

ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICO DE CERÁMICAS METALÚRGICAS DEL III MILENIO A.N.E. DEL ASENTAMIENTO DE CABEZO JURÉ (ALOSNO, HUELVA).

ARCHEOMETRIC ANALYSIS OF METALLURGICAL CERAMICS OF III MILLENNIUM BC FROM THE CABEZO JURÉ SETTLEMENT (ALOSNO, HUELVA).

N. Inácio*

Departamento de Historia I (Universidad de Huelva)

F. Nocete**

Departamento de Historia I (Universidad de Huelva)

J.M. Nieto***

Departamento de Geología (Universidad de Huelva)

M.R. Bayona****

Departamento de Historia I (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 evaluación y análisis de la actividad metalúrgica en el asentamiento de Cabezo Juré. En este trabajo se presentan los resultados de la definición de los procesos tecnológicos asociados a la producción de instrumentos cerámicos vinculados al proceso metalúrgico (crisoles y vasijas de reducción), mediante la aplicación de una metodología de evaluación empírica basada en análisis petrográficos y químicos. Los resultados del análisis arqueométrico sobre estas cerámicas metalúrgicas sugieren la utilización de arcillas locales para su manufactura, similares a las empleadas en la cerámica de uso doméstico. Sin embargo, se ha observado la existencia de elecciones tecnológicas diferenciales, de cara a soportar los altos gradientes térmicos a los que debían estar sometidos durante el proceso metalúrgico.

PALAVRAS CLAVE: Cerámica metalúrgica; Crisoles; Vasijas de reducción; Elecciones tecnológicas; Arqueometría.

ABSTRACT

The perception of prehistoric metallurgy, its chronological, technological and social development has been modified since the evaluation and analysis of metallurgical activity in the metal mining settlement of Cabezo Juré. This paper presents the results of technological process associated to manufacture of metallurgical ceramic (crucibles and smelting vessels) by applying empirical evaluation methodology based on petrographic and chemical analysis. The results of the petrographic and chemical analysis of these metallurgical ceramics suggest the use of local clays, similar to those used in the manufacture of domestic vessels. However, in order to withstand the high thermal gradients that should be subject during the metallurgical process, crucibles show differential technological treatment in relation to domestic pottery and smelting vessels.

Key words: Metallurgical ceramics; Crucibles; Smelting vessels, Technological choices; Archaeometry.

* nuno.inacio@dhis1.uhu.es

** nocete@dhis1.uhu.es

*** jmnieto@dgeo.uhu.es

**** moises.rodriguez@dhis1.uhu.es



Figura 1 – Mapa con la localización de Cabezo Juré.

1. INTRODUCCIÓN

El yacimiento de Cabezo Juré, situado a tan sólo 3 Km al sureste del distrito minero de Tharsis (Figura 1), se ubica en plena Faja Pirítica Ibérica, una de las provincias metalogenéticas más importantes del mundo, con una de las mayores concentraciones de sulfuros masivos (Sáez *et al.*, 1999). Se encuentra ubicado en la cumbre de un cerro con el mismo nombre, protegido por fuertes pendientes y con una posición dominante en el territorio minero del entorno. Esta implantación sobre un afloramiento rocoso de gran entidad señala una estrategia locacional donde se privilegió una conducta defensiva, permitiendo el control visual de un amplio territorio de explotación, en especial, el control de las principales mineralizaciones de cobre de la región: Tharsis, Almagrera y La Lapilla. Las excavaciones arqueológicas que se han realizado en el yacimiento de Cabezo Juré han documentado un contexto arqueológico que fue el efecto de una comunidad tecnológica y socialmente especializada en la metalurgia del cobre, con dataciones de radiocarbono que lo adscriben al proceso histórico del III Milenio ANE (Bayona, 2015; Nocete *et al.*, 2011). Esta especialización se manifiesta en la masiva presencia de minerales de cobre (malaquita, azurita, cuprita, tenorita, calcosina y covellina), instrumentos de producción (hornos, crisoles, toberas, etc.) y transformación metalúrgica (martillos, moldes, etc.), así como desechos

(escorias) y manufacturas metálicas en los distintos procesos de su elaboración (hachas, cuchillos, sierras, etc.), frente a la ausencia de instrumentos y actividades que puedan señalar alguna intervención agrícola orientada a la producción de alimentos. En este sentido, el registro polínico no sólo confirma la ausencia de taxones cerealíferos, sino que, además, documenta un proceso de deforestación que coincide con el constante y progresivo consumo de madera para la alimentación de los hornos de reducción y fundición de mineral (Nocete, 2001, 2004 y 2006). Respecto al proceso metalúrgico, el estudio químico y textural de las escorias metalúrgicas señala que éste fue realizado en dos etapas: una primera de reducción en hornos metalúrgicos, con ayuda de fundentes, de ventilación forzada con toberas y fuelles y utilizando especies arbóreas y arbustivas con alto poder calorífico y combustibilidad, lo que permitió que se rondasen temperaturas de 1200°C; una segunda etapa de refinado en crisoles cerámicos, a temperaturas inferiores, alrededor de 1000°C (Sáez *et al.*, 2003). De entre los elementos vinculados a la actividad metalúrgica mencionados, los instrumentos cerámicos son uno de los más numerosos en los contextos arqueológicos de Cabezo Juré: crisoles, vasijas de reducción y toberas. Resulta especialmente sugerente la gran importancia que presentan los elementos cerámicos involucrados en la actividad metalúrgica prehistórica, no sólo en la evaluación de su lugar específico en la cadena operativa sino también en las elecciones tecnológicas asociadas a su proceso de producción como instrumentos metalúrgicos. En términos generales, los estudios sobre cerámicas metalúrgicas han estado orientados a dos ámbitos de análisis. Un primer ámbito enfoca el análisis de los restos de escorificaciones adheridas a las paredes de los crisoles y vasijas de reducción, de cara a evaluar el proceso metalúrgico, las temperaturas alcanzadas y la funcionalidad de las vasijas. Un segundo aspecto de análisis, ha sido objeto de menor atención por parte de

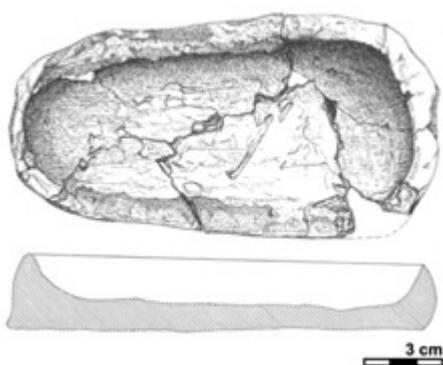


Figura 2 – Crisol de fondo plano documentado en Cabezo Juré.

los investigadores, a pesar de algunas aportaciones recientes (Inácio *et al.*, 2010 y 2011; Polvorinos *et al.*, 2011). Se trata del análisis de las pastas de los instrumentos cerámicos vinculados al proceso metalúrgico, con el objeto de evaluar la fabricación de estos instrumentos, la selección de las materias primas y su posible tratamiento de cara a soportar los elevados gradientes térmicos a que estuvieron sometidos estos recipientes. En este trabajo se presentan los resultados del análisis arqueométrico realizado sobre crisoles y vasijas de reducción documentadas en los contextos metalúrgicos de Cabezo Juré. El objetivo ha sido, no sólo comparar los procesos de producción de estos dos tipos de recipientes metalúrgicos, en lo que lo respecta a las estrategias de aprovisionamiento, selección de la materia prima y su tratamiento, sino que se ha pretendido, además, evaluar la existencia posibles procesos diferenciados de manufactura en relación a la cerámica de uso doméstico.

2. CRISOL Y VASIJAS DE REDUCCIÓN DE CABEZO JURÉ

Las intervenciones arqueológicas que se han desarrollado en el asentamiento de Cabezo Juré, en el ámbito de los proyectos de investigación ODIEL I y ODIEL II (Nocete, 2004), han permitido documentar más de sesenta registros identificados como crisoles y cuatro fragmentos de vasijas de reducción.

Los crisoles representan prototipos muy homogéneos en su formato, similares a los identificados en Santa Justa y João Marques (Gonçalves, 1989), La Junta (Nocete, 2008), Valencina de la Concepción (Nocete *et al.*, 2008; Inácio *et al.*, 2010 y 2011), Amarguillo (Bayona, 2008), etc. Se trata de recipientes abiertos, de formato sub-rectangular, base plana, que presentan en general pastas muy deshidratadas con evidentes signos de termoalteración, dado que su participación en el procesado final de la producción metalúrgica (refinado/reciclado) los sometió a altos gradientes térmicos (Figura 2). Además, frecuentemente manifiestan adherencias de escorificaciones en las superficies internas, sobre todo en los bordes. La mayoría de los fragmentos estudiados evidencian grosores medios de paredes de $1,3 \pm 0,3$ cm, profundidades medias de $1,9 \pm 0,8$ cm y anchuras medias de $5,9 \pm 0,6$ cm. Junto a los fragmentos, se han podido documentar, no obstante, dos crisoles casi completos con una longitud de 15,2 y 14,4 cm que han permitido calcular la capacidad volumétrica respectiva de 170 y 110 cm³, lo que permitía coladas de cobre entre 1 y 1,5 Kg. Cuando comparamos estos valores con los calculados para el yacimiento de Valencina de la Concepción (Inácio, 2015) observamos que los crisoles de ambos yacimientos presentan rangos de tamaño homogéneo, sugiriendo el empleo de una tecnología similar. Además, esta normalización en sus formatos está orientada a favorecer su sujeción lateral ya que presentan una altura de sus paredes externas constante, entre 2,43 y 3 cm, coincidente con la anchura, estandarizada, de las hojas de caliza oolítica silicificada documentadas en Cabezo Juré y Valencina de la Concepción, utilizadas como pinzas de manipulación según demuestran los signos de alteración térmica en sus extremidades distales (Nocete *et al.*, 2005). Con respecto a la información contextual y cronológica, la presencia de crisoles coincide temporalmente con la de los



Figura 3 – Vasijas de reducción documentadas en Cabezo Juré.

hornos identificados en la Ladera Sur del asentamiento y se mantiene a lo largo de las tres primeras fases de ocupación (3100-2300 A.N.E.), estando ausentes en la Fase 4. Su registro en todos los ámbitos del asentamiento, revela que toda la comunidad estuvo involucrada en su manipulación (Nocete, 2004). Esta información sugiere que, frente a la fusión primaria desarrollada exclusivamente en los hornos de la Ladera Sur, la fase de refinado (fusión secundaria) fue una actividad desarrollada por toda la comunidad. La tecnología de las vasijas de reducción (Rovira y Ambert, 2002) se encuentra presente solamente en los contextos pertenecientes a la Fase 4 de Cabezo Juré (2000-1800 A.N.E.). Las vasijas de reducción corresponden a recipientes de cerámica en las que se introducía directamente el mineral finamente triturado, cubierto por una espesa capa de carbón para asegurar un ambiente reductor y proceder a su reducción a metal, funcionando así como pequeños hornos muy sencillos y rudimentarios (Figura 3). La presencia de vasijas de reducción frente a la ausencia de crisoles y hornos, lejos de sugerir involución, se explica desde la transformación de una comunidad especializada en la actividad metalúrgica a una comunidad donde dicha actividad se desenvuelve en una esfera no intensificada, carente de división técnica del trabajo y orientada a satisfacer una necesidad estricta de consumo local (Bayona, 2008; Nocete, 2004). En términos generales, los ejemplares de Cabezo Juré que podemos atribuir sin duda alguna a vasijas de reducción presentan formatos que se adscriben morfológicamente

a recipientes de uso doméstico como fuentes o cuencos, mayoritariamente con paredes espesas y bordes ligeramente engrosados, evidenciando adherencias de escorificaciones y signos de elevadas alteraciones térmicas, principalmente en su interior.

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Para el estudio arqueométrico de la cerámica metalúrgica de Cabezo Juré, se han seleccionado siete muestras pertenecientes a crisoles, documentados en las diferentes fases de ocupación y en los diferentes contextos espaciales, y cuatro muestras de vasijas de reducción (Tabla 1).

Tabla 1 - Muestras de cerámica metalúrgica seleccionadas para el análisis arqueométrico.

Sigla	Contexto arqueológico	Fase	Forma
CER-25	Plataforma Superior	4	Vasija de reducción
CER-26	Ladera Norte	4	Vasija de reducción
CER-27	Plataforma Superior	4	Vasija de reducción
CER-28	Ladera Norte	1	Crisol
CER-29	Ladera Sur	1	Crisol
CER-30	Ladera Norte	4	Vasija de reducción
CER-31	Ladera Sur	2	Crisol
CER-32	Ladera Sur	3	Crisol
CER-33	Ladera Norte	3	Crisol
CER-34	Ladera Norte	3	Crisol
CER-35	Ladera Norte	3	Crisol

Al objeto de evaluar las estrategias de aprovisionamiento de recursos arcillosos y el posible tratamiento de la pasta cerámica, las muestras seleccionadas

han sido analizadas mediante su caracterización química y petrográfica. Por último, los resultados proporcionados por la investigación han sido comparados con la información aportada previamente por el análisis arqueométrico de las cerámicas de uso doméstico (Inácio, 2015; Inácio *et al.*, 2012 y 2013). Para el análisis petrográfico se ha empleado un microscopio óptico NIKON ECLIPSE LV100POL y el criterio seguido en la identificación de las inclusiones y en la descripción de la textura de la pasta ha seguido el modelo desarrollado por I. Whitbread (1989 y 1985), incorporando las sugerencias metodológicas de P. Quinn (2012). La estimación cuantitativa de las inclusiones presentes en la matriz se ha realizado a partir de microfotografías de 20 aumentos, aproximadamente 1 cm², obtenidas con cámara digital acoplada al microscopio y recurriendo al software de libre acceso *JMICROVISION*. Para que el área analizada fuese representativa de toda la muestra se ha considerado un mínimo de dos imágenes por lámina, lo que representa cerca 2 cm² de la matriz. El método utilizado ha sido el conteo de puntos digital, considerando un mínimo de 300 puntos por imagen. Los análisis químicos de las muestras de cerámica seleccionadas en este trabajo fueron realizados en el Laboratorio *Acme Analytical Laboratories Ltd* (Vancouver, Canadá), certificado con la norma ISO9002, mediante las técnicas de ICP-ES (Espectrometría de Emisión con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo) e ICP-MS (Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo). El análisis químico por ICP-ES fue realizado en un espectrómetro *Jarrel Ash Atomcomp 975* para la determinación de las concentraciones de elementos mayoritarios (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, MnO, TiO₂, P₂O₅ y Cr₂O₃) y algunas trazas como Ba, Co, Cu, Nb, Ni, Sc, Sr, Ta, Y, Zn, Zr y Ce). El análisis químico ICP-MS fue realizado en un espectrómetro *Perkin Elmer Elan 6000* para las concentraciones de los elementos traza (Au, Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cs, Cu, Ga, Hf, Hg, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se,

Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu). En ambos métodos, una pequeña porción de muestra (0,2 g) previamente molida fue fundida en una solución de metaborato de litio (LiBO₂) o tetraborato de litio (Li₂B₄O₇) y posteriormente diluida en una solución de ácido nítrico. Además, para el análisis en ICP-MS, fue analizada una pequeña fracción (0,5 g) de la muestra digerida en una solución de *Aqua Regia* durante 1 hora a 90°C. La exactitud del método se ha estimado con referencia a los estándares geológicos internos SO-18 y DS7.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis petrográfico

El análisis petrográfico ha sido realizado sobre la totalidad del muestreo seleccionado y su estudio ha permitido una primera aproximación a la definición de las características de la materia prima utilizada, su procedencia y rasgos tecnológicos. Los crisoles presentan, en general, una matriz de color grisácea a negra (NP y NX), ópticamente inactiva y evidentes signos de vitrificación en todas las muestras fruto de los altos gradientes térmicos a que han estado sometidos. La porosidad es elevada, de gran tamaño (macro y mega) y constituida mayoritariamente por grietas cuyo desarrollo sugiere la presencia de materia orgánica volatilizada. El contenido en inclusiones (*packing*) oscila entre el 7% y el 15% (X=11%) y se encuentra disperso en la matriz, no orientado y con espaciamiento de doble a bien espaciado. Algunas muestras presentan una fracción fina menor que 0,1 mm constituida por cuarzo de tendencia subangular y subredondeado y, en menor número, plagioclasas y opacos. La fracción gruesa está constituida fundamentalmente por cuarzo (monocristalino y criptocristalino) y, en menor proporción, fragmentos de roca metamórfica (cuarcitas, filitas, etc.) y sedimentarias (limonitas, areniscas, etc.), opacos, plagioclasas, de formato tendencialmente subangular/angular y tamaños máximos que oscilan entre los 3,2 y 8 mm (X=4,6 mm) y tamaños medios entre 1,88 y 4,78 mm (X=2,87

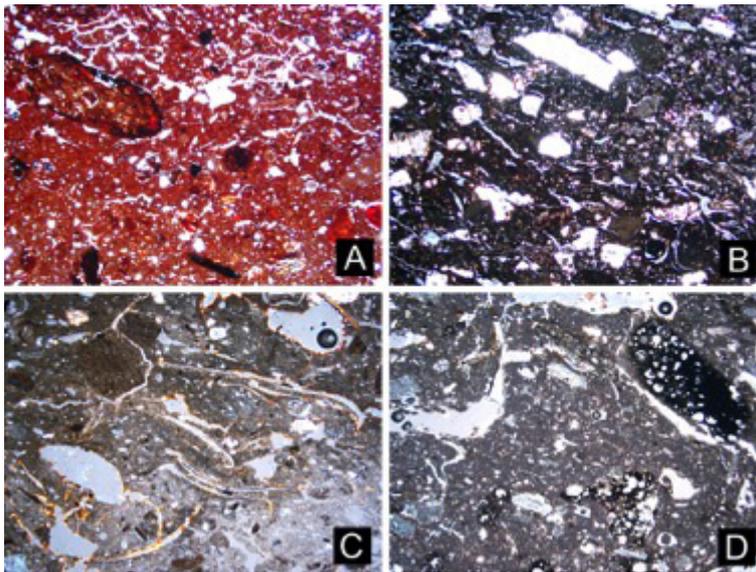


Figura 4 – Microfotografías obtenidas en microscopio petrográfico de muestras de vasijas de reducción y crisoles. A: muestra CER-25; B: muestra CER-26; C: muestra CER-28 con evidencias de materia orgánica volatilizada; D: muestra CER-31 con evidencias de vitrificación. Todas las imágenes han sido obtenidas con nicóles cruzados. Anchura de las imágenes = 7 mm.

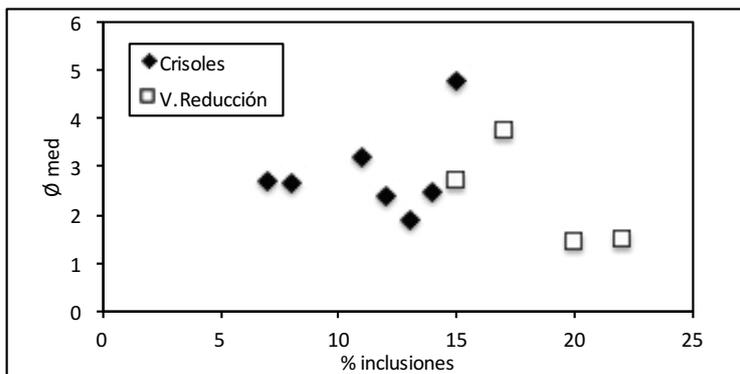


Figura 5- Análisis textural de muestras de cerámica metalúrgica de Cabezo Juré: relación entre empaquetamiento y el diámetro de las inclusiones.

mm). El tamaño relativo (*sorting*) de las inclusiones en algunas muestras de crisoles sugiere una tendencia al bimodalismo, no descartándose por ello la incorporación intencional de desgrasante (Figura 4).

Del conjunto total de crisoles, la muestra CER-34 se individualiza por presentar una matriz rica en inclusiones de cuarzo (monocristalino y criptocristalino), con una fracción gruesa menor que 0,75 mm y tamaños relativos bien clasificados. En relación a las vasijas de reducción, los individuos estudiados exhiben una matriz de composición de fina a laminar, de color marrón rojizo a negro (NP y NX), con evidentes signos de vitrificación en algunas muestras (CER-25, CER-26 y CER-30). La porosidad esta formada por poros y grietas,

presentando en algunos casos una ligera orientación paralela al borde. El contenido en inclusiones oscila entre el 15% y el 22% ($X=19\%$) y se encuentra disperso en la matriz, no orientado y con espaciamiento de simple a doble. En la composición mineralógica dominan los fragmentos de rocas metamórfica (cuarcitas, filitas, etc.) y metasedimentaria, fragmentos arcillosos, opacos y cuarzo (monocristalino, policristalino y criptocristalino), con tamaños máximos entre 2,00 y 5,10 mm ($X=3,43$ mm) y tamaños medios entre 1,46 y 3,73 mm ($X=2,35$ mm), de morfología subangular y tamaño relativo de seriado a bimodal. Las muestras CER-25 y CER-30 presentan una matriz similar a los crisoles, con un empaquetamiento inferior, una distribución escasamente clasificada,

una fracción fina muy rica constituida fundamentalmente por inclusiones de cuarzo y opacos, y una fracción gruesa de mayor tamaño en relación al las muestras CER-26 y CER-27 (Figura 4). En términos generales, desde el punto de vista textural, se observan algunas diferencias entre crisoles y vasijas de reducción. Si exceptuáramos la muestra CER-28 (crisol), no habría diferencias significativas en lo relativo al tamaño de grano. Sin embargo, en lo referente al porcentaje de inclusiones en la matriz, se observa que las muestras de crisoles exhiben un contenido menor en comparación con el de las vasijas de reducción (Figura 5).

4.2. Análisis químico

Dado el pequeño tamaño de los fragmentos, el análisis químico solamente se ha realizado sobre cinco muestras de cerámica asociadas al proceso metalúrgico: CER-25, CER-28, CER-30, CER-33 y CER-35. Una aproximación preliminar a la realidad composicional ha permitido evaluar las características químicas del muestreo analizado. En términos generales, en relación a los elementos mayoritarios, el contenido en SiO₂ es nítidamente el más abundante (X=58%), seguido del Al₂O₃ (X=18,7%) y del Fe₂O₃ (X=8,5%). Los restantes componentes presentan valores residuales (MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO), con especial significación del contenido en CaO, que presenta valores de hasta el 3,1% (X=1,3%). No obstante, cuando comparamos las muestras de crisoles (CER-28, CER-33 y CER-35) con las de vasijas de reducción (CER-25 y CER-30) se observan diferencias composicionales significativas, lo que sugiere la utilización de arcillas distintas y probables tratamientos tecnológicos diferenciados. Los crisoles presentan contenidos significativamente más elevados en SiO₂, Hf, Th, U, Y, Zr y tierras raras ligeras, mientras que las vasijas de reducción presentan valores más elevados principalmente en Fe₂O₃, MgO y Co. El objetivo del análisis químico de crisoles y vasijas de reducción de Cabezo Juré no era sólo identificar posibles diferencias

composicionales entre estos dos tipos de recipientes metalúrgicos, sino que también evaluar la existencia de posibles procesos tecnológicos diferenciados en relación a la cerámica de uso doméstico, por ejemplo en el aprovisionamiento de las materias primas o en el tratamiento de la pasta. En este sentido, se ha estudiado en conjunto la composición química de crisoles, vasijas de reducción y recipientes de uso doméstico. En trabajos previos (Inácio *et al.*, 2012 y 2013), se ha comprobado que la cerámica común de Cabezo Juré ha sido manufacturada con arcillas locales, aunque desde el punto de vista químico se ha observado la existencia de dos grupos composicionales, donde el primero se caracteriza por un contenido elevado en SiO₂, Hf, Th, U, Zr y tierras raras ligeras, mientras que el segundo grupo, que contempla la mayoría del muestreo analizado, se diferencia por presentar elevados contenidos en Fe₂O₃, Co, Ni, Sr, Sc y V. Para el tratamiento estadístico de los datos composicionales proporcionados por el análisis de ICP-MS y ICP-OES se ha utilizado la transformación logarítmica de razones según las consideraciones metodológicas de Aitchison (1986) y Buxeda (1999), utilizando el elemento con menor variabilidad en la matriz de datos como denominador. Para ello se ha calculado la matriz de variación composicional, lo que ha permitido determinar el elemento con menor variabilidad, cuantificar la variación total, indagar sobre el origen de esta variabilidad y también obtener una estimación sobre el posible carácter monogenético o poligenético del conjunto de individuos analizados (Buxeda, 1999; Buxeda y Kilikoglou, 2003). Antes de proceder con el análisis estadístico se han descartado los elementos Be, Sn, W, Cd, Sb, Bi, Se, Mo, Ag, Au y Hg debido a imprecisiones, indeterminaciones o por presentar valores por debajo del límite de detección determinado por los equipos empleados en el laboratorio. Asimismo, se han excluido del análisis el P₂O₅ y el Cu, por contaminación, y el As y el Ba por la variabilidad natural que presentan (Hein

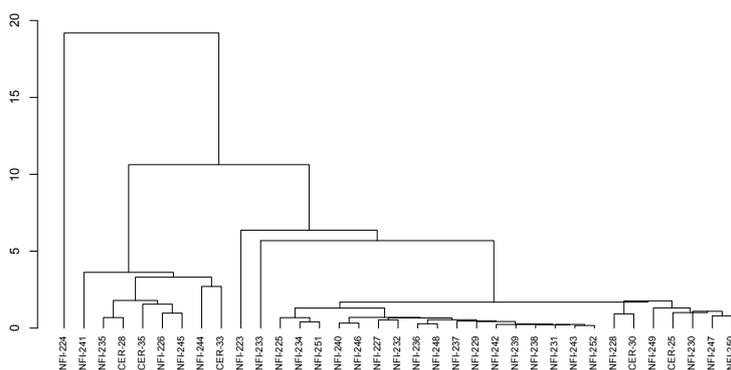


Figura 6 - Dendrograma resultante del análisis cluster utilizando la distancia euclídea al cuadrado como método de similitud y el algoritmo centroid como método de agrupación.

et al. 1999; Mommsen, 2001). Además, tras el cálculo de la matriz de variación composicional, otros elementos han sido descartados, ya que presentaban valores muy elevados de variación total, lo que sugería la presencia de contaminaciones durante el proceso metalúrgico.

El resumen del análisis estadístico se puede visualizar en el dendrograma extraído del análisis cluster, utilizando la distancia euclídea al cuadrado como método de similitud y el algoritmo centroid como método de agrupación, sobre la subcomposición SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O, TiO₂, Co, Ga, Hf, Nb, Ni, Sr, Sc, Th, U, V, Y, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Ho, Er, Tm, Yb y Lu, utilizando el elemento Dy como denominador. Todos los procedimientos estadísticos han sido realizados en ambiente R 3.2.1 (R Core Team, 2015), utilizando los paquetes "MASS" (Venables y Ripley, 2002) y "Compositions" (Van der Boogaart *et al.*, 2014).

El examen preliminar permite observar la existencia de algunas similitudes entre las muestras de cerámica metalúrgica y los recipientes de cerámica común documentados en los contextos de Cabezo Juré. En términos generales, las muestras pertenecientes a crisoles (CER-28, CER-33 y CER-35) se agregan a un grupo restringido de muestras de cerámica a la izquierda del dendrograma que evidencian un comportamiento homogéneo, con un contenido elevado en SiO₂, Hf, Th, U, Zr y tierras raras ligeras, mientras que las dos muestras de vasijas de reducción

se encuentran asociadas al conjunto de muestras de cerámica común que aglutina a la mayoría de los recipientes situados a la derecha del dendrograma.

5. DISCUSIÓN

Los resultados aportados por el análisis arqueométrico permiten inferir conclusiones de carácter preliminar sobre el conocimiento de los patrones de aprovisionamiento de materia prima, características tecnológicas y utilización de los instrumentos cerámicos asociados a la producción metalúrgica de Cabezo Juré. La observación petrográfica de muestras de vasijas metalúrgicas de Cabezo Juré, ha identificado una mineralogía que podemos relacionar con el metamorfismo regional del Complejo Volcánico Sedimentario de la Faja Pirítica, lo que sugiere la utilización de sedimentos procedentes de la alteración superficial de estas rocas y no de arcillas puras. Asimismo, el análisis químico sugiere que estos recipientes metalúrgicos han sido manufacturados con las mismas arcillas utilizadas en la cerámica de uso doméstico, lo que indica la inexistencia de una pauta de selección diferenciada de arcillas para la fabricación de cerámicas metalúrgicas. No obstante, desde el punto de vista de la selección de las materias prima, se han observado profundas diferencias entre crisoles y vasijas de reducción. Con respecto a los primeros, la utilización de arcillas ricas en cuarzo parece haber sido resultado de una selección tecnológica intencional, probablemente relacionada

con el intento de conferir a las pastas de los crisoles una mayor conductividad térmica (Hein *et al.*, 2008) o aumentar la resistencia al choque térmico (refractoriedad) (Freestone, 1989; Tylecote, 1982).

Este ejemplo de Cabezo Juré no parece haber sido un caso aislado ya que en otros contextos arqueológicos peninsulares se ha documentado también la utilización preferencial de arcillas de composición más ácida o tratamientos tecnológicos que han incluido la adición voluntaria de desgrasante rico en cuarzo. El análisis arqueométrico de varios crisoles planos del yacimiento de San Blas (Badajoz) ha permitido identificar la utilización preferencial de arcillas de composición ácida, con concentraciones medias en SiO₂ y K₂O más elevadas que las cerámicas comunes, probablemente debido a la adición de arenas silíceas-feldespáticas como apuntan los autores del estudio (Polvorinos *et al.*, 2011). En el Sureste, las observaciones por microscopio electrónico de barrido de algunos instrumentos cerámicos vinculados al proceso metalúrgico de Los Millares (Almería), llevado a cabo por el equipo del Museo Británico, señalan igualmente la utilización de arcillas locales ricas en sílice, con valores que oscilan entre el 62 y 71% (Hook *et al.*, 1991). Asimismo, el análisis petrográfico y microtextural desarrollado por Hilary Howard de crisoles británicos adscritos a contextos prehistóricos ha puesto de manifiesto la utilización de materia prima rica en cuarzo (Howard *in* Freestone, 1989: 157-158).

Si la utilización preferencial de arcillas con contenidos elevados en sílice puede levantar algunas dudas interpretativas en relación a su intencionalidad, el tratamiento de la pasta con la incorporación de materia orgánica no parece haber sido, no obstante, un hecho casual. Así pues, todos los ejemplares de crisoles muestran signos de materia orgánica vegetal volatilizada (probablemente hierbas o paja), lo que hace suponer su incorporación intencional a la arcilla al objeto de incrementar la porosidad y proporcionar a los crisoles una mayor resistencia al choque térmico

(Rye 1981; Rice 1987; Skibo *et al.*, 1989). Además, esta solución tecnológica parece haber sido recurrente en los contextos metalúrgicos prehistóricos peninsulares. Como hemos detallado en otros trabajos, el análisis de los crisoles documentados en los contextos del barrio metalúrgico de Valencina de la Concepción (Inácio *et al.*, 2010 y 2011) ha permitido identificar un tratamiento similar de la pasta cerámica. También en el yacimiento metalúrgico de Peñalosa, ubicado en el alto valle del Guadalquivir, con cronología de la primera mitad del II Milenio A.N.E., se han documentado evidencias de la adición intencional de materia orgánica de origen vegetal a cerámicas metalúrgicas asociadas a formas denominadas de "vasijas hondas" (Cortes, 2007; Moreno *et al.*, 2010), lo que señala la pervivencia de ciertos procedimientos tecnológicos en el tratamiento de las pastas de las vasijas de carácter metalúrgico. En lo referente a las vasijas de reducción procedentes de la última fase de ocupación de Cabezo Juré (Fase 4), que coincide con el desmantelamiento de la producción especializada y de los principales procesos tecnológicos, éstas fueron manufacturadas con arcillas similares a la de la gran mayoría de los recipientes de uso doméstico. Además, tampoco han sido registradas evidencias de un tratamiento diferenciado de la materia prima en relación a la cerámica común, como por ejemplo la adición de materia orgánica vegetal. Todo ello sugiere que las vasijas de reducción eran recipientes de uso doméstico que fueron reutilizados durante el proceso metalúrgico para la reducción/fundición del cobre, al igual que ocurre en otros contextos prehistóricos peninsulares, como por ejemplo en Almizaraque (Muller *et al.*, 2004).

6. CONCLUSIÓN

Con el advenimiento de la metalurgia no sólo nació un nuevo producto – el cobre - y nuevas relaciones sociales de producción – la especialización artesanal - (Nocete, 2014), sino que surgieron nuevos procesos de trabajo, nuevas herramientas, nuevos

conocimientos sobre las materias primas y nuevos saberes técnicos desconocidos hasta entonces, influenciando por emulación otros sectores artesanales como la alfarería. La manufactura de vasijas metalúrgicas, principalmente crisoles, no implicó una ruptura total con los procesos tradicionales de fabricación de recipientes de cerámica, pero determinó la adopción de nuevos procedimientos tecnológicos, no sólo en el tratamiento de la materia prima sino también en la propia confección de la vasija. Las comunidades metalúrgicas de Cabezo Juré no buscaron materiales refractarios concretos para fabricar los crisoles, sino que los seleccionaron dentro de los disponibles y de los que conocían en los entornos inmediatos al asentamiento. No obstante, los datos aportados por esta investigación ponen de manifiesto la existencia de procesos tecnológicos diferenciales que evidencian manifiestamente una preocupación por incrementar las propiedades refractarias de estos instrumentos, de cara a soportar los altos gradientes térmicos a que debían estar sometidos durante el proceso metalúrgico, contradiciendo la hipótesis formulada por algunos autores de que las cerámicas metalúrgicas no se diferencian en nada de las comunes en lo que respecta a sus propiedades refractarias (Freestone y Tite, 1986; Freestone, 1989; Rovira, 2012). En este sentido, estas nuevas informaciones refutan los modelos de explicación más extendidos que definen la metalurgia del cobre del III Milenio A.N.E. como una actividad de enorme simplicidad tecnológica, incluso en las herramientas empleadas durante el proceso de producción.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aitchison, J. 1986. *The statistical analysis of compositional data*. Chapman and Hall, London.
- Buxeda, J. 1999. "Alteration and contamination of archaeological ceramics: the perturbation problem". *Journal of Archaeological Science*, vol. 26, 295-313.
- Buxeda, J. & Kilikoglou, V. 2003. "Total variation as a measure of variability in chemical data-sets". In L. VanZelst (Ed.) *Patterns and Process a festschrift in honor of Edward V. Sayre*, Smithsonian Center for Materials Research and Education, pp. 185-198.
- Cortes, H. 2007. "El papel de los elementos cerámicos en los procesos metalúrgicos. El caso de Peñalosa, Grupo Estructural VI". *Arqueología y Territorio*, nº 4, pp. 47-69.
- Bayona, M.R. 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 International Series 1769, Archaeopress, Oxford.
- Bayona, M.R. 2015. *Investigación de la primera metalurgia atlántica en la Península Ibérica: el SW y la provincia de Huelva como marcos de referencia (3.100-2.200 B.C.). Fase 1 de Investigación*. Fundación Atlantic Copper y Universidad de Huelva.
- Freestone, I.C. 1989. "Refractory Materials and Their Procurement". In A. Hauptmann, E. Pernicka y G.A. Wagner (Eds.) *Old World Archaeometallurgy. Proceedings of the International Symposium "Old World Archaeometallurgy"*, pp. 155-162.
- Freestone, I.C. & Tite, M.S. 1986. "Refractories in the Ancient and Preindustrial World. High-Technology Ceramics. Past, Present, and Future". In W.D. Kingery y E. Lense (Eds.) *The Nature of Innovation and Change in Ceramic Technology*, The American Ceramic Society, pp. 35-63.
- Gonçalves, V.S. 1989. *Megalitismo e Metalurgia no alto Algarve Oriental. Uma aproximação integrada*, UNIARCH, Lisboa.
- Hein, A., Mommsen, H. & Maran, J. 1999. "Element concentration distributions and most discriminating elements for provenancing by neutron activation analyses of ceramics from Bronze Age Sites in Greece". *Journal of Archaeological Science*, vol. 26, pp. 1053-1058.
- Hein, A., Muller, N.S., Day, P.M. & Kilikoglou, V. 2008. "Thermal conductivity of archaeological ceramics: The effect of inclusions, porosity and firing temperature". *Thermochimica Acta*, nº 480, pp. 35-42.
- Hook, D.R., Freestone, I.C., Meeks, N.D., Craddock, P.T. & Onorato, A. 1991. "Early production of copper-alloys in South-East Spain". En Pernicka, E. & Wagner, G.A. (Eds.): *Archaeometry*, 90, Basel, Birkhauser Verlag, pp. 65-76.
- Inácio, N. 2015. *Alfarería y Metalurgia. Contribución del análisis arqueométrico para el estudio de los patrones de producción, distribución y consumo de cerámica en el Suroeste de la Península Ibérica durante el III Milenio A.N.E.* Tesis Doctoral, Universidad de Huelva.
- Inácio, N., Nocete, F., Nieto, J.M., Sáez, R., Bayona, M.R. & Abril, D. 2010. "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)". *Actas del VIII Congreso Ibérico de Arqueometría*, Teruel, pp. 75-86.
- Inácio, N., Nocete, F., Nieto, J.M., Sáez, R., Bayona, M.R. & Abril, D. 2011. "From raw materials to utilization. The ceramic associated to metallurgical activity of Valencina de la Concepción (Seville, Spain). Technological choices and social implications". In S. Scarcella (Ed.) *Archaeological ceramics: A review of current research*. BAR International Series 2193, Archaeopress, pp. 73-79.
- Inácio, N., Nocete, F., Nieto, J.M., Sáez, R., Bayona, M.R. & Abril, D. 2012. "Producción y procedencia de la cerámica del poblado de Cabezo Juré (Alosno, Huelva, España): análisis arqueométrico". *Estudios Arqueológicos de Oeiras (Actas do IX Congresso de Ibérico de Arqueometría)*, nº19, CMO, pp. 105-112.
- Inácio, N., Nocete, F., Bayona, M.R. & Nieto, J.M. 2013. "Propuesta de un modelo económico para la alfarería del III Milenio A.N.E. en el Suroeste peninsular desde el análisis arqueométrico del registro ceramológico de Cabezo Juré (Alosno, Huelva)". *Actas VI Encuentro de Arqueología del Suroeste Peninsular*, pp. 575-594
- Mommsen, H. 2001. "Provenance determination of pottery by trace element analysis: problems, solutions and applications", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 247(3), pp. 657-662.
- Moreno, M. A., Contreras, F., Renzi, M., Rovira, S. & Cortés, H. 2010. "Estudio Preliminar de las escorias y escorificaciones del yacimiento metalúrgico de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén)". *Trabajos de Prehistoria*, vol. 67(2), pp. 305-322.
- Muller, R., Rehren, T. & Rovira, S. 2004. "Almizaraque and the Early Copper Metallurgy of Southwest Spain: New Data". *Madridrer Mitteilungen*, vol. 45, pp. 33-56.
- 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. 2006. "The first specialized copper industry in the Iberian Peninsula: Cabezo Juré (2900-2200 BC)". *Antiquity*, vol. 80, pp. 646-65.
- Nocete, F. (Coord.) 2008. *El yacimiento de La Junta de los Ríos*. Monografías de Arqueología nº 29. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Nocete, F. 2014. "Las sociedades complejas (IV y III Milenio cal B.C.) en la Iberia Meridional". In M. Almagro-Gorbea (Ed.) *Protohistoria de la Península Ibérica: Del Neolítico a la Romanización*, Fundación Atapuerca – Universidad de Burgos, pp. 83-94.
- Nocete, F., Queipo, G., Sáez, R., Nieto, J.M., Inácio, N., Bayona, M.R., Peramo, A., Vargas, J.M., Cruz, R., Gil-Ibarbucgi, J.I. & 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*, vol. 35, pp. 717-732.
- Nocete, F., Sáez, R., Nieto, J.M., Cruz-Auñón, R., Cabrero, R., Álex, E. & Bayona, M.R. 2005. "Circulation of silicified 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*, vol. 24, pp. 62-81.
- Nocete, F., Sáez, R., Bayona, M.R., Peramo, A., Inacio, N. & Abril, D. 2011. "Direct chronometry (14C AMS) of the earliest copper metallurgy in the Guadalquivir Basin (Spain) during the Third millennium BC: First Regional Database". *Journal of Archaeological Science*, vol. 38, pp. 3278-3295.
- Polvorinos, A., Hernández, M.J., Almarza, J., Forteza, M., Hurtado, V. & Hunt, M. 2011. "Caracterización arqueométrica e hipótesis funcional de "crisoles planos", escorificados procedentes del yacimiento calcolítico de San Blas (Cheles, Badajoz)". *Actas del VIII Congreso Ibérico de Arqueometría*, Teruel, pp.379-390
- Quinn, P.S. 2013. *Ceramic Petrography: The Interpretation of Archaeological Pottery & Related Artefacts in Thin Section*. Archaeopress, Oxford.
- R Core Team 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rice, P. 1987. *Pottery Analysis, A Sourcebook*. University of Chicago Press.
- Rovira, S. 2012. "Arqueometalurgia experimental en el Departamento de Prehistoria y Arqueología de la U.A.M." *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid*, vol. 37-38, pp.105-120
- Rovira, S. & Ambert, P. 200. "Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la Península Ibérica y en la Francia meridional". *Trabajos de Prehistoria*, vol. 59(1), pp. 89-105.
- Rye, O. S. 1981. *Pottery Technology. Principles and Reconstruction*. Manuals on Archaeology 4. Taraxacum. Washington.
- Sáez, R., Nocete, F. Nieto, J.M., Capitán, M^a.A. & 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*, vol. 41, pp. 637-648.

- Sáez, R., Pascual, E., Toscano, M. & Almodóvar, G.R. 1999. "The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits". *Mineralium Deposita*, nº 34, pp. 549-570.
- Tylecote, R.F. 1982. "Metallurgical crucibles and crucible slags". In J. S. Olin y A. D. Franklin (Eds.), *Archaeological Ceramics*, Smithsonian Institution Press, pp. 231-243
- Van Den Boogaart, K.G., Tolosana, R., & Bren, M. 2014. *Compositions: Compositional Data Analysis*. R package version 1.40-1.
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York.
- Whitbread, I.K. 1989. "A Proposal for the systematic description of thin section towards the study of ancient ceramic technology". *Archaeometry: Proceedings of the 25th International Symposium*, Amsterdam, pp.127-138.
- Whitbread, I.K. 1995. *Greek Transport Amphorae: A Petrological and Archaeological Study*. Fitch Laboratory Occasional Paper, 4. British School at Athens.