

La cerámica del yacimiento de época visigoda de El Cuquero (Villanueva del Conde, Salamanca, España): estudio arqueométrico

Pottery from the Visigothic site of El Cuquero (Villanueva del Conde, Salamanca, Spain): archaeometrical study

E. Ariño¹, M. Suárez² y J.M. Sánchez Santos³

Resumen

El Cuquero es un yacimiento de época visigoda, localizado en la parte noroccidental de la península Ibérica, cuya cronología ha sido establecida en torno al siglo VI. El asentamiento ha proporcionado un pequeño aunque homogéneo conjunto cerámico compuesto mayoritariamente por cerámica común y común de cocina, si bien a partir del examen macroscópico es posible distinguir un tercer grupo cerámico, que pese a que comparte características con los otros dos, se diferencia de ellos por ser uniformemente de color gris o negro y presentar sus superficies bruñidas o alisadas. Los fragmentos pertenecientes a estos tres grupos cerámicos se estudian mediante el microscopio petrográfico, la difracción de Rayos X (DRX) y el análisis geoquímico (FUS-ICO y ICP-MS) con el fin de estudiar sus semejanzas y diferencias. Del estudio petrográfico y la difracción de Rayos X se deduce que todas las muestras presentan una composición mineralógica muy semejante. Sin embargo, el análisis geoquímico permite establecer diferencias entre los ejemplares analizados y concluir que la cerámica común de cocina se diferencia en su composición química de la cerámica común y de la cerámica de color gris o negro con superficies bruñidas o alisadas, las cuales son a su vez semejantes entre sí.

Palabras clave: Península Ibérica, periodo visigodo, cerámica arqueológica, análisis mineralógico, difracción de Rayos X (DRX), análisis geoquímico, análisis de varianza, análisis discriminante.

Abstract

El Cuquero is a Visigothic settlement, located in the north-western Iberian Peninsula, which has been dated over the 6th century. The site has provided a small but homogeneous set of pottery, mainly composed of pieces that are usually classified as common or cooking ware, although macroscopic examination distinguishes a third different group characterized by its grey or black colour and polished surfaces. Shards belonging to the characterised productions are studied using petrographic microscopy, X-ray diffraction (XRD) and geochemical analysis (FUS-ICP and FUS-MS) to explore similarities or differences. Petrographic study and X-ray diffraction reveal a very similar mineralogical composition for all of the analysed samples. However, geochemical analyses yield some differences. The chemical composition of the coarse cooking ware can be differentiated from the other groups, whereas the common ware and the group of grey or black pottery with polished surfaces are more similar in composition.

Keywords: Iberian Peninsula, Visigothic period, pottery, mineralogical analysis, X-ray diffraction (XRD), geochemical analysis, analysis of variance, discriminant analysis.

1. Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología, Facultad de Geografía e Historia, c/ Cervantes, s/n, Universidad de Salamanca, 37002 Salamanca, España

2. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced, s/n, 37008 Salamanca, España

3. Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced, s/n, 37008 Salamanca, España

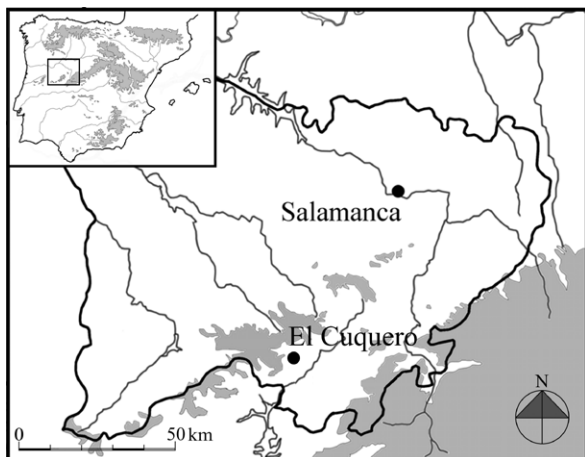


Figura 1. Mapa con la localización del yacimiento arqueológico de El Cuquero (Villanueva del Conde, Salamanca, España).

El contexto arqueológico: el yacimiento de época visigoda de El Cuquero⁴

El Cuquero es un yacimiento localizado en el valle del río Alagón, afluente de la margen derecha del Tago, en el término municipal de Villanueva del Conde (Salamanca) (Fig. 1)⁵.

Las excavaciones practicadas en el año 2003 permitieron identificar el asentamiento como un pequeño poblado o granja, cuyo destino sería la producción de aceite, ya que se identificaron dos contrapesos de granito de una prensa de palanca, las bases de apoyo de dicha prensa, un conjunto de canales excavados en la roca para la circulación de líquidos y un depósito de yeso destinado a recoger el aceite (Fig. 2). Ni la excavación ni la prospección superficial aportaron indicios de una ocupación anterior al periodo visigodo, por lo que El Cuquero se interpreta como un asentamiento de nueva creación, cuya fecha de origen podría situarse en torno al siglo VI⁶.

El material cerámico objeto del presente estudio procede de las Unidades Estratigráficas (UE) 9, 26=28 y 46 que corresponden a los niveles fundacionales del edificio. La UE 26=28 se identifica como parte del suelo de la habitación donde se encontró la instalación de prensado y es de aquí de donde procede el contexto cerámico más completo, 31 fragmentos en total, los

cuales aportan información significativa a efectos de datación. El grupo mayoritario lo compone la cerámica común de cocina con un total de 15 fragmentos. El resto del contexto cerámico lo forman 3 fragmentos de *terra sigillata* hispánica tardía, un fragmento de cerámica engobada, 7 fragmentos de cerámica de color gris o negro con superficies bruñidas y 5 fragmentos de cerámica común, uno de los cuales imita la forma Drag. 37t de la *terra sigillata* hispánica tardía.

De los tres fragmentos de *terra sigillata* hispánica tardía hallados en la UE 26=28 solo uno tiene una forma identificable, correspondiente al tipo Drag. 37t, aunque no es posible determinar si se trata de la variante lisa o de la fabricada a molde, ya que solo se conserva el borde superior del vaso, que habitualmente no lleva decoración en ninguna de las dos variedades. En cualquier caso esta pieza solo aporta una fecha *post quem* para la formación del depósito: posterior a mediados del siglo IV, en el caso de que se trate de la variante lisa⁷, o posterior al año 375-380 en el caso de que se tratase de la variedad a molde⁸. Sin embargo, la presencia de 7 fragmentos de cerámica de color gris o negro con superficies bruñidas apunta a una datación más tardía para el contexto. Este tipo de cerámica aparece en distintos yacimientos de la cuenca del Duero⁹, así como en el yacimiento de Gózquez de Arriba (San Martín de la Vega, Madrid) donde ha sido considerado como una variedad de la cerámica común de cocina con una cronología que iría desde los principios del siglo VI hasta finales del siglo VIII¹⁰. Recientes estudios llevados a cabo en varios yacimientos de la provincia de Salamanca confirman esta cronología, aunque aportan algún matiz, ya que es probable que este grupo cerámico esté ya presente en registros arqueológicos de la primera mitad del siglo V y, si bien continúa apareciendo en los niveles de fechas posteriores que en algún caso alcanzan el siglo VIII, probablemente deje de fabricarse en una fecha no tan tardía, la cual podría situarse en torno a mediados del siglo VI¹¹.

Las fechas obtenidas a partir del estudio del contexto cerámico de la UE 26=28 se ven respaldadas por una datación de C¹⁴ de una muestra de carbón procedente de este mismo estrato. La fecha proporcionada por el laboratorio presenta una horquilla bastante

4. La presente investigación se ha desarrollado gracias a la subvención del Ministerio Español de Ciencia e Innovación, Plan Nacional I+D 2008-2011, proyecto *Poblamiento y cultura material entre la Antigüedad Tardía y la Alta Edad Media en el valle medio del Duero* (HAR2008-00096/HIST). La excavación del yacimiento de El Cuquero fue financiada por la Junta de Castilla y León (Consejería de Cultura y Turismo, Dirección General de Patrimonio y Bienes Culturales) y se realizó en el año 2003.

5. Sus coordenadas son 40° 29' 5,12" de latitud N, 6° 1' 57,94" de longitud W (G) (U.T.M. 751.503.37 m. de latitud, 4.485.792.66 m. de longitud).

6. Ariño *et alii* 2004-2005.

7. López Rodríguez 1985: 245; Paz Peralta 1991: 83, 117-119 y 228).

8. Paz Peralta 1991: 104, 117-119 y 228; Paz Peralta 2008: 506-507. Otros autores sitúan el origen de ambos tipos en los principios del siglo IV: Juan Tovar 1997 y 2000. La estratigrafía obtenida en el yacimiento de San Pelayo (Aldealengua, Salamanca) confirma que la variante lisa aparece antes de mediados del siglo IV y la variante a molde en los años finales de este siglo: Dahí 2007 y 2012: 46-66 y 224.

9. Larrén *et alii* 2003.

10. Vigil-Escalera 2000.

11. Ariño y Dahí 2012; Dahí 2012: 224.



Figura 2. El Cuquero. Vista del depósito de yeso de la almazara.

amplia, entre mediados del siglo V y mediados del siglo VII (UBAR-809: 1480 \pm 120 BP, calAD 440-660 [10])¹², pero que es concordante con la fecha sugerida por el contexto cerámico.

Los otros estratos de los niveles fundacionales de la almazara aportan menos información sobre la cronología del asentamiento, pero en cualquier caso, los contextos cerámicos presentan una composición muy semejante a la que se observa en la UE 26=28. La U.E. 46, que forma parte del nivel fundacional del depósito de yeso y que solo fue excavada parcialmente, proporcionó 9 fragmentos cerámicos repartidos del siguiente modo: un fragmento de *terra sigillata* hispánica tardía de la variante a molde, un único fragmento de cerámica común, 5 fragmentos de cerámica común de cocina y 2 fragmentos de cerámica fina de color gris o negro con ambas superficies bruñidas. La UE 9, un depósito asociado a los niveles de fundación de los apoyos de la prensa, proporcionó solo 3 fragmentos de cerámica común de cocina pertenecientes a un mismo recipiente y un fragmento de un gran contenedor (*dolium*).

El estudio arqueométrico ha sido llevado a cabo sobre muestras de cerámica común (CC), de cerámica común de cocina (CCC) y de cerámica de color gris o negro con superficies bruñidas o alisadas (CGN). En

general estos grupos cerámicos podrían ser todos considerados como variantes de la cerámica común, si bien el análisis macroscópico establece diferencias entre ellos basándose en la granulometría de la pasta cerámica, el color y el tratamiento de las superficies¹³. Según estos criterios la cerámica común de cocina (CCC) se caracteriza por una granulometría más gruesa, con inclusiones no plásticas visibles a simple vista y por fracturas rugosas en general aunque un fragmento (9.2) presenta una fractura planar a causa de su alto contenido en micas. Otra característica de la CCC es que, como norma, las superficies de los vasos no llevan tratamiento alguno, si bien hay tres fragmentos que presentan un tosco alisado en una o ambas superficies (26.16, 28.4 y 28.10) y otra que lleva un ligero engobe en su superficie interior (26.22). La CCC de El Cuquero ha sido fabricada probablemente mediante el uso de torneta y en general parece haber sido cocida en atmósfera reductora, a juzgar por el color de sus pastas y superficies, que es predominantemente negro, gris muy oscuro o gris verdoso muy oscuro. Solo unos pocos fragmentos presentan un color rojo oscuro que podría ser evidencia de cocciones oxidantes, aunque las alteraciones de color post cocción no pueden ser descartadas en ningún caso.

12. Mestres 2004-2005.

13. Ariño y Dahí 2012; Dahí 2012.

La cerámica común (CC), al igual que la CCC, presenta fracturas rugosas, pero en cambio se caracteriza por una pasta de granulometría más fina, en la que las inclusiones no son visibles a simple vista o lo son de modo excepcional y aislado. La CC ha sido fabricada probablemente a torno, lo que le proporciona unas superficies alisadas y unas paredes de grosor uniforme. También sus colores son diferentes, predominantemente rojizos o marrón claro, y son indicativos de una cocción en atmósfera oxidante.

La cerámica de color gris o negro con superficies bruñidas o alisadas (CGN) es tratada en nuestro estudio como un grupo específico y diferenciado de los otros dos. En su estudio de los materiales del yacimiento de Gózquez de Arriba (Madrid), Vigil-Escalera¹⁴ encuentra piezas con estas características, pero las incluye dentro del grupo de la cerámica de cocina basándose en la tipología, ya que existen formas que aparecen en ambos grupos. En nuestro estudio hemos optado por crear un grupo propio para este tipo de cerámica, ya que el examen macroscópico de sus rasgos distintivos marca diferencias. La granulometría de la pasta cerámica de la CGN es más fina que la de la CCC, semejante a la CC. El color de pastas y superficies es también un rasgo característico, ya que las piezas son homogéneamente de color negro o gris muy oscuro. Especialmente significativo es que en varios casos las superficies presenten tratamientos que le dan a los vasos un aspecto brillante, sobre todo para aquellos ejemplares a los que se ha aplicado un bruñido más cuidadoso. Aunque es imposible asegurarlo partiendo solamente de las huellas que deja el alfarero en la superficie del vaso, lo más probable es que esta cerámica haya sido fabricada a torno, ya que sus paredes son de un grosor uniforme y aparecen regularmente alisadas.

Existe otra razón para individualizar este grupo cerámico como una producción con categoría propia, aunque sea con un fin experimental. En general, los grupos de CC y de CCC pueden interpretarse como derivados de la tradición alfarera romana, aportando habitualmente el mayor número de ejemplares en los contextos datados entre los siglos V y VIII, al menos en los yacimientos de las zonas interiores de la península Ibérica. En contraste, el grupo caracterizado como CGN, parece ajeno a la tradición mediterránea. Piezas con características semejantes han aparecido en la Galia y en la península Itálica en contextos fechados a partir del siglo

V y su singularidad no se limita al tratamiento que reciben las superficies o al color oscuro de los recipientes, sino que incluye un repertorio formal propio entre el que destaca el cuenco carenado¹⁵. Tratadas en todos los casos como producciones locales, sus paralelos formales se encuentran sin embargo en la cultura de Chernjakhov / Síntana de Mures, en el bajo Danubio¹⁶. La reciente aparición de cerámica con clara influencia de las culturas godas danubianas en el valle del Duero, concretamente en el yacimiento de El Pelambre (Villaornate, León) —específicamente cerámica de color negro con su superficie exterior facetada a cuchillo y bruñida¹⁷— refuerza la posibilidad de que esta cerámica, que al parecer imita la vajilla metálica, derive de modelos tomados de la tradición germánica. Por ello, un análisis arqueométrico que aborde estudios de procedencia de las materias primas usadas en la producción cerámica resulta especialmente pertinente. No obstante, hay que tener en cuenta que aunque los análisis arqueométricos, permiten una aproximación a la identificación de las materias primas usadas en la fabricación del vaso, y éstas pueden relacionarse con la geología de una posible área fuente, hay otros agentes que afectan a la composición de la muestra y que deben ser igualmente tenidos en cuenta: la selección de materiales y los procesos tecnológicos empleados por el alfarero, las transformaciones que se producen en los procesos de cocción de la pieza y los procesos postdeposicionales que experimenta el individuo analizado¹⁸. Para los objetivos de nuestro estudio, interesa la obtención de información tanto sobre las posibles áreas fuente como sobre los procesos técnicos de fabricación, ya que es importante determinar si los individuos de cada uno de los grupos cerámicos que han sido definidos a partir del examen macroscópico comparten también una composición mineralógica y química semejante y que sea a la vez propia y característica de cada uno de los grupos.

Aunque se trata de un aspecto importante, no conocemos ningún taller cerámico en la zona de estudio que permita llevar a cabo un análisis comparativo con la cerámica recuperada en El Cuquero. De hecho ni siquiera sabemos cómo pudieron ser los centros productores, aunque algunos datos obtenidos en otros yacimientos de la misma época y área geográfica apuntan a que al menos algunas de las cerámicas fabricadas en el periodo visigodo fueron cocidas en hornos¹⁹. Para determinar posibles fuentes de mate-

14. Vigil-Escalera 2000 y 2003.

15. Adrian 2002; Lefèvre and Mahé 2004; Pantò 2004: 50.

16. Kazanski 1991.

17. Pérez Rodríguez-Aragón 2009; Pérez Rodríguez-Aragón y González Fernández 2009.

18. Este es un fenómeno muy conocido y clave en todos los estudios de arqueometría cerámica. Véase por ejemplo: Cau 2003: 38-41; Cuomo di Caprio 2007: 591-592 y 617-619; Gurt

y Martínez Ferreras 2008.

19. En el yacimiento de Prado de Abajo (La Vellés, Salamanca) se encontró un hoyo con el fondo revestido de fragmentos de *tegula*, quizá destinado a la producción cerámica: Ariño *et alii* 2012: 127-128. También varios poblados de la provincia de Madrid han proporcionado estructuras que pueden ser interpretadas como hornos al aire libre para la cocción cerámica: Vigil-Escalera 2007.

rias primas de la producción cerámica, nuestro estudio tiene en cuenta el paisaje geológico como punto de partida para realizar análisis comparativos entre la composición de las muestras analizadas y su compatibilidad con posibles áreas fuente. Desde el punto de vista de su geología, el yacimiento de El Cuquero se localiza en el Macizo Ibérico. En el entorno definido por un radio de 5 km., con el yacimiento en su centro, los materiales que se observan son metasedimentos cámbricos y ordovícicos (principalmente cuarcitas y pizarras), así como rocas graníticas variscas.

Materiales y métodos

Los contextos cerámicos de El Cuquero han sido estudiados combinando el análisis tipológico y macroscópico con el estudio arqueométrico basado en la caracterización mineralógica y geoquímica. Se han estudiado 24 muestras correspondientes a fragmentos de los tres grupos cerámicos predefinidos (CC, CCC y CGN).

La caracterización mineralógica se realizó mediante microscopía petrográfica de luz transmitida, estudiando láminas delgadas cortadas perpendicularmente al fragmento cerámico, y mediante Difracción de Rayos-X (DRX) por el método de polvo cristalino. Se utilizó un difractómetro marca Siemens modelo D500 con monocromador de grafito y radiación de Cu K α . Para ello una porción de la pieza se molió manualmente en mortero de ágata y se rodó de 2-65°2 θ , a 0,05°/3s. El análisis semicuantitativo se realizó según el Método de los Poderes Reflectantes²⁰. Los análisis químicos se realizaron en el *Activation Laboratory* de Ontario (Canadá) sobre la muestra pulverizada, utilizada previamente para el estudio por DRX. Los elementos mayores se obtuvieron por fusión combinada (FUS-ICO) y los elementos traza por espectrometría de masas (ICP-MS). El límite de detección para elementos mayores es del 0,01%. Para elementos traza, los límites de detección y el procedimiento puede consultarse en www.actlab.com (análisis 4B para elementos mayores y 4B2 para elementos traza). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el *software* SPSS 13,0 y Past. MnO y P₂O₅ no se consideraron en el análisis estadístico para evitar la influencia de la contaminación postdeposicional²¹. El Ba tampoco se consideró por tratarse de un elemento muy móvil²².

La temperatura de cocción fue estimada con base en la composición mineralógica, los rasgos de vitrificación identificados en el estudio petrográfico y los experimentos de recocción realizados sobre varios fragmentos. La recocción se realizó utilizando 1g. de

muestra pulverizada de dos fragmentos correspondientes al grupo CCC (26.4 y 46.8) y dos fragmentos del grupo CGN (46.2 y 46.3). Estas muestras se calentaron a 850°C y 900°C en atmósfera de aire con una rampa de calentamiento de 10° min⁻¹. Las muestras obtenidas se estudiaron nuevamente por DRX en las condiciones indicadas anteriormente.

Resultados e interpretación

Composición mineralógica y estudio petrográfico

El estudio petrográfico se realizó para obtener datos relativos a la composición mineralógica y la textura de las piezas, considerando como variables: porosidad, vitrificación, tamaño de grano -tanto de las inclusiones como de la matriz- y forma, granoselección y orientación de las inclusiones no plásticas. En todas las muestras estudiadas se identificaron inclusiones monominerálicas de cuarzo, feldespato (principalmente feldespato potásico) y micas, tanto moscovita como biotita, junto con fragmentos de roca, principalmente de cuarcita y, en menor medida, de granito. Sólo una pieza (26.14) tiene inclusiones de fragmentos de esquisto. Las muestras 26.13 y 28.2 contienen turmalina y la 26.18 turmalina y circón además de los minerales anteriormente citados. El cuarzo puede aparecer tanto en la fracción limo de la matriz, como en forma de inclusiones monominerálicas, o como constituyente de los fragmentos de roca. Las inclusiones generalmente se encuentran entre subredondeadas y subangulosas y presentan muy poca granoselección, situándose en el intervalo granulométrico entre limos y arenas finas. Sólo dos muestras, 26.16 (grupo CCC) y 46.2 (grupo CGN), de matriz arcillosa y arcilloso-micácea respectivamente, presentan un cierto grado de granoselección. El grado de orientación de las inclusiones es bajo en general, excepto en las piezas con matriz micácea en las que las micas se orientan paralelas a las superficies del vaso. El estudio petrográfico muestra pocas variaciones en los fragmentos y no se han observado diferencias significativas entre los tres grupos cerámicos previamente definidos.

Considerando las variaciones en el tipo de matriz, la composición mineralógica y la textura se realizó una clasificación (Fig. 3 y Tabla I) en la que se agrupan las piezas en tres tipos de fábricas: matriz arcillosa, matriz arcilloso-micácea y matriz micácea. La fábrica "matriz arcillosa" es la más común e incluye muestras que pertenecen a los tres tipos cerámicos definidos previamente. La fábrica "matriz arcilloso-micácea" aparece sólo en los grupos CGN y CC, mientras que la denominada "matriz micácea" fue sólo identificada en piezas

20. Schultz 1964; Martín Pozas 1975.

21. Walter y Besnus 1989.

22. Picon 1985.

Fábrica	Subfábrica	Muestra	Grupo cerámico	Matriz	Caracterización	Textura	Observaciones
1	a	26.13, 26.17, 26.18, 46.3	CGN	Arcillosa	Cuarzo, cuarcita, feldespato, micas (moscovita y biotita). Vitrificación en los bordes de los feldespatos.	Inclusiones no plásticas subangulosas. Escasamente seleccionadas, entre finas y grandes.	En 26.13 turmalina. In 26.18 turmalina y circón. En 26.14 esquistos. In 26.1, 26.18, 46.3 y 46.5 nódulos arcillosos. En 26.1 y 26.4 minerales opacos frecuentes.
	b	26.14, 46.5	CC				
	c	26.1, 26.4, 26.9, 26.19, 26.22, 28.4, 28.5, 28.9, 28.10, 46.4, 46.9	CCC				
2	a	26.16	CCC	Arcillosa	Cuarzo, cuarcita, feldespato, micas (moscovita y biotita). Vitrificación en los bordes de los feldespatos.	Inclusiones no plásticas subangulosas. Granoselección.	
3	a	46.2	CGN	Arcillosa-micácea	Cuarzo, cuarcita, feldespato, micas (moscovita y biotita). Vitrificación en los bordes de los feldespatos.	Inclusiones no plásticas subangulosas. Granoselección.	
4	a	26.12, 28.2	CGN	Arcillosa-micácea	Cuarzo, cuarcita, feldespato, micas (moscovita y biotita). Vitrificación en los bordes de los feldespatos.	Inclusiones no plásticas de redondeadas a subangulosas. Escasamente seleccionadas, entre finas y muy grandes.	En 28.2 turmalina.
	b	26.10	CC				
5	a	9.2, 46.8	CCC	Micácea	Cuarzo, cuarcita, feldespato, micas (moscovita y biotita). Vitrificación en los bordes de los feldespatos.	Inclusiones no plásticas subangulosas. Escasamente seleccionadas, entre finas y muy grandes.	

Tabla I. Clasificación de los fragmentos cerámicos según el tipo de matriz, su composición mineralógica y su textura.

del grupo CCC. La composición mineralógica de las inclusiones concuerda con el ambiente geológico en el que se localiza el yacimiento que se encuentra en una colina donde afloran tanto granitos como rocas metamórficas y materiales sedimentarios asociados a los cauces de la red fluvial, por lo que el material utilizado para la fabricación de las piezas podría ser de origen local.

La alteración de los granos de feldespato debida a los procesos de cocción se puede deducir a partir de los bordes de reacción presentes en las inclusiones de esta composición. Todas las muestras presentan esta vitrificación incipiente de los feldespatos, con una clara diferencia entre las muestras del grupo CGN en el que el grado de vitrificación es más alto.

Mediante DRX se obtuvo información complementaria sobre la composición mineralógica de las piezas. Las muestras estudiadas están compuestas por cuarzo, feldespatos y filosilicatos (illita-mica) en todos los casos, junto con pequeñas cantidades de hematites, ocasionalmente. Los principales componentes minerales son los mismos en todas las muestras (Tabla II) y no hay diferencias entre los tres grupos cerámicos definidos. La única diferencia se encontró en tres muestras pertenecientes al grupo CCC (26.10, 28.5 y 28.10) en las que no se identificaron filosilicatos. La ausencia de estos minerales, imprescindible para formar la matriz plástica, se debe a que estas piezas

sufrieron una mayor temperatura de cocción que el resto, alcanzado la temperatura necesaria para la desestabilización de los filosilicatos y su transformación en fases anhidras. En ningún caso se encontraron fases de alta temperatura (gelenita o akermanita) que pudieran proceder de pastas con minerales carbonatados.

Temperatura de cocción

Una de las cuestiones más interesantes en arqueometría es el establecimiento de la Temperatura Equivalente de Cocción (TEC). Numerosos artículos están enfocados a la estimación de las TEC, especialmente mediante estudios experimentales de cocción de materiales arcillosos en los que se evalúa la influencia del tipo de horno (normalmente hornos abiertos), tipo de materia prima (con o sin carbonatos), condiciones oxidantes o reductoras, temperatura máxima, tiempo que se mantiene esa temperatura, etc²³.

La técnica más frecuentemente utilizada para controlar los cambios mineralógicos en la cerámica debidos al proceso de cocción es la difracción de Rayos-X, junto con los estudios petrográficos, si bien otras técnicas como espectroscopías IR y Mössbauer, porosimetría de Hg o microscopía electrónica de barrido también han sido ocasionalmente utilizadas²⁴. En nuestro trabajo el rango de temperaturas de cocción fue estimado a partir de las observaciones petrográficas, de la mineralogía presente en los fragmentos estudiados y de los

23. Una extensa revisión sobre todos estos aspectos se puede encontrar en Maggetti *et alii* 2011.

24. Velraj *et alii* 2009; Palanivel y Meyvel 2010; Wagner y Wagner 2004.

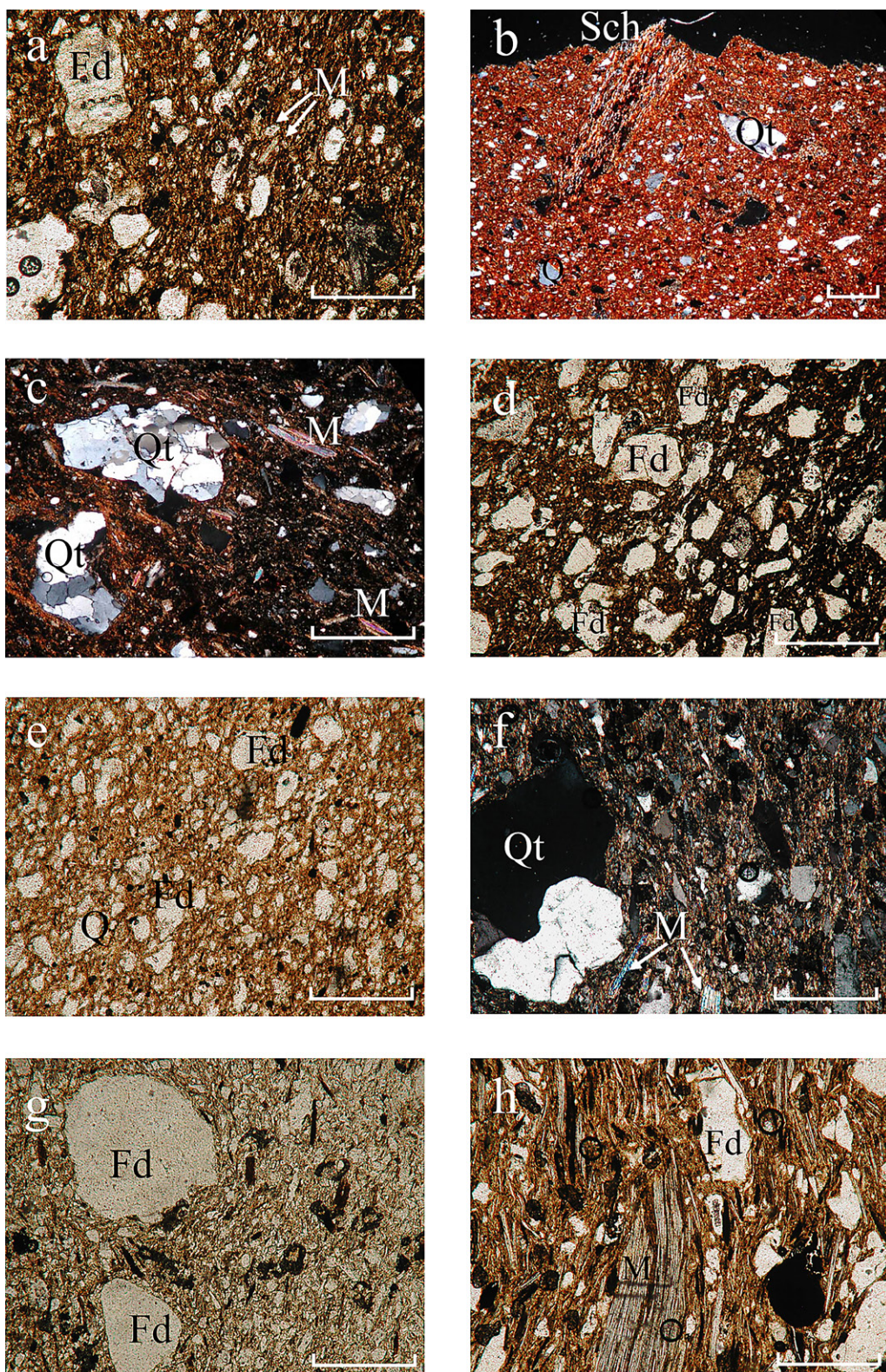


Figura 3. Microfotografías ópticas de algunas muestras representativas. a) Fábrica 1a. Muestra 26.17. Matriz arcillosa con granos monominerálicos de cuarzo, feldespato y mica (Luz normal). b) Fábrica 1b. Muestra 26.14. Matriz arcillosa con inclusiones no plásticas de fragmentos de roca (cuarcita y esquisto) y granos monominerálicos de cuarzo, feldespato y mica (Nicoles cruzados). c) Fábrica 1c. Muestra 26.22. Matriz arcillosa con granos de fragmentos de roca (cuarcita) y granos monominerálicos de cuarzo y mica (Nicoles cruzados). d) Fábrica 2. Muestra 26.16. Matriz arcillosa con granos monominerálicos de cuarzo, feldespato y mica, que muestra selección de grano (Luz normal). e) Fabrica 3a. Muestra 46.2. Matriz arcillosa-micácea con granos.

Fragmento	Grupo	Cuarzo	Feldespato	Filosilicatos
26.13	CGN	30	5	65
26.17	CGN	47	6	48
26.18	CGN	36	7	58
46.3	CGN	29	8	63
26.12	CGN	33	16	51
28.2	CGN	38	14	47
46.2	CGN	33	6	62
26.10	CC	28	14	58
26.14	CC	35	9	56
46.5	CC	28	6	66
9.2	CCC	25	9	65
46.8	CCC	36	7	56
28.4	CCC	37	10	53
28.10	CCC	73	27	0
28.5	CCC	85	15	0
26.16	CCC	26	10	64
26.1	CCC	35	7	58
26.4	CCC	27	8	65
26.19	CCC	33	19	48
26.22	CCC	34	11	55
26.9	CCC	34	9	56
28.9	CCC	39	14	47
46.4	CCC	29	12	58
46.9	CCC	18	15	67

Tabla II. Proporción de los componentes minerales principales de las muestras según los datos de la DRX (peso en %).

cambios observados en las muestras recocidas analizadas por difracción de Rayos-X.

El límite inferior de temperatura se ha establecido en relación con la presencia de vitrificación parcial de los granos de feldespato. Este proceso de vitrificación es evidente por los bordes difusos de los granos de este mineral, los golfos de corrosión y los bordes de reacción que se pueden observar frecuentemente. De acuerdo con Heimann²⁵, la vitrificación incipiente de los feldespatos implica una temperatura superior a 750°C. Para determinar el límite superior del intervalo de posibles temperaturas de cocción se ha considerado que la mayoría de los difractogramas presentan la reflexión a 10Å característica tanto de illita como de micas verdaderas (moscovita y biotita). La presencia de micas en la mayor parte de las muestras supone que estos minerales no han alcanzado la temperatura necesaria para la deshidroxilación y amorfización de la estructura.

Los experimentos de cocción de arcillas calcáreas y no calcáreas desarrollados por distintos autores²⁶ coinciden en apuntar un intervalo de temperatura para la descomposición de la illita entre 820-966°C, depen-

diendo de la intensidad de las condiciones reductoras, principalmente. En condiciones oxidantes, dependiendo de la presencia o ausencia de minerales carbonatados como calcita y dolomita, este intervalo de temperaturas es menor, entre 800°C y 850 °C²⁷. De acuerdo con Velraj *et al.*²⁸ la estructura de micas e illitas desaparece por encima de los 800°C tanto en condiciones oxidantes como reductoras. A partir de estos minerales pueden formarse a temperaturas superiores (~1000°C) fases de alta temperatura como espinelas magnésicas o aluminicas²⁹, que no han sido encontradas en las muestras de El Cuquero. Considerando estos datos, puede afirmarse que la temperatura de cocción de las muestras aquí estudiadas fue en todos los casos inferior a 950°C y menor de 850°C en aquellas piezas que fueron cocidas en ambientes oxidantes. Los fragmentos del grupo CCC en los que no hay evidencia de filosilicatos (28.5 y 28.10) probablemente fueron cocidos a una temperatura superior.

Al comparar las muestras recocidas con las originales se encuentran algunos cambios paralelos al incremento de la temperatura. La intensidad relativa de las reflexiones 001 y 002 de las micas disminuye a 850° y a 900°C estas reflexiones desaparecen (Fig. 4-a) debido a la transformación de estos filosilicatos en fases amorfas. Según Maggetti *et al.*³⁰ la transformación de la illita depende de la temperatura y del tiempo que ésta se mantiene, pero otras variables como el tamaño de granos de las inclusiones o la velocidad de calentamiento influyen considerablemente. Según ello, la reflexión 001 desaparece a >700°C si esta temperatura se mantiene durante 18-23 minutos, mientras que la reflexión 110 requiere una temperatura de unos 950°C para desaparecer completamente de los difractogramas. En los experimentos de recocción la reflexión 110 desaparece a una temperatura inferior, en relación con un mayor tiempo de calentamiento.

En el experimento de recocción a 850°C también se ha observado la formación de hematites (Fig. 4-b). La formación de hematites por cocción de arcillas sin otro cambio mineralógico también ha sido observada por Maggetti *et al.* en su estudio experimental sobre la evolución de la temperatura en el interior de una pieza cerámica³¹. Según Prudencio *et al.*³² la existencia de hematites se relaciona con temperaturas de cocción de unos 900°C. De acuerdo con Gomes³³, se puede formar hematites a partir de illita por completa deshidroxilación de su estructura a temperaturas superiores a

25. Heimann 1989.

26. Heimann *et alii* 1980; Maggetti *et alii* 2011; Maritan *alii* 2006.

27. Maritan *et alii* 2006 obtienen un resultado de 800°C en un experimento con 7,7 % de CaO. En otro experimento el resultado fue de una temperatura de 850°C, véase Benghezal 1989; Maggetti *et alii* 2011.

28. Velraj *et alii* 2009.

29. Velde y Druc 1999.

30. Maggetti *et alii* 2011.

31. Maggetti *et alii* 2011.

32. Prudencio *et alii* 2006.

33. Gomes 1988.

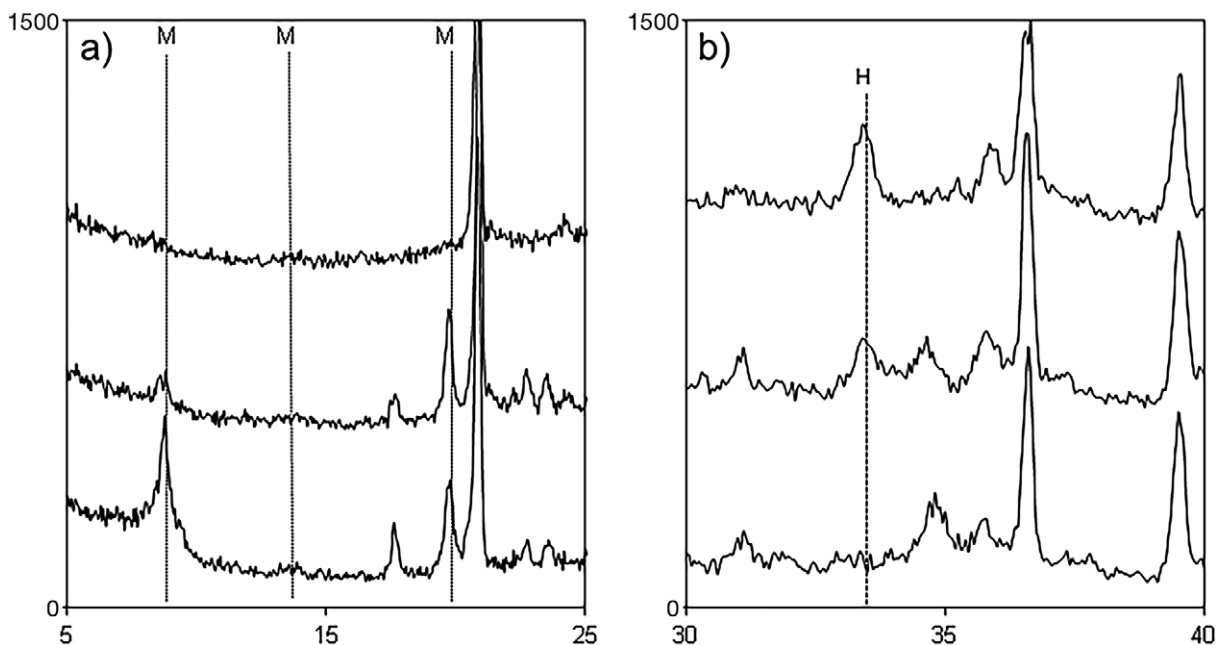


Figura 4. Detalles de los gráficos de DRX de la muestra 46.2 sin recalentamiento y después de someterla a temperaturas de 850°C y 900°C (de abajo a arriba). El efecto de la recocción puede observarse en la desaparición del pico de las micas (M) y la aparición del pico de hematites (H). Los reflejos de M corresponden a 100, 200 y 110 (de izquierda a derecha).

900°C. En las muestras de El Cuquero, el hematites se presenta a temperatura inferior a 900°C por lo que se podría formar no sólo a partir del hierro de los minerales a 10Å, sino también a partir de óxidos de hierro no cristalinos que podrían existir en las muestras. Los

cambios en la composición de los materiales tras calentamiento a 850 y 900°C observables en la figura 4 sugieren que las muestras no alcanzaron dichas temperaturas o, si las alcanzaron, éstas se mantuvieron durante muy poco tiempo.

Muestra	Grupo	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
26.10	CC	60,35	17,29	5,35	0,06	1,93	1,12	1,17	3,25	0,76	1,54	7,60
26.14	CC	62,86	15,25	5,61	0,12	1,20	0,66	0,57	2,57	0,79	1,58	7,49
46.5	CC	63,58	19,53	6,65	0,04	0,87	0,81	0,73	2,73	0,84	2,85	--
26.1	CCC	64,39	19,68	3,69	0,02	0,67	0,29	0,18	2,47	0,61	0,83	5,74
26.16	CCC	61,25	15,16	5,27	0,04	1,39	0,80	0,54	2,90	0,62	2,01	9,22
26.19	CCC	60,01	16,67	4,26	0,03	0,88	0,80	0,97	3,86	0,46	3,43	--
26.22	CCC	63,12	17,39	4,66	0,02	0,82	0,50	0,58	3,39	0,51	2,58	6,14
26.4	CCC	64,36	20,67	5,87	0,02	1,03	0,57	0,32	4,09	0,67	1,39	0,24
26.9	CCC	61,52	20,24	1,82	0,04	0,49	0,77	0,53	3,03	0,12	2,36	7,50
28.10	CCC	69,84	16,43	4,73	0,05	1,16	0,93	1,09	3,05	0,68	0,28	--
28.4	CCC	54,35	22,33	7,26	0,05	0,91	0,73	0,44	1,74	0,81	2,14	--
28.5	CCC	64,72	18,43	4,37	0,05	1,84	0,42	0,38	2,98	0,52	0,32	--
28.9	CCC	62,23	19,63	4,41	0,04	1,10	0,50	0,78	5,36	0,54	1,20	4,55
46.4	CCC	60,85	16,59	4,03	0,04	0,70	0,72	1,14	3,09	0,49	2,13	8,76
46.8	CCC	64,26	21,90	5,16	0,05	1,71	0,51	0,37	3,48	0,51	1,39	--
46.9	CCC	51,97	23,13	4,16	0,01	0,55	0,78	0,82	3,02	0,49	1,97	12,30
9.2	CCC	55,32	19,72	7,44	0,03	1,67	0,49	0,49	2,34	0,73	1,23	9,66
26.12	CGN	59,72	17,96	4,47	0,04	1,59	1,00	1,36	3,52	0,71	2,71	--
26.13	CGN	61,42	15,44	6,35	0,02	1,07	0,49	0,12	2,23	0,98	2,75	8,55
26.17	CGN	65,16	16,88	5,84	0,02	0,91	0,39	0,12	2,91	0,79	1,33	--
26.18	CGN	64,60	16,17	4,55	0,03	1,03	0,62	0,31	2,79	0,73	2,69	--
28.2	CGN	66,58	18,00	5,36	0,05	1,72	0,80	1,10	3,37	0,78	0,76	2,05
46.2	CGN	70,92	15,75	6,35	0,03	1,08	0,54	0,15	2,16	1,36	1,93	0,13
46.3	CGN	64,27	17,25	6,36	0,07	1,35	0,63	1,26	3,05	1,19	2,86	--

Tabla III: Resultados del análisis químico de los elementos mayores de las muestras estudiadas.

Muestra	26.1	26.16	26.19	26.22	26.4	26.9	28.10	28.4	28.5	28.9	46.4	46.8	46.9	9.2
Sc	12	13	9	10	13	5	10	16	11	6	8	13	10	15
Be	3	4	3	3	8	10	6	5	3	7	3	7	4	4
V	67	87	52	64	52	12	65	87	64	21	49	75	60	117
Cr	60	120	40	60	20	20	50	110	50	20	40	50	50	80
Co	6	16	6	7	6	2	9	11	9	9	5	10	5	12
Ni	20	30	20	20	20	20	20	40	20	20	20	30	20	40
Cu	20	30	20	10	10	10	20	50	40	20	10	50	10	30
Zn	90	130	100	110	140	50	80	110	90	310	70	30	70	30
Ga	27	21	22	28	30	29	23	32	26	29	25	30	32	27
Ge	1,6	2,2	1,5	1,8	1,8	1,4	1,6	1,6	1,6	1,4	1,6	1,6	1,3	2,1
As	36	29	5	33	70	12	14	46	11	49	29	34	22	72
Rb	138	138	146	208	223	189	149	133	154	231	177	161	167	105
Sr	98	113	163	141	108	141	131	133	103	142	134	116	136	75
Y	24,8	26,8	20	28,9	54,3	8,5	31,5	34	31,9	46,8	12,2	30,6	17,2	29,1
Zr	149	152	159	203	234	43	262	201	143	168	138	144	185	180
Nb	12,9	10,3	9,7	13,4	16,6	10,5	14,1	14,4	12,1	12,9	11,4	13,3	10,7	12,6
Ag	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sn	12	5	5	9	19	18	8	14	9	17	15	10	14	6
Sb	4,7	3,6	0,2	17,2	4,5	0,7	0,2	0,2	0,2	1,9	3,7	0,2	1,2	0,2
Cs	9,7	8,2	7,3	15,6	24	16,2	11,1	16,6	9,3	19,8	11,5	10,1	9,2	15,3
Ba	614	1118	1531	1238	937	1054	588	1022	804	883	1130	1263	1045	714
La	29,1	33,7	29,4	36,2	49,9	31,1	46,1	42,4	49,6	44,4	26,1	42	40,4	42,3
Ce	58,6	63,8	51,5	76,1	99	64,6	86,2	85	77,1	87,5	51,2	67,2	93,4	81,3
Pr	7,02	8,5	6,78	9,27	12	7,76	11	10,4	11,8	10,7	6,03	10,6	10,9	10,1
Nd	26,2	32,2	25,1	35	45,5	27,8	42,1	39,5	43,9	39,6	21,4	39,5	39,3	37,2
Sm	5,49	6,44	4,97	7,09	8,9	5,38	8	7,89	8,25	8,28	3,93	7,64	8,14	7,2
Eu	1,09	1,39	0,996	1,32	1,6	0,986	1,32	1,24	1,55	1,54	0,678	1,55	1,41	1,35
Gd	4,96	6,13	4,46	6,34	8,68	4,18	7,09	7,14	7,57	8,32	3,1	6,94	5,95	6,35
Tb	0,76	0,91	0,71	1,02	1,46	0,56	1,05	1,14	1,09	1,42	0,44	1	0,85	0,99
Dy	4,19	4,95	4,02	5,61	8,41	2,55	5,31	6,2	5,82	7,74	2,29	5,24	3,84	5,41
Ho	0,81	0,92	0,78	1,06	1,59	0,35	1,01	1,12	1,03	1,37	0,41	0,98	0,59	1
Er	2,48	2,71	2,29	3,12	4,72	0,89	3,03	3,31	2,88	3,94	1,15	2,91	1,61	3,01
Tm	0,37	0,395	0,336	0,475	0,679	0,128	0,439	0,488	0,411	0,554	0,17	0,421	0,222	0,449
Yb	2,35	2,48	2,14	2,96	4	0,78	2,69	3,01	2,56	3,32	1,08	2,71	1,4	2,81
Lu	0,359	0,375	0,321	0,432	0,582	0,105	0,397	0,432	0,376	0,46	0,155	0,393	0,2	0,416
Hf	4,7	3,8	4,5	4,6	6,3	1,6	7,3	5	4,2	4,5	3,2	3,8	3,6	4,9
Ta	1,88	1,13	1,17	1,97	2,96	3	2,03	2,2	1,92	2,53	2,02	2,14	1,76	1,31
W	4,5	4,9	6,2	4,7	5,6	4	4,2	4,2	8,4	3	3	18	3,1	34,6
Tl	0,94	0,8	0,76	1,43	1,43	1,11	1,05	0,84	0,84	1,17	1,01	0,95	0,93	0,65
Pb	42	31	20	43	44	52	30	129	32	54	48	45	71	36
Bi	4,3	1,7	1,2	4,5	8,5	3,6	0,5	0,1	0,5	8,9	5,7	2,7	1,6	0,1
Th	11,3	11	13,1	12,3	17,7	3,97	18,6	15,9	12,5	14,3	14,1	11,8	24,3	15
U	3,81	2,65	3,48	4,31	7,44	3,41	3,86	13,4	3,94	9,42	6,04	4,13	4,96	6,27

Tabla IV. Resultados del análisis químico de los elementos traza de las muestras estudiadas de CCC.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta la composición mineralógica con persistencia de micas-illitas, los rasgos de vitrificación, y los resultados de los experimentos de recocción, se estima que la temperatura de cocción de la mayor parte de las piezas está comprendida en el intervalo entre 800-900°C bajo condiciones oxidantes.

Análisis geoquímicos

Los resultados de los análisis químicos se muestran en la Tabla III (elementos mayores) y en las Tablas IV y V (elementos traza). Para la mayoría de las muestras no hay resultado de pérdida al fuego (LOI) porque

la cantidad de muestra analizada no fue suficiente para dicho análisis, lo que justifica que la suma total no sea 100. Las concentraciones de elementos mayores se recalcularon a *muestra deshidrata*, esto permite la comparación de los resultados de las muestras sin dato de LOI y de las muestras con diferentes temperaturas de cocción puesto que la pérdida al fuego depende de la transformación de los filosilicatos bajo alta temperatura. Como se puede deducir a partir de los resultados de composición química, y de acuerdo con la composición mineralógica, los resultados son similares para los tres grupos cerámicos previamente definidos. Las variaciones encontradas en las propor-

Grupo	CC			CGN						
	26.10	26.14	46.5	26.12	26.13	26.17	26.18	28.2	46.2	46.3
Sc	14	12	14	14	11	13	11	13	13	11
Be	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3
V	75	90	78	83	88	85	63	86	104	92
Cr	60	60	80	70	60	60	50	70	70	70
Co	10	8	9	9	8	7	6	11	10	22
Ni	20	20	40	20	20	20	20	40	30	50
Cu	30	20	20	10	30	20	40	30	30	40
Zn	110	120	30	110	110	120	110	140	30	30
Ga	25	21	29	26	20	24	25	25	20	25
Ge	1,7	1,7	1,9	1,6	1,5	1,5	1,5	1,7	1,6	1,8
As	11	22	28	5	21	22	5	21	55	46
Rb	161	130	130	147	110	150	162	158	96	156
Sr	147	117	218	193	114	91	134	114	102	127
Y	40,3	27,1	32,4	29,1	31	31,2	34,5	37	41,4	40,6
Zr	267	289	254	233	249	223	255	268	326	260
Nb	15	12,7	16,9	13,5	13,2	12,6	14,8	14,4	15,6	16,3
Ag	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sn	6	5	8	6	7	9	10	7	4	7
Sb	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	6,5	0,2
Cs	8,9	7	9,2	8,7	9,6	13	13,1	9,7	7,5	11,4
Ba	1068	1311	1470	1732	1084	1027	1335	846	1078	1411
La	47,6	36,6	63,2	45,7	34,9	38,2	44,2	47,8	44	53,2
Ce	93,5	73	111	86	72	72,5	85	93,4	93,8	110
Pr	11,6	8,72	12,3	11,1	8,74	9,35	11	11,5	11,4	13,5
Nd	43,3	31,6	42,9	41,7	33,2	35,3	41,5	41,8	42,8	49,9
Sm	8,54	6,07	8,3	8,23	6,53	6,92	8,35	8,17	8,99	10,2
Eu	1,45	1,12	1,51	1,51	1,42	1,41	1,47	1,53	1,97	2,07
Gd	8,04	5,66	6,98	7,45	6,04	6,48	7,55	7,6	8,06	9,01
Tb	1,26	0,87	1,14	1,12	0,97	1	1,16	1,21	1,32	1,41
Dy	7,02	4,92	6,04	5,89	5,55	5,64	6,49	6,66	7,64	7,58
Ho	1,31	0,93	1,14	1,09	1,08	1,1	1,21	1,25	1,46	1,41
Er	3,91	2,95	3,52	3,18	3,26	3,28	3,66	3,61	4,39	4,16
Tm	0,574	0,465	0,537	0,477	0,487	0,484	0,552	0,546	0,656	0,601
Yb	3,67	3,03	3,42	3,05	3,12	3,12	3,51	3,46	4,22	3,81
Lu	0,549	0,442	0,52	0,444	0,469	0,474	0,514	0,506	0,625	0,565
Hf	4,9	2,5	6,2	5,9	6,6	6,6	6,9	7,3	6,7	4,5
Ta	1,71	1,42	1,89	1,56	1,57	1,75	2,05	1,56	1,6	1,92
W	3,1	2,9	5,5	6,4	3,7	4	5,6	4,6	3,9	5,3
Tl	0,95	0,97	0,76	0,85	0,71	1,01	1,07	1,02	0,64	0,89
Pb	27	33	42	24	35	41	30	41	42	49
Bi	0,5	0,2	1,5	0,1	0,1	0,1	0,2	1,8	1,5	1,4
Th	19,3	17,6	23,4	17,9	14,3	14,5	16,3	18,2	15,3	18,6
U	5,29	4,82	6,14	4,83	4,25	4,16	4,9	5,09	5,63	5,62

Tabla V. Resultados del análisis químico de los elementos traza de las muestras estudiadas de CC y CGN.

ciones de los distintos óxidos están relacionadas con las variaciones de los componentes minerales, detectándose sólo pequeñas diferencias en los contenidos en MnO y TiO₂. Las piezas del grupo CC tienen las concentraciones más elevadas de MnO, aunque presentan altos valores de la desviación estándar, mientras que en las piezas del grupo CCC aparecen los menores contenidos de TiO₂. La presencia de TiO₂ podría estar relacionada tanto con los filosilicatos, como catión octaédrico, como con la presencia de minerales accesorios como el rutilo. Por otra parte, todas las piezas presentan contenidos altos y variables de fosfato, entre el 0,29% y el 3,75%, algo que

podría deberse a procesos de contaminación postdeposicionales y estar relacionado con el uso agrícola del suelo. No se ha encontrado ninguna correlación entre el contenido en fosfatos y ningún otro elemento.

Estudio estadístico

Los métodos estadísticos más utilizados en el estudio arqueométrico de datos geoquímicos son métodos de Análisis Multivariante. Sin embargo, aunque hay un amplio consenso con respecto al tipo de análisis a realizar, hay un acuerdo menor respecto al tipo de datos que deben ser considerados en el análisis estadístico. El debate se centra en torno a la conveniencia de utili-

zar los datos originales, directamente obtenidos de los análisis sin ningún tipo de estandarización, o bien utilizar los datos normalizados, los denominados *log-ratio data*. La teoría estadística que afecta al análisis de los datos geoquímicos fue inicialmente desarrollada por Aitchison³⁴. En un trabajo colectivo más reciente en el que participa este mismo autor³⁵, se propone el uso de datos transformados para un análisis estadístico más preciso. El uso de datos transformados o normalizados ha sido defendido en diversos artículos³⁶ y se justifica como el medio de compensar la variabilidad de base de los materiales y minimizar los efectos de la posible contaminación posterior al enterramiento. No obstante, no todos los investigadores están de acuerdo en la necesidad de realizar la transformación de los datos. Algunos autores³⁷ señalan que las afirmaciones relativas a la necesidad de utilizar datos estandarizados son exageradas y que hay alternativas a la utilización de *log-ratio data*.

Considerando lo anteriormente expuesto, en este trabajo se ha realizado el análisis estadístico tanto con los datos geoquímicos originales como con los datos estandarizados. Se ha hecho así no sólo con el objetivo de profundizar en el análisis arqueométrico de las piezas estudiadas, sino también con un fin meramente metodológico: la evaluación, mediante este ejemplo, de la utilidad de la normalización de los datos químicos. La transformación de datos realizada ha sido la siguiente: se ha utilizado el logaritmo de la relación elemento/Ge, siendo el Ge seleccionado por resultar el elemento con menor variabilidad. Posteriormente se han realizado los mismos análisis estadísticos sobre los dos tipos de datos, mediante dos herramientas multivariantes estadísticas clásicas como son el análisis de la varianza (ANOVA)³⁸ y el análisis discriminante³⁹.

Debido al pequeño número de muestras y a la falta de normalidad de las variables, se ha realizado un ANOVA no paramétrico tanto para los datos originales como para los transformados. Con este test estadístico pretendemos analizar si existen diferencias significativas en las concentraciones de una variable para las diferentes piezas de cada uno de los grupos cerámicos (CCC, CC y CGN). Dicho de otra forma, pretendemos analizar si los tres grupos cerámicos presentan diferentes concentraciones de cada elemento. Este test ANOVA es conocido como test de Kruskal-Wallis. Una vez aplicado a cada una de las variables para el factor *Grupo*, obtenemos que las concentraciones de Al_2O_3 , TiO_2 , Nb, Ho, Er, Th, Lu, Hf, Yb, y Tm son significativa-

mente diferentes ($p < 0.05$) entre los grupos. Concretamente todos estos elementos diferencian los grupos CCC y GGN, mientras que el Zr distingue los grupos CCC y CC. Para los datos transformados, el ANOVA no paramétrico muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) para las concentraciones de Al_2O_3 , TiO_2 , V, Cr, Zr, Tm, Yb, Lu y Th. Los grupos CCC y CGN se distinguen por las concentraciones de Al_2O_3 , TiO_2 , V, Cr, Zr, Yb y Lu, mientras que los grupos CCC y CC se distinguen por los contenidos de Tm, Yb, Lu y Th.

La mayoría de los elementos que permiten diferenciar entre los distintos grupos cerámicos presentan las mismas relaciones, sea utilizando los datos originales sea utilizando los transformados. El ANOVA no paramétrico realizado utilizando los dos tipos de datos ofrece el mismo resultado: los grupos CCC y CGN tienen características geoquímicas diferentes.

El análisis discriminante es una herramienta estadística útil para relacionar una variable nominal (en este caso el factor denominado *Grupo*) con un conjunto de variables cuantitativas (en este caso las concentraciones de Al_2O_3 , TiO_2 , Zr, Ho, Lu, Hf, y Th, los elementos que, de acuerdo a los resultados del análisis anterior, permiten diferenciar composiciones). Las dos primeras funciones discriminantes fueron utilizadas porque explican el 100% de la variabilidad de los datos. Utilizando las funciones discriminantes lineales de Fisher, las 24 piezas se clasificaron correctamente, como se muestra en la Figura 5-a, sugiriendo que cada grupo tiene sus propios rasgos químicos. Esto no puede, sin embargo, ser interpretado directamente como que los materiales utilizados fueron diferentes, ya que el proceso de manufactura de las piezas también influye en el resultado final debido, por ejemplo a la variación en las proporciones de arcillas e inclusiones. Cuando el análisis discriminante es aplicado a los datos transformados, sólo el 87,5% de las muestras aparecen correctamente clasificadas utilizando las variables obtenidas en el estudio ANOVA (Fig. 5-b).

La mayoría de los elementos que muestran diferencias entre los tres grupos cerámicos presentan las mismas relaciones utilizando los datos originales y los datos transformados. El ANOVA no paramétrico permite en ambos casos diferenciar las piezas del grupo CCC y CGN tomando como base su composición química.

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para las variables que presentaban diferencias significativas entre los tres grupos cerámicos. En este ACP se extrajeron dos factores, que presentan unos autovalores > 1 que explican el 82,23% de la variabili-

34. Aitchison 1986.

35. Aitchison *et alii* 2002.

36. Véase especialmente: Buxeda 1999; Buxeda *et alii* 2001; Buxeda *et alii* 2003.

37. Baxter y Freestone 2006; Baxter 2008.

38. Walpole *et alii* 1999.

39. Gil Flores *et alii* 2001.

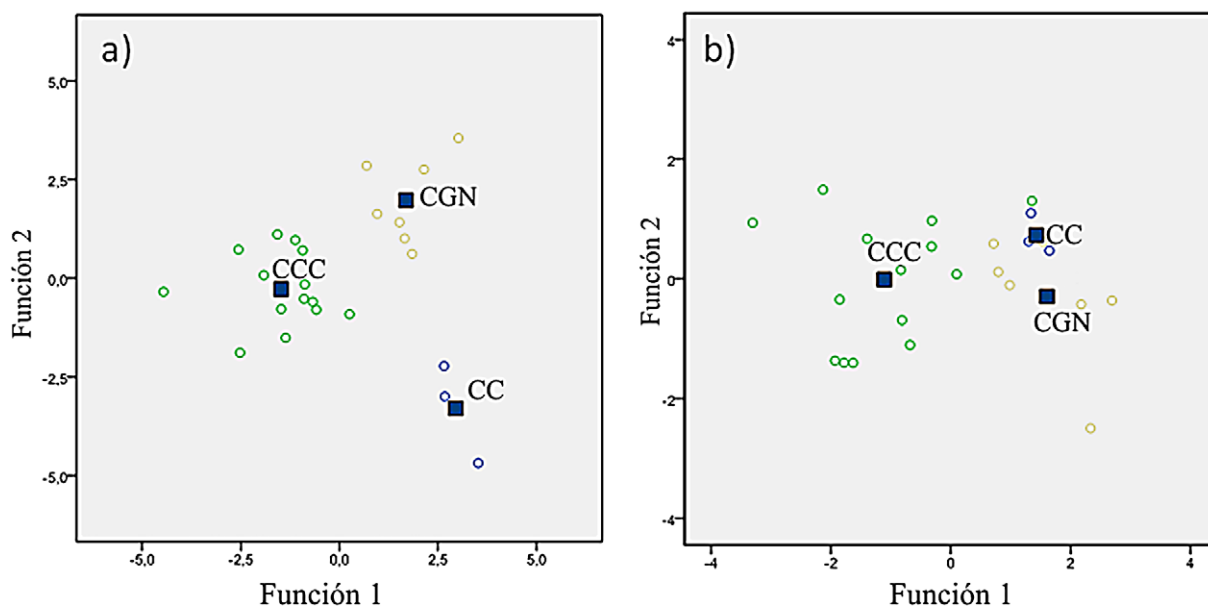


Figura 5. Gráfico de las funciones discriminantes con las muestras clasificadas de acuerdo a los grupos cerámicos: a) datos originales y b) datos normalizados (*log-ratio data*).

dad muestral. Al calcular las correlaciones entre estos dos factores y todas las variables se obtienen nuevas conclusiones: el primer Factor F1 está altamente correlacionado con las concentraciones de TiO_2 (coeficiente de correlación, $r=0,81$), de Zr ($r=0,88$), y con todos los elementos de las Tierras Raras. Este primer Factor F1 encontrado podría tener una explicación mineralógica sencilla puesto que relaciona elementos químicos de dos minerales que pueden existir como componentes minoritarios en los sedimentos debido a su elevada resistencia a la alteración meteórica: circón (ZrSiO_4) y rutilo (TiO_2). Estos minerales, denominados minerales pesados, han sido considerados por Prudencio *et al.* los responsables en la variación de las Tierras Raras en la cerámica romana del oeste de la Península Ibérica⁴⁰. Rutilo y circón son minerales minoritarios en las rocas graníticas en las que se sitúa el yacimiento del Cuquero, pudiendo fácilmente ser incorporados a los sedimentos derivados de dichas rocas. Cuando este mismo análisis se realiza con los datos transformados (*log-ratio data*) la clasificación no es tan nítida, aunque también se puede diferenciar entre CCC y CGN-CC. Por lo tanto, los resultados obtenidos del análisis estadístico realizado tanto sobre datos originales como sobre datos transformados son similares. Finalmente, los *clusters* obtenidos utilizando los parámetros geoquímicos separados por el Factor F1 permiten separar la casi totalidad de las piezas CCC de los otros dos grupos (Fig. 6).

Conclusiones

Las conclusiones que aquí presentamos se orientan a responder a tres cuestiones que son clave en todos los estudios sobre arqueometría cerámica: a) la procedencia de las materias primas usadas en la fabricación, con el fin de proponer un origen local o externo para las cerámicas estudiadas, b) los procesos técnicos de fabricación empleados por los alfareros en la selección y el tratamiento del material y c) las técnicas de cocción empleadas.

Las inclusiones no plásticas derivadas de rocas ígneas o metamórficas, las cuales aparecen en las láminas delgadas de la cerámica de granulometría más gruesa, proporcionan un método predictivo para identificar el origen de las materias primas usadas en la producción cerámica. En los fragmentos estudiados, la composición de las inclusiones no plásticas (cuarcita, pizarra, granito, cuarzo, mica y feldespato) son compatibles con la geología local ya que, aunque el yacimiento de origen se localiza sobre roca granítica, las rocas metamórficas (cuarcitas, pizarras y micaesquistos) están presentes en un área definida por un radio de 5 km. en torno al lugar de hallazgo. Las materias primas pueden proceder por tanto de los espacios más inmediatos al asentamiento, si bien hay que tener en consideración que estos minerales y rocas están ampliamente distribuidos en toda la parte occidental de la península Ibérica, por lo que el origen local para las cerámicas analizadas es el más probable, aunque no excluye otras posibilidades.

La información obtenida mediante el análisis estadístico de la composición química de las muestras es

40. Prudencio *et alii* 2006.

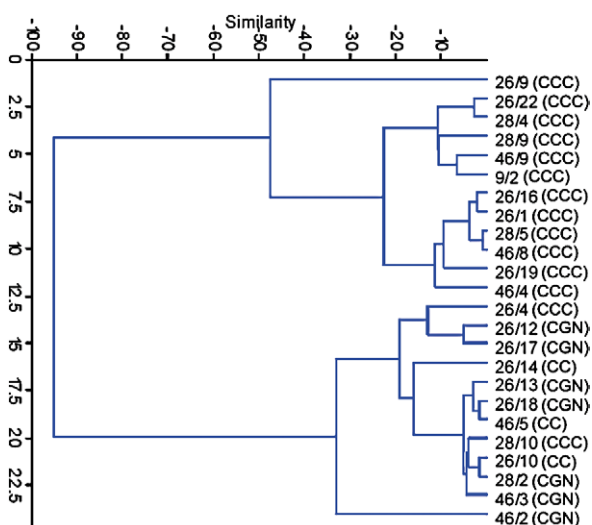


Figura 6. Dendrograma basado en los parámetros geoquímicos obtenidos del Factor F1. Se observa la separación de las muestras de CCC respecto a los otros dos grupos cerámicos.

concordante con esta misma conclusión, tanto si éste se realiza con los datos originales o con los datos normalizados (*log-ratio data*). En cualquier caso, el análisis estadístico de los datos muestra diferencias significativas entre las muestras del grupo CCC y las muestras de los grupos CC y CGN, que son más semejantes entre sí. La diferencia que se registra puede estar relacionada con el uso de materias primas diferentes, pero también probablemente por las técnicas de fabricación empleadas. Las cerámicas de los grupos CC y CGN probablemente han sido fabricadas a torno, lo que podría ser indicio de una manufactura con un cierto grado de especialización. La CCC, en contraste, podría ser una producción fabricada en el ámbito doméstico.

Los resultados de los análisis sugieren en todos los casos un probable origen local para todas las piezas. Aunque existen diferencias tipológicas y estilísticas entre los tres grupos cerámicos estudiados, todas las muestras se relacionan con un mismo paisaje geológico. Aunque probablemente están presentes dos tradiciones alfareras diferentes, mediterránea y europea

oriental, los resultados indican que todos los especímenes son de manufactura local.

Respecto al procesado de la materia prima no ha sido posible determinar ningún tratamiento específico de las inclusiones minerales. La matriz de la pasta cerámica es generalmente de tipo arcilloso, aunque un número significativo de muestras del grupo CGN presentan una matriz arcillosa-micácea (3 de un total de 7 muestras). La matriz micácea es poco habitual y está solo representada por dos muestras de CCC. Lo más probable es que la mayoría de estas diferencias en la matriz sean accidentales y se deban a la variación aleatoria que presentan los sedimentos usados como suministro de la materia prima, aunque el significativo número de piezas con matriz arcillosa-micácea dentro del grupo de la CGN quizá esté indicando una preferencia por determinadas canteras de arcillas o un proceso técnico de selección del grano.

La temperatura para la cocción se estima entre 800 y 900°C para todas las muestras. Para la mayoría de las piezas, cocidas en condiciones oxidantes, la temperatura de cocción pudo ser aproximadamente de unos 800°C. Esta temperatura de cocción podría haber sido obtenida incluso recurriendo a hornos rudimentarios (hornos abiertos u horneras). En este tipo de hornos las temperaturas que alcanzan los vasos son diferentes en función del lugar y la posición que ocupen en el horno⁴¹. La cocción en este tipo de hornos parece especialmente probable para las piezas del grupo de la CCC con menos micas en su composición. Las cerámicas del grupo CGN, caracterizadas por sus tonos oscuros en pastas y superficies fueron cocidas probablemente en ambiente reductor, en el cual las micas son más estables que bajo ambiente oxidante. Para las muestras de CGN, el límite superior de la temperatura de cocción podría estar en torno a los 950°C. Según Tite, la cerámica de granulometría fina (como es en nuestro caso la CGN) precisa de velocidades lentas de calentamiento que no pueden ser obtenidas en hornos abiertos, por lo que estas piezas tendrían que haberse cocido en un auténtico horno⁴². Esto constituye un argumento más a favor de considerar esta cerámica como un producto más especializado.

41. Maggetti *et alii* 2011.

42. Tite 2008.

Bibliografía

- ADRIAN, Y.M. (2002): "La céramique et le petit mobilier domestique du Bas-Empire - Haut Moyen Âge (IV^e-VIII^e siècles) dans la région d'Evreux (Eure): première approche", *Revue Archéologique de l'Ouest*, 19, 171-218.
- AITCHISON, J. (1986): *The Statistical Analysis of Compositional Data*, Chapman and Hall, London.
- AITCHISON, J., BARCELÓ-VIDAL, C. y PAWLOWSKY-GLAHN, V. (2002): "Some comments on compositional data analysis in archaeometry, in particular the fallacies in Tangri and Wright's dismissal of log-ratio analysis", *Archaeometry*, 44, 295-304.
- ARIÑO, E., BARBERO, L. y DÍAZ, P.C. (2004-2005): "El yacimiento agrícola de El Cuquero y el modelo de poblamiento en época visigoda en el valle del río Alagón (Salamanca, España)", *Lancia*, 6, 205-231.
- ARIÑO, E. y DAHÍ, S. (2012): "La cerámica de los yacimientos rurales de la provincia de Salamanca (España) entre la Antigüedad Tardía y la alta Edad Media (350-700)", *Archeologia Medievale*, 39, 371-383.
- ARIÑO, E., DAHÍ, S. y SÁNCHEZ, E. (2012): "Patrones de ocupación rural en el territorio de Salamanca. Antigüedad Tardía y Alta Edad Media", en Caballero, L., Mateos, P. y Cordero T. (ed.), *Visigodos y Omeyas. El territorio, Anejos de Archivo Español de Arqueología*, 61, Mérida, 123-145.
- BAXTER, M.J. (2008): "Mathematics, statistics and archaeometry: the past 50 years or so", *Archaeometry*, 50, pp. 968-982.
- BAXTER, M.J. y FREESTONE, I.C. (2006): "Log-ratio compositional data analysis in archaeometry", *Archaeometry*, 48, 511-531.
- BENGHEZAL, A. (1989): *Groupes de référence des poteries gallo-romaines de Seeb (Suisse) et Oberwinterthur (Suisse): caractéristiques minéralogiques, chimiques et techniques*, Tesis de Diploma inédita, Universidad de Friburgo.
- BUXEDA, J. (1999): "Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics: The Perturbation Problem", *Journal of Archaeological Science*, 26, 295-313.
- BUXEDA, J., CAU, M.A. y KILIKOGLU, V. (2003): "Chemical variability in clays and pottery from a traditional cooking pot production village: testing assumptions in Peruelua", *Archaeometry*, 45, 1-17.
- BUXEDA, J., KILIKOGLU, V. y DAY, P.M., (2001): "Chemical and mineralogical alteration of ceramics from a Late Bronze Age kiln at Kommos, Crete: the effect on the formation of a reference group", *Archaeometry*, 43, 349-371.
- CAU, M.A. (2003): *Cerámica tardorromana de cocina de las islas Baleares: Estudio Arqueométrico*, BAR International Series 1182, Oxford.
- CUOMO DI CAPRIO, N. (2007): *Ceramica in archeologia 2. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*, «L'Erma» di Bretschneider, Roma.
- DAHÍ, S. (2007): "Un contexto cerámico de la Antigüedad Tardía: el yacimiento de San Pelayo (Aldealengua, Salamanca). Nuevos datos sobre la cronología de las pizarras visigodas", *Pyrenae*, 38, 57-77.
- DAHÍ, S. (2012): *Contextos cerámicos de la Antigüedad Tardía y Alta Edad Media (siglos IV-VIII d.C.) en los asentamientos rurales de la Lusitania Septentrional (Provincia de Salamanca, España)*, BAR International Series 2401, Oxford.
- GIL FLORES, J., GARCÍA JIMÉNEZ, E. y RODRÍGUEZ GÓMEZ, G. (2001): *Cuadernos de Estadística: Análisis Discriminante*, Ed. Hespérides, Salamanca.
- GOMES, C. (1988): *Argilas. O que são e para que servem*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- GURT, J.M. y MARTÍNEZ FERRERAS, V. (2008): "Aportaciones de la arqueometría al conocimiento de las cerámicas arqueológicas. Un ejemplo hispano", en Bernal Casasola, D. y Ribera Lacomba, A. (eds.), *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*, Universidad de Cádiz, Cádiz, 787-806.
- HEIMANN, R.E. (1989): "Assesing the Technology of Ancient Pottery: The Use of Ceramic Phase Diagrams", *Archaeometry*, 3, 123-148.
- HEIMANN, R., MAGGETTI, M. y EINFALT, H.C. (1980): "Zum Verhalten des Eisens beim Brennen eines kalkhaltigen illitischen Tons unter reduzierender Bedingungen", *Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft*, 57, 145-152.
- JUAN TOVAR, L.C. (1997): "Las industrias cerámicas hispanas en el Bajo Imperio. Hacia una sistematización de la Sigillata Hispánica Tardía", en Teja, R. y Pérez, C. (eds.), *Congreso Internacional la Hispania de Teodosio*, vol. 2, Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura, Segovia, 543-568.
- (2000): "La terra sigillata de Quintanilla de la Cueva", en García Guinea, M.A. (ed.), *La villa romana de Quintanilla de la Cueva (Palencia). Memoria de las excavaciones 1979-1981*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 45-122.
- KAZANSKI, M. (1991): "Contribution à l'étude des migrations des Goths à la fin du IV^e siècle et au V^e siècle: le témoignage de l'archéologie", en Périn, P. (ed.), *Gallo-romains, wisigoths et francs en Aquitaine, Septimanie et Espagne, Actes des Journées internationales d'Archéologie mérovingienne, Toulouse, 1985*, Association Française d'Archéologie Mérovingienne, Rouen, 11-25.
- LARRÉN, H., BLANCO, J.F., VILLANUEVA, O., CABALLERO, J., DOMÍNGUEZ, A., NUÑO, J., SANZ, F.J., MARCOS, G.J., MARTÍN, M.A. y MISIEGO, J. (2003): "Ensayo de sistematización de la cerámica tardeoantigua en la Cuenca del Duero", en Caballero, L., Mateos, P. y Retuerce, M. (eds.), *Cerámicas tardorromanas y altomedievales en la Península Ibérica. Ruptura y continuidad (II Simposio de Arqueología. Mérida 2001)*, Anejos de Archivo Español de Arqueología, XXVIII, Madrid, 273-306.
- LEFEVRE, A. y MAHE, N. (2004): "La céramique du haut Moyen Âge en Ile-de-France à travers la fouille des habitat ruraux (VI^e-XI^e siècles). État de la question et perspectives de recherches", *Revue Archéologique de Picardie*, 3-4, 105-149.
- LÓPEZ RODRÍGUEZ J.R. (1985): *Terra sigillata hispánica tardía decorada a molde de la Península Ibérica*, Universidad de Valladolid, Junta de Castilla y León, Universidad de Salamanca, Valladolid.
- MAGGETTI, M., NEURURER, Ch. y RAMSEYER, D. (2011): "Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing", *Applied Clay Science*, 53, 500-508.
- MARITAN, L., NODARI, L., MAZZOLI, A. y RUSSO, U. (2006): "Influence of firing conditions on ceramic products. Experimental study on clay rich in organic matter", *Applied Clay Science*, 31, 1-15.
- MARTÍN POZAS, J.M. (1975): "Análisis cuantitativo de fases cristalinas por DRX", en Saja, J.A. (ed.), *Difracción de muestras policristalinas. Método de Debye-Scherrer*, ICE, Universidad de Valladolid, Valladolid.
- MESTRES, J.S. (2005): "Informe 2: Informe sobre la datación radiocarbónica de la U.E. 26 del yacimiento de El Cuquero (Villanueva del Conde, Salamanca)", en Ariño, E., Barbero, L. y Díaz, P.C., "El yacimiento agrícola de El Cuquero y el modelo de poblamiento en época visigoda en el valle del río Alagón (Salamanca, España)", *Lancia*, 6, 225-231.

- PALANIVEL, R. y MEYVEL, S. (2010): "Microstructural and microanalytical study- (SEM) of archaeological pottery artefacts", *Romanian Journal in Physics*, 55, 333-341.
- PANTÒ, G. (2004): "Ceramiche altomedievali dai nuovi scavi di Torino", en Patitucci Uggeri, S. (ed.), *La ceramica altomedievale in Italia, Atti del V Congresso di Archeologia Medievale (Roma CNR, 26-27, Novembre 2001)*, Quaderni di Archeologia Medievale, VI, Florencia, pp. 37-58.
- PAZ PERALTA, J.Á. (1991): *Cerámica de mesa romana de los siglos III al VI d.C. en la provincia de Zaragoza. (Terra sigillata hispánica tardía, African red slip ware, sigillata gálica tardía y Phocaeen red slip ware)*, Institución Fernando el Católico, Zaragoza.
- (2008): "Las producciones de terra sigillata hispánica tardía", en D. Bernal Casasola, D. y Ribera Lacomba, A. (eds.), *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, Cádiz, 497-539.
- PÉREZ RODRÍGUEZ-ARAGÓN, F. (2009): "El asentamiento de época visigoda de «El Pelambre» (Villaornate, León)", en Quirós, J.A. (ed.), *The archaeology of early medieval villages in Europe*, Universidad del País Vasco Vitoria, 365-374.
- PÉREZ RODRÍGUEZ-ARAGÓN, F. y GÓNZÁLEZ FERNÁNDEZ, M.L. (2009): "XI. El material cerámico de la Antigüedad Tardía de «El Pelambre»", en Góonzález Fernández, M.L. (ed.), *"El Pelambre", Villaornate, León. El Horizonte Cogotas I de la Edad del Bronce y el periodo tardoantiguo en el valle medio del Esla*, Tragsa, León, 321-340.
- PICON, M. (1985): "Un exemple de pollution aux dimensions kilométriques: la fixation du baryum par les céramiques", *Revue d'Archéométrie*, 9, 27-29.
- PRUDENCIO, M.I., SEQUEIRA, M.A., OLIVEIRA, F., DIAS, I. y MARTINS, M., (2006): "Raw material sources for the Roman Bracarense ceramics (NW Iberian Peninsula)", *Clays and Clay Minerals*, 54, 638-649.
- SCHULTZ, L.G. (1964): "Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-Ray and chemical data for the Pierre Shale", *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 391-C, 1-31.
- TITE, M.S. (2008): "Ceramic production, provenance and use. A review", *Archaeometry*, 50, 216-231.
- VELDE, B. y DRUC, I.C. (1999): *Archaeological ceramic materials. Origin and utilization*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- VELRAJ, G., JANAKI, K., MUSTHAFA, A.M. y PALANIVEL R. (2009): "Spectroscopic and porosimetry studies to estimate the firing temperature of some archaeological pottery shreds from India", *Applied Clay Science*, 43, 303-307.
- VIGIL-ESCALERA, A. (2000): "Cabañas de época visigoda: evidencias arqueológicas del sur del Madrid. Tipología, elementos de datación y discusión", *Archivo Español de Arqueología*, 73, 223-252.
- (2003): "Cerámicas tardorromanas y altomedievales de Madrid", en Caballero, L., Mateos, P. y Retuerce, M. (eds.), *Cerámicas tardorromanas y altomedievales en la Península Ibérica. Ruptura y continuidad (II Simposio de Arqueología. Mérida 2001)*, Anejos de Archivo Español de Arqueología, XXVIII, 371-387.
- (2007): "Granjas y aldeas altomedievales al norte de Toledo (450-800 d.C.)", *Archivo Español de Arqueología*, 80, 223-252.
- WAGNER, F.E. y WAGNER, U. (2004): "Mössbauer spectra of clays and ceramics", *Hyperfine Interactions*, 154, 35-82.
- WALPOLE R., MYERS, R., y MYERS, S. (1999): *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*, Ed. Prentice Hall. Ch. 13, México.
- WALTER, V. y BESNUS, Y. (1989): "Un exemple de pollution en phosphore et en manganese de céramiques anciennes", *Revue d'Archéométrie*, 13, 55-64.