matriz de los crisoles y de las toberas. Estos datos sugieren la utilización de arcillas limo-arenosas y margosas con composición mineralógica compatible con las formaciones sedimentarias del entorno inmediato (Figura 6).

Sin embargo, desde el punto de vista del tratamiento tecnológico aplicado a la materia prima, se han identificado algunas diferencias entre crisoles y toberas. Como ya habíamos constatado durante el examen por lupa binocular, donde se han identificado algunos ejemplares de crisoles con restos de materia orgánica incorporada en sus pastas, el examen petrográfico ha demostrado la presencia, en un número significativo de muestras, de restos de materia orgánica no carbonizada com-

pletamente y poros formados por su volatilización. Dado que la incorporación de materia orgánica en las pastas de cerámica se encuentra frecuentemente asociada al intento de proporcionar mayor porosidad a la cerámica (Rye 1981; Rice 1987) por parte del alfarero, para determinar efectivamente esta relación, se ha estimado la porosidad relativa en muestras de crisoles y toberas. La información aportada sugiere que la incorporación de materia orgánica parece haber contribuido a una mayor porosidad de los crisoles, estimada en cerca de 43%, mientras que en el caso de las toberas, donde no se ha identificado presencia de materia orgánica, tanto desde punto de vista macroscópico como microscópico, su porcentaje desciende hasta valores próximos al 30%.

La incorporación de chamota parece haber sido otro rasgo diferenciador entre crisoles y toberas. En algunas muestras de crisoles fue posible documentar la presencia de inclusiones arcillosas

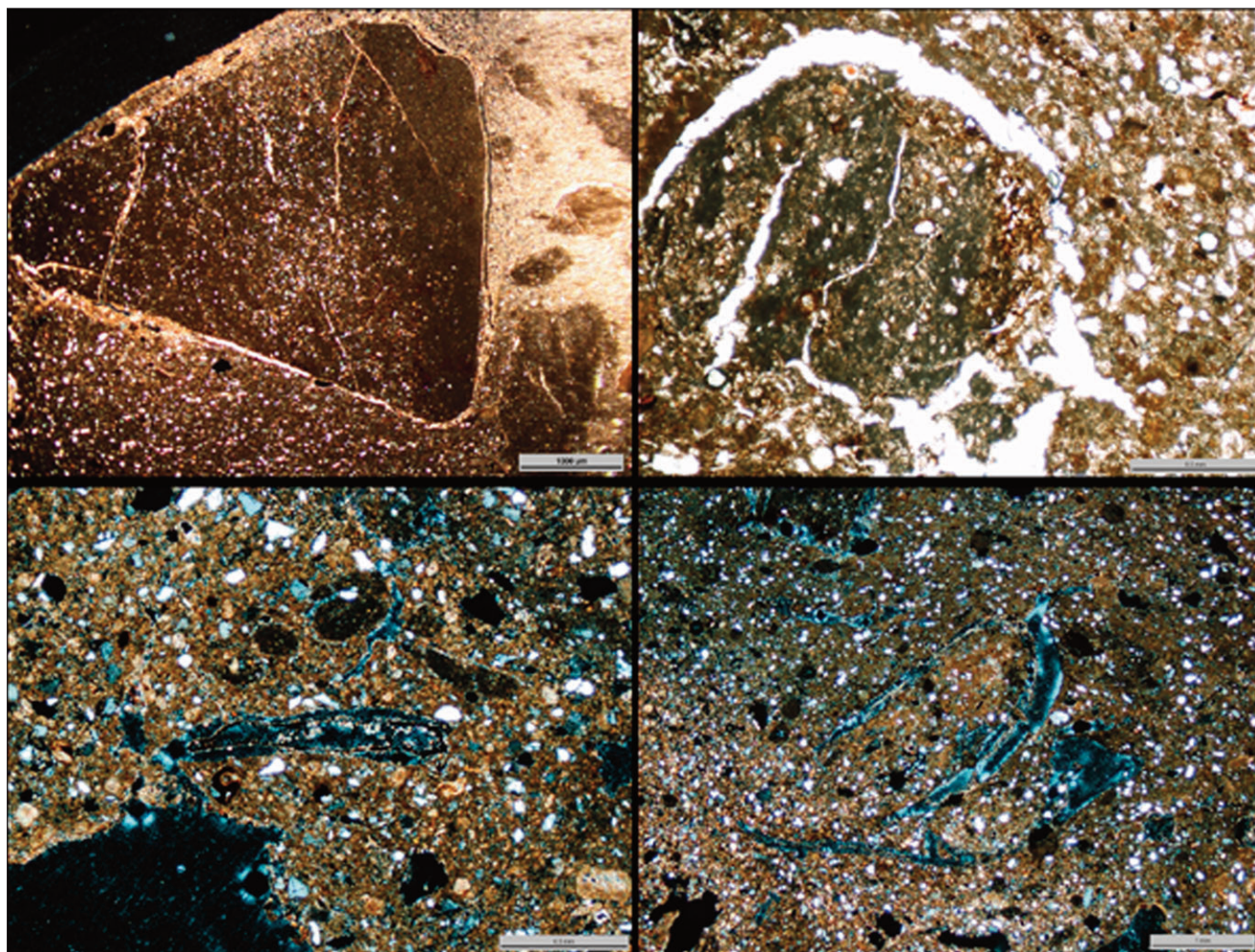


Fig. 7. Microfotografías obtenidas en microscopio óptico: chamota (arriba) y restos de materia orgánica (abajo).

con tamaños superiores a 2/3 mm. El análisis de la matriz de estas inclusiones y su tamaño parece indicar que se trata de crisoles molidos (chamota) que fueron deliberadamente incorporados en la arcilla como desgrasantes (Figura 7).

Por último, se destaca la presencia, en todo el muestreo analizado, de calcita de origen secundario que, en ocasiones, rellena completamente la microporosidad de las muestras.

Análisis Químico

De acuerdo con el análisis químico fue utilizada arcilla con un contenido en CaO próximo al 35%. El contenido más elevado en las muestras lo representa el SiO₂ (48,5%±6.1) seguido del CaO, como ya referimos anteriormente. Los restantes elementos presentan valores inferiores, desta-

cando Al₂O₃ (8,6%±1,6), Fe₂O₃ (3,3%±0,6), MgO (1,4%±0,4) y K₂O (1,4%±0,3).

Cuando comparamos la composición química entre crisoles y toberas, se pueden apreciar algunas diferencias. Los crisoles presentan, en general, un mayor contenido en SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO y K₂O, en relación a las toberas. En contraste, éstas presentan un elevado contenido en CaO en comparación con las muestras de crisoles.

En relación a los elementos trazas, se observa un mayor contenido en éstos en las muestras de crisoles frente a las muestras de toberas. El contenido en Tierras Raras presenta un comportamiento similar, observándose un enriquecimiento en las muestras de crisoles ($\Sigma\text{REE}=112,8\pm19,8$) en relación con las muestras de toberas ($\Sigma\text{REE}=83,5\pm15,7$). Sin embargo, las mayores diferencias se relacionan con la elevada presencia de

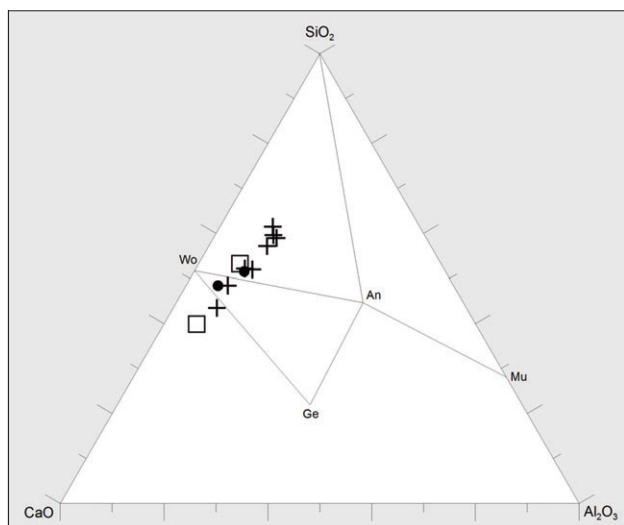


Fig. 8. Representación de las muestras analizadas en el diagrama ternario de equilibrio $\text{SiO}_2/\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Cuadrados: toberas; Cruces: crisoles; Círculos: muestras de sedimento.

Cu y As en los crisoles, en relación con las muestras de toberas, hecho que se debe, sin lugar a dudas, a la contaminación producida por el contacto directo durante la utilización de estos instrumentos en las operaciones de fundición de objetos de cobre.

Cuando comparamos la composición química de crisoles y toberas con las muestras de sedimentos previamente recogidas para su contrastación en el entorno del yacimiento, los datos sugieren una elevada compatibilidad, señalando la utilización de arcillas locales, ricas en CaO, como se puede observar en el siguiente diagrama ternario (Figura 8).

Análisis mineralógico y estimación de temperaturas

Para evaluar la temperatura a la que han sido sometidos los crisoles y toberas durante el proceso metalúrgico, se han analizado las muestras desde un punto de vista mineralógico y se han observado pequeños fragmentos de muestras con fracturas frescas en MEB, para la evaluación de las modificaciones en su microtextura.

Todas las muestras presentan un alto contenido en CaO, lo que se debe a la utilización de arcillas con abundante presencia de carbonatos, que al descomponerse por la acción térmica van a facilitar la aparición de nuevas fases cristalinas. Además, las elevadas temperaturas producen

importantes cambios microtexturales que podrán ser identificados vía MEB.

El análisis de las muestras en el diagrama ternario $\text{SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3$ ha permitido constatar que éstas presentan un comportamiento similar en el triángulo de equilibrio termodinámico Wollastonita/Gehlenita/Anortita/Cuarzo (Figura 9).

Desde el punto de vista mineralógico todas las muestras presentan fases mineralógicas de cuarzo, calcita, feldespatos alcalinos y plagioclasas. Sin embargo, teniendo en cuenta la presencia/ausencia de algunas fases cristalinas, denominadas como de neoformación o de alta temperatura, el análisis de los difractogramas ha permitido determinar, al menos, tres rangos de temperatura:

En primer lugar, muestras sin fases de alta temperatura y con presencia de picos de illita/moscovita, lo que supone una temperatura estimada a la que han sido sometidas inferior a $800/850^\circ\text{C}$. En este rango se agrupan las muestras de toberas y una muestra perteneciente a un crisol.

En segundo lugar, muestras aún con presencia de picos de illita/moscovita y neoformación de gehlenita ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$), una fase de alta temperatura formada por la reacción de la calcita con los minerales de arcilla (Riccardi *et al.* 1999), lo que supone una temperatura alrededor de $850^\circ\text{-}950^\circ$. Este grupo incluye muestras solamente pertenecientes a crisoles.

-Por último, muestras con presencia de picos de gehlenita y dióxido ($\text{MgCaSi}_2\text{O}_6$) y sin evidencias de picos de illita/moscovita. Esta asociación mineralógica evidencia temperaturas aún más elevadas, alrededor de $950^\circ/1050^\circ$ y que sólo se han registrado en muestras de crisoles.

Como ya hemos comentado en el apartado dedicado al análisis petrográfico, la presencia de picos de calcita en todos los rangos de temperatura se debe a la formación de calcita secundaria a través de procesos post-deposicionales. Sin embargo, resulta significativo señalar la presencia de picos muy intensos en las muestras pertenecientes al primer rango de temperatura, lo que se debe, proba-

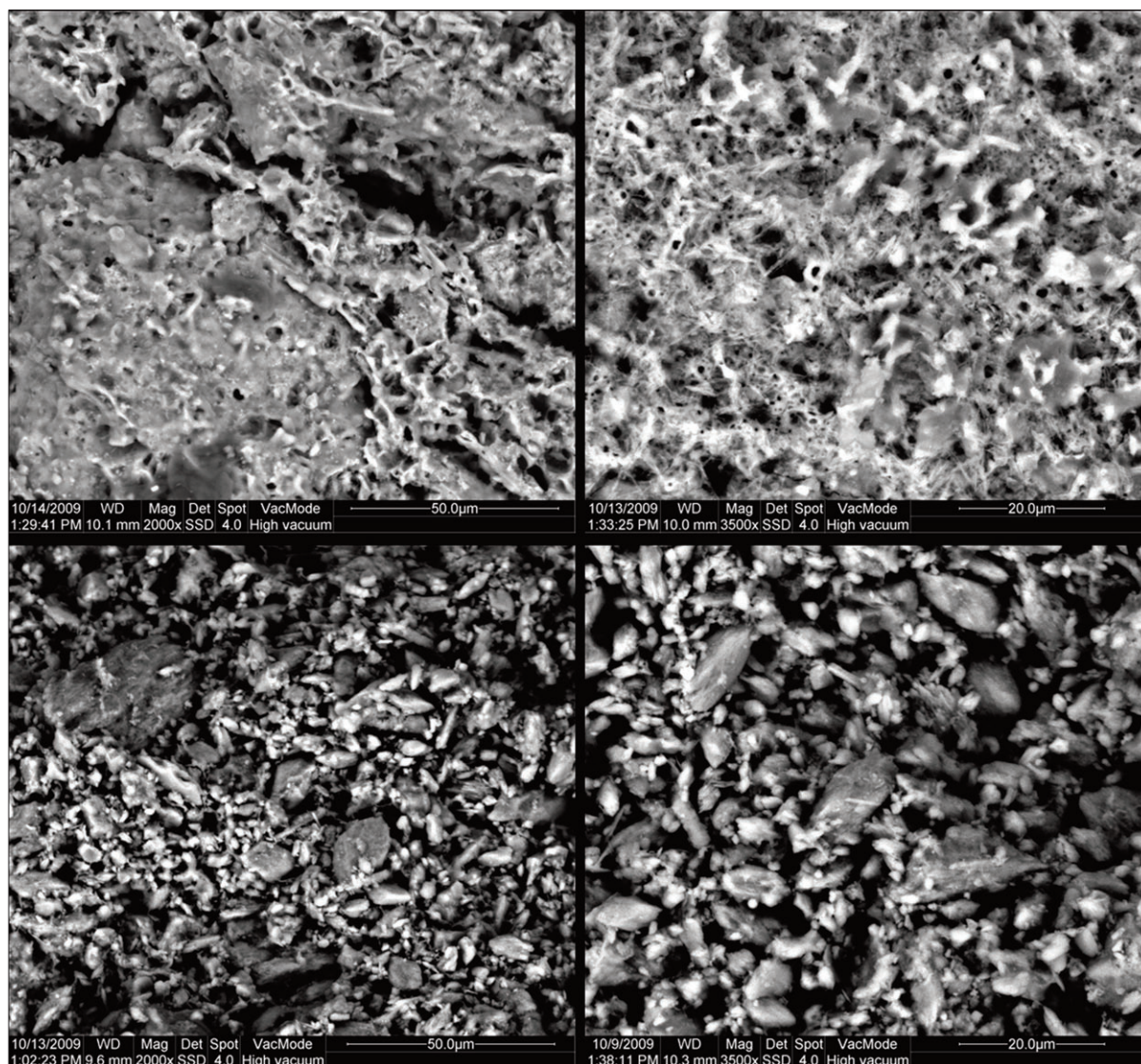


Fig. 9. Microfotografías obtenidas en Microscopio Electrónico de Barrido con electrones secundarios). Arriba (crisoles); Abajo (toberas).

blemente, también a la presencia de calcita que no ha terminado de descomponerse en su totalidad.

La evaluación de las imágenes obtenidas por el MEB ha confirmado las estimaciones sugeridas por el análisis mineralógico en lo que respecta a las diferencias entre crisoles y toberas.

Las muestras de crisoles evidencian en general una matriz en estado vitrificado, entre los rangos *Vitrificación Extensiva* / *Vitrificación Continuada* según los términos definidos por Maniatis y Tite (1981). En algunas muestras de crisoles es posible identificar la presencia de pequeñas vacuolas/poros menores de 5 micras, que evidencian un estado de vitrificación continuada, indicativo de

una temperatura elevada (Figura 9).

Las muestras de toberas, por el contrario, presentan una microtextura que se diferencia claramente de los crisoles, donde aún se puede identificar la típica estructura de laminillas de arcilla, pero donde ya se vislumbran los primeros cambios en sus bordes. Este estado de vitrificación inicial es congruente con la información aportada por la difracción (Figura 9).

VII. CONCLUSIONES

Los resultados arqueométricos permiten inferir algunas conclusiones de carácter preliminar para el conocimiento de los patrones de aprovi-

sionamiento de materia prima, características tecnológicas y utilización de los instrumentos cerámicos asociados a la producción metalúrgica en el Barrio metalúrgico de Valencina de la Concepción:

-La información procedente del análisis petrográfico y químico sugiere la utilización de materia prima de origen local que puede ser captada en toda la zona del yacimiento arqueológico de Valencina de la Concepción, donde afloran los terrenos limo/arenosos y margosos de la denominada "Formación arenas de Huelva" (IGME, 1980; Galán y Pérez 1989). La presencia de microfósiles en la matriz de algunas muestras confirma la utilización de arcillas Miocenas de la depresión del Guadalquivir.

-No obstante, aparentemente, parece haber un tratamiento tecnológico diferenciado entre crisoles y toberas en la preparación de la pasta cerámica. El análisis macroscópico de los fragmentos de crisoles ha detectado en muchos de ellos restos de improntas de materia orgánica vegetal, lo que hace suponer su incorporación intencionada en la arcilla. Esta característica ha sido identificada en crisoles de otros contextos metalúrgicos, como es el caso del yacimiento de Göltepe (Yener y Vandiver, 1993), en Anatolia, con contextos metalúrgico del III Milenio A.N.E., o más recientemente en Politiko-Phorades (Hein *et al.* 2007), en Chipre, para contextos del siglo XVI/XV A.N.E. En este último, además, la investigación realizada sugiere una relación directa entre la porosidad relativa y la incorporación de materia orgánica vegetal durante el tratamiento de la pasta cerámica. El aumento de la porosidad suele estar relacionada con el intento de proporcionar a la cerámica una mayor resistencia al choque térmico (Rye 1981; Rice 1987; Skibo *et al.* 1989).

-Sin embargo, las diferencias tecnológicas entre crisoles y toberas no se reducen únicamente a la presencia de materia orgánica vegetal en crisoles. En éstos también se documentaron pequeños fragmentos de crisoles molidos (chamota) que han actuado como desgrasantes. Su tamaño y formato sugiere una incorporación deliberada en la pasta cerámica por parte de los artesanos, con el

objetivo de proporcionar a los crisoles una mayor resistencia a los cambios térmicos que estos instrumentos tienen que soportar. Al tratarse de cerámica cocida, con un coeficiente de expansión térmica similar a la propia arcilla, este tipo de material es el idóneo para reducir posibles microfracturas que podrían ser producidas por las elevadas temperatura (Tite *et al.* 2003).

-Las informaciones aportadas por el análisis mineralógico y la observación en MEB de fracturas frescas sugiere que los crisoles han estado sometidos a altos gradientes térmicos, que han podido alcanzar los 1000/1050°. Los estudios previos donde se han analizado, desde el punto de vista textural y químico, las adherencias escoriáceas de los crisoles del yacimiento de Cabezo Juré (Sáez *et al.* 2003), en la provincia de Huelva, han permitido corroborar la información ahora proporcionada. En relación a las toberas, esta información parece indicar temperaturas más reducidas. De igual forma, la presencia de una muestra procedente de un crisol (Cer-20), sin evidencias de uso, en el primer rango de temperatura (<800/850°) sugiere que estos instrumentos fueron sometidos probablemente a un proceso de cocción previa a su utilización como crisoles.

-Por último, estas soluciones tecnológicas utilizadas por los artesanos del barrio metalúrgico de Valencina de la Concepción sugieren conocimientos muy avanzados sobre las propiedades térmicas y refractarias de las pastas cerámicas y de los elementos a ellas añadidos.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer especialmente a D. Gonzalo Queipo de Llano y D. Daniel Lara Montero por parte de *Factum Novem* S.L. y a D. Juan Manuel Vargas Jiménez, Arqueólogo Municipal del Excmo. Ayuntamiento de Valencina de la Concepción, la constante y eficiente colaboración prestada así como la cesión de los materiales y registros arqueológicos para su estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- ARTEAGA, O. y CRUZ-AUÑÓN, R. 1999: "El sector funerario de «Los Cabezueros» (Valencina de la Concepción, Sevilla). Resultados preliminares de una excavación de urgencia". *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1995, III: 589-599.
- CAMUTI, K. y MCGUIRE, P. T. 1999: "Preparation of polished thin sections from poorly consolidated regolith and sediment materials". *Sedimentary Geology* 128: 171-178
- CICHELLA, D.; DE VIVO, B. y LIMA A., 2005: "Background and baseline concentration values of elements harmful to human health in the volcanic soils of the metropolitan and provincial areas of Napoly (Italy)". *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 5: 29-40
- CRUZ-AUÑÓN, R. y ARTEAGA, O. 1999: "Acerca de un campo de silos y un foso de cierre prehistóricos ubicados en «La Estacada Larga» (Valencina de la Concepción, Sevilla). Excavación de Urgencia de 1995". *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1995, III: 600-607.
- GALÁN, E. y PÉREZ, J. L. 1989: *Geología de Sevilla y alrededores y características geotécnicas de los suelos del área urbana*. Ayuntamiento de Sevilla. Sevilla.
- GONÇALVES, V. 1989: *Megalitismo e Metalurgia no alto Algarve Oriental. Uma aproximação integrada*. UNIARCH, Lisboa.
- HEIN, A.; KASSIANIDOU, V. y KILIKOGLU, V. 2007: "Chemical and Mineralogical Examination of Metallurgical ceramics from a Late Bronze Age copper smelting site in Cyprus". *Journal of Archaeological Science* 34 (1): 141-154.
- HUNT ORTIZ, M. A. 2003: *Prehistoric mining and metallurgy in south west Iberian Peninsula*. BAR International Series, 1188, Oxford.
- IGME 1980: *Mapa Geológico de España* (1:200000). Sevilla nº 75. Servicio de Publicaciones Ministerio de Industria y Energía.
- MANIATIS, Y. y TITE, M. S. 1981: "Technological Examination of Neolithic-Bronze Age Pottery from Central and Southeast Europe and from Near East". *Journal of Archaeological Science* 8: 59-76.
- MURILLO, T. 2006: *Historia e historiografía de un yacimiento de la Edad del Cobre: Valencina de la Concepción, Sevilla*. U.N.E.D., Centro Asociado de Sevilla.
- NOCETE, F. 2001: *Tercer Milenio antes de Nuestra Era. Relaciones y contradicciones centro/periferia en el Valle del Guadalquivir*. Bellaterra. Barcelona.
- 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 nº 19. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, Sevilla.
- NOCETE, F. 2005: *Andévalo. Patrimonio Arqueológico. El yacimiento de la Junta de los Ríos. Modelo de recuperación, análisis e interpretación del registro arqueológico en la presa del Andévalo*. Huelva. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- NOCETE, F. y LINARES, J.A. 1999: "Las primeras sociedades mineras en Huelva. Alosno". *Historia de la Provincia de Huelva*. Huelva, Editorial Mediterráneo: 49-64.
- NOCETE, F.; ORIHUELA, A.; PEÑA, M. y PERAMO, A. 1993: "Proyecto Odiel. Un año después (1991-1992). 3000-1000 a.n.e. Formaciones Sociales en Transición: Un modelo de análisis histórico para la contrastación del proceso de jerarquización social". En J.M. Campos y F. Nocete (coord.): *Investigaciones arqueológicas en Andalucía, 1985-1992, Proyectos*. Consejería de Cultura y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Dirección General de Bienes Culturales, Huelva: 383-400.
- NOCETE, F.; LIZCANO, R.; ORIHUELA, A.; LINARES, J.A.; OTERO, R.; ESCALERA, P.; PARRALES, P. y ROMERO, J.C. 1999a: "I campaña de excavación arqueológica de Cabezo Juré (Alosno, Huelva)". *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1994, II: 86-92.
- NOCETE, F.; ESCALERA, P.; LINARES, J.A.; LIZCANO, R.; ORIHUELA, A.; OTERO, R.; ROMERO, J.C. y SÁEZ, R. 1999b: "Estudio del material arqueológico de la primera campaña de excavación de C. Juré (Alosno, Huelva). Proyecto Odiel". *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1994, II: 93-104.
- NOCETE, F.; LIZCANO, R.; LINARES, J.A.; ESCALERA, P.; ORIHUELA, A.; PÉREZ, J.M.; RODRÍGUEZ, M.; GARRIDO, N.; AQUINO, N.; ALCÁZAR, J.M. y ÁLEX, E. 2001: "Segunda Campaña de excavación arqueológica sistemática en el yacimiento de Cabezo Juré (Alosno, Huelva)". *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1997, II : 107-111.
- NOCETE, F.; SÁEZ, R.; NIETO, J.M.; LIZCANO, R.; BAYONA, M.R.; ÁLEX, E. e INÁCIO, N. 2005a: "Nouvelles perspectives pour les analyses historiques de la première exploitation minière et de la première métallurgie dans la Péninsule Ibérique: La production du cuivre à Cabezo Juré (2900-2200 BC)". *CU+* 4: 24-28.
- NOCETE, F.; SÁEZ, R.; NIETO, J.M.; CRUZ-AUÑÓN, R.; CABRERO, R.; ÁLEX, E. y BAYONA, M.R. 2005b: "Circulation of sili-cified oolitic limestone blades in South-Iberia (Spain and Portugal) during the third millennium B.C.: an expression of a core/periphery framework". *Journal of Anthropological Archaeology* 24: 62-81.
- NOCETE, F.; QUEIPO, G.; SÁEZ, R.; NIETO, J.M.; INÁCIO, N.; BAYONA, M.R.; PERAMO, A.; VARGAS, J.M.; CRUZ, R.; GIL-IBARBUCCI, J.I. y SANTOS, J.F. 2008: "The smelting quarter of Valencina 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.

- PAJUELO, A. y LÓPEZ, P.M. 2001: "Ideología y control político durante el III Milenio a.n.e. en el Bajo Guadalquivir". *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social* IV: 229-255.
- RICCARDI, M. P.; MESSIGA, B. y DUMINUCO, P. 1999: "An approach to the dynamics of clay firing". *Applied Clay Science* 15: 393-409.
- RICE, P. M. 1987: *Pottery Analysis. A Sourcebook*. University Chicago Press. Chicago.
- 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*. British Archaeological Reports (BAR), International Series 1769. Oxford.
- SÁEZ, R.; PASCUAL, E.; TOSCANO, M. y ALMODÓVAR, G.R. 1999: "The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits". *Mineralium Deposita* 34: 549-570.
- SÁEZ, R., NOCETE, F. NIETO, J. M., CAPITÁN, M.^a A. y ROVIRA, S. 2003: "The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: Geochemical and mineralogical study of slag dated to the Third Millennium B.C." *The Canadian Mineralogist* 41: 637-648.
- SÁEZ, R.; NOCETE, F. y CÁMALICH, M. D. 2004: "La captación de materias primas para la metalurgia de Cabezo Juré". En F. Nocete (Coord.): *ODIEL. Proyecto de Investigación Arqueológica para el análisis del origen de la desigualdad social en el suroeste de la Península Ibérica*. Monografías de Arqueología nº 19. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, Sevilla: 265-271.
- SKIBO, J. M.; SCHIFFER M. B. y REID, K. C. 1989: "Organic-tempered pottery: an experimental study". *American Antiquity* 54-1: 122-146.
- TITE, M. S.; KILIKOGLU, V. y VEKINIS, G. 2003: "Strength, Toughness and Thermal Shock Resistance of Ancient Ceramics, and Their Influence On Technological Choice". *Archaeometry* 43(3): 301-324.
- VARGAS JIMÉNEZ, J.M. 2003: "Elementos para la definición territorial del yacimiento prehistórico de Valencina de la Concepción (Sevilla)". *Spal* 12: 125-144.
- YENER, K. A. y VANDIVER, P. B. 1993: "Tin Processing at Göltepe, an Early Bronze Age Site in Anatolia". *American Journal Archaeology* 97: 207-238.