

APROXIMACIÓN A LA ALFARERÍA DE ÉPOCA CELTIBÉRICA EN EL SISTEMA IBÉRICO CENTRAL: CARACTERIZACIÓN DE LAS PRODUCCIONES DE LOS ALFARES DE LA PROVINCIA DE TERUEL*

APPROACH TO THE CELTIBERIAN POTTERY IN THE CENTRAL IBERIAN CHAIN: CHARACTERIZATION OF CERAMIC MATERIALS FROM DIFFERENT PRODUCTIONS CENTRES IN THE REGION OF TERUEL

M.^a Esperanza Saiz Carrasco (1) / Francisco Burillo Mozota (2) / Jesús Igea Romera (3) / Pilar Lapuente Mercadal (3) / Josefina Pérez-Arantegui (4) / Javier Fanlo Loras (1)

(1) Centro de Estudios Celtibéricos de Segeda

(2) Dpto. de Prehistoria, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales (Teruel), Universidad Zaragoza

(3) Dpto. de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias (Geológicas), Universidad Zaragoza

(4) Dpto. de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Universidad Zaragoza

RESUMEN: En este trabajo se presentan los resultados del análisis arqueométrico de las producciones cerámicas de época celtibérica de seis alfares ubicados en la provincia de Teruel. En estos talleres, cuya cronología de funcionamiento se centró en los siglos III-II a. C., se fabricaban cerámicas finas a torno de gran calidad, que se agrupan en distintos grupos funcionales. El objeto del estudio se ha centrado en la caracterización de las diferentes pastas cerámicas procedentes de cada alfar desde un punto de vista mineralógico, textural y químico, con el propósito de crear grupos de referencia con entidad propia en cada alfar, así como establecer los procesos tecnológicos empleados en su manufactura. Las muestras fueron analizadas mediante microscopía óptica convencional (MO), difracción de rayos X (DRX), análisis textural por tratamiento digital de imágenes (TDI) y análisis químico mediante espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES). Los resultados obtenidos han permitido discriminar las producciones y establecer el tipo de pasta característico de cada uno de los alfares, independientemente de la morfología de los fragmentos analizados. Además se ha conseguido ampliar el conocimiento sobre los procesos tecnológicos que intervienen en la fabricación de estas cerámicas celtibéricas confirmando la gran estandarización del proceso.

SUMMARY: This work shows the results about archaeometric analysis of pottery productions related with six local Celtiberian production centres from the region of Teruel (Spain). In these potter's workshops dated from the third to the second centuries BC, have been made wheel's pottery grouped in different types of vessels. The main goal of this research is to characterize different ceramic pastes from a mineralogical, textural and chemical point of view, with the purpose to form reference groups from each production centre and to establish the technology of manufacture. The samples have been analysed by means of optical microscopy (OM), X-ray diffraction (XRD), textural analysis by means of an image digitalization system and chemical analyses by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry (ICP-AES). The results derived have allowed to distinguish different ceramic fabrics and to establish the characteristic paste from each ceramic workshop regardless of the shape of the fragments analysed. In addition, we have improved our understanding of the technological processes that were involved in the production of this Celtiberian pottery confirming the use of a standardized process.

PALABRAS CLAVE: Caracterización, cerámica celtibérica, alfares, tecnología de manufactura.

KEY WORDS: Characterization, Celtiberian pottery, production centres, technology of manufacture.

* Este trabajo se desarrolla dentro del proyecto I+D: HAR2008-04118/HIST financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y los fondos FEDER.

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En el ámbito del Sistema Ibérico Central, territorio identificado con la Celtiberia Histórica, se han documentado, hasta el momento, doce alfares de época celtibérica de los cuales la mayoría son yacimientos inéditos (Figura 1). La amplitud del territorio de estudio nos ha permitido marcar diferencias significativas entre distintos talleres, pero a su vez supone una desventaja ya que consideramos que todavía existen grandes vacíos de información, fundamentalmente en lo que se refiere a localización de nuevos alfares.

Precisamente, el identificar las diferencias es lo que nos ha llevado a centrarnos en el estudio de seis de estos alfares ubicados en la provincia de Teruel. Esta investigación se incluye dentro de un proyecto más ambicioso que engloba el estudio del conjunto de los doce centros alfareros celtibéricos. En una investigación previa, se ha establecido la metodología experimental de trabajo para el análisis de estas cerámicas (Saiz *et al.* 2008: 265-276), basada en la integración de varios niveles de información (análisis tipológico y multivariante, estudio de las decoraciones y acabados y caracterización arqueométrica) consiguiendo discriminar producciones cerámicas procedentes de alfares del resto del territorio cuyas características *a priori* parecían muy similares (Igea *et al.* 2008: 44-55).

Por tanto, el objetivo del estudio se ha centrado en la caracterización arqueométrica de las distintas pastas cerámicas muestreadas en cada uno de los alfares desde un punto de vista mineralógico, textural y químico, con el propósito de crear los grupos de referencia de cada alfar, así como establecer los procesos tecnológicos empleados en su manufactura.

De Norte a Sur los yacimientos que han sido objeto del análisis son: Allueva II y Cerrá la Viña I (Allueva), Las Veguillas (Camañas), Las Tejedas (Orihuela del Tremedal) y Los Vicarios y Lavadero-Escobares (Valdecebro) (Figura 1).

Los materiales analizados proceden de los trabajos de prospección microespacial realizados

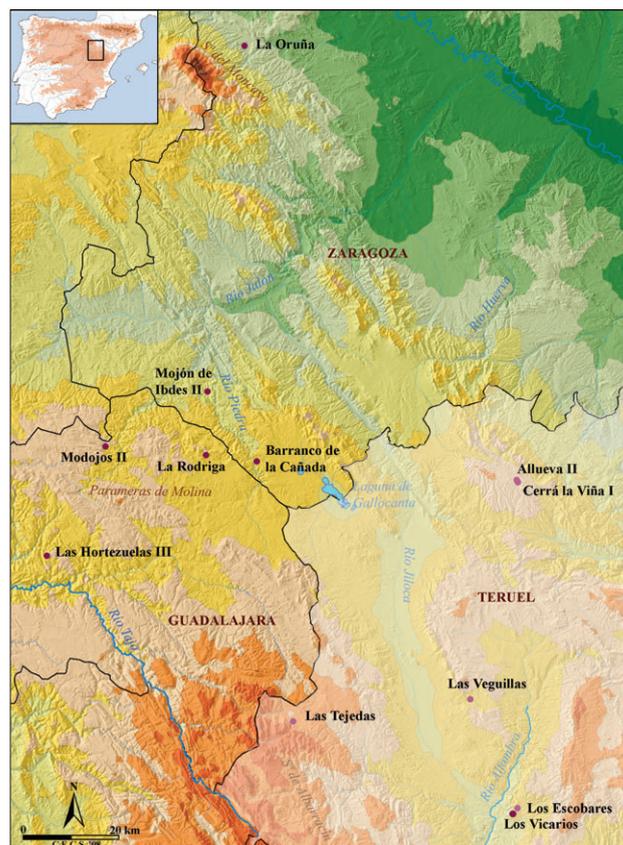


Fig. 1. Mapa de situación de los alfares celtibéricos del Sistema Ibérico. La zona más clara de la figura corresponde a los alfares pertenecientes a la provincia de Teruel.

recientemente en cada uno de estos yacimientos. En estos talleres se fabricaban cerámicas finas a torno de gran calidad, cuya pasta presenta gran semejanza desde el punto de vista macroscópico (color, cocción, tacto e inclusiones).

Las vasijas producidas en estos alfares son similares, estando presentes prácticamente todas las formas representativas del ajuar celtibérico que han sido estudiadas por grupos funcionales clasificados en vajilla de almacenaje/transporte, vajilla de servicio y vajilla de mesa (Figura 2). La decoración empleada es la pintura aplicada directamente sobre la superficie de las vasijas o sobre el engobe, utilizando colores marrón, rojo y negro.

A partir de los materiales de cada alfar se estima una cronología de funcionamiento de estos centros similar, centrada en los siglos III-II a. C., con probable inicio a finales del IV a. C. para el caso de Las Veguillas (Camañas) y perduración hasta el s. I a. C. - I d. C. en Los Vicarios (Valdecebro).

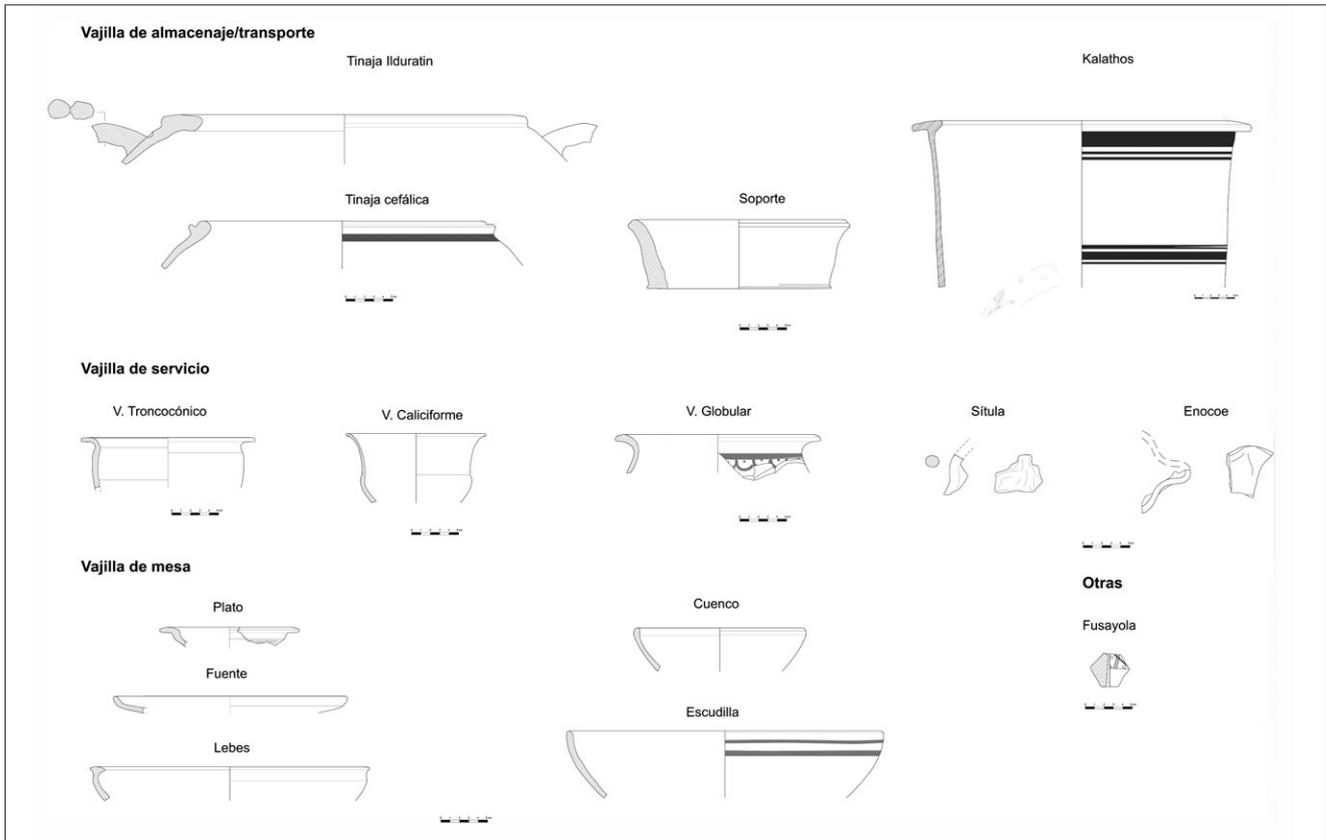


Fig. 2. Formas cerámicas documentadas en los alfares del Sistema Ibérico ubicados en la provincia de Teruel.

II. METODOLOGÍA

De forma previa a la caracterización arqueométrica, se realizó una descripción y clasificación macroscópica de las muestras cerámicas, con objeto de establecer grupos representativos, partiendo de criterios macroscópicos como son color, cocción, dureza, tacto, textura e inclusiones (Perez-Arantegui *et al.* 1996a: 10- 24). Se han analizado un total de 23 muestras en el conjunto de los 6 yacimientos. Las muestras pertenecen a fragmentos de cerámicas elaboradas a torno encontrándose representados los distintos grupos funcionales referidos anteriormente (Tabla 1).

El estudio detallado del color (Tabla 1), se llevó a cabo incluyendo su superficie externa, interna y de la fractura una vez seccionada de cada muestra (parámetros cromáticos CIELAB76 L*, a*, b* y Munsell), con un espectrofotómetro Minolta CM-2600d que opera con luz ultravioleta y condiciones de promedio de tres medidas simultáneas SCE (componente especular excluido) cada 0.5 segundos, observador a 10°, iluminante D65 y un área de medida de 3 mm.

El reconocimiento microscópico de los minerales presentes y de la textura de las pastas cerámicas se ha realizado con un microscopio óptico de polarización, modelo Olympus AX70 con equipo de microfotografía. Las láminas delgadas se elaboraron con direcciones de corte perpendiculares a los bordes de los fragmentos utilizando, además, la tinción mixta con alizarina roja para la distinción de los carbonatos. La caracterización petrográfica permite identificar los granos minerales y fragmentos de roca, que constituyen los desgrasantes del producto cerámico, así como observar las características ópticas de la matriz arcillosa, especialmente su birrefringencia, que denota su estado de cristalinidad o de vitrificación resultado del proceso de cocción (Lapuente *et al.* 1995: 41-54).

De forma complementaria se efectuó el análisis mineralógico mediante difracción de rayos-X (DRX) por el método de polvo convencional, determinándose tanto las fases de la muestra total (en polvo desorientado de muestra tamizada por debajo de 63 µm), como la mineralogía arcillosa (utilizando tres agregados orientados: sin tratamiento

LOCALIZACIÓN YACIMIENTO	MUESTRA	TIPOLOGÍA	COLOR										
			Externo			Interno			Corte				
			L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Munsell	
Camañas Las Veguillas	Ca1	Tinaja	67,7	6,5	22,9	60,1	9,3	23,1	59,8	5	10,3	7,7 YR	5,9/1,9
	Ca2	Tinaja	53,3	21,1	25,7	55,2	20,8	24,4	57,3	15	20,1	3,9 YR	5,6/4,5
	Ca 3	Escudilla	54,4	8,2	19,2	58,7	10,7	24,4	57,8	3,6	12,4	0,5 Y	5,7/1,9
Allueva Cerrá La Viña I	AICV-1	Tinaja	57,5	23,6	31,6	57,8	26	35	58	23,5	28,7	3,0 YR	5,7/6,7
	AICV-2	Vasija globular	65,7	15,7	30,5	64,9	16,8	32,3	63,1	13,5	24,8	6,4 YR	6,2/4,8
	AICV-3	Tinaja	64	11,6	28,9	63,3	12,7	28,8	52,9	14,1	33	8,4 YR	5,2/5,7
Allueva Allueva II	All-1	Tinaja	57	20,6	26,5	56,4	24,7	29,1	55,1	22,5	27,1	2,9 YR	5,4/6,3
	All-2	Indeterminado	64,6	9,3	22,1	62,1	11,3	22	61,8	10,9	22,2	7,4 YR	6,1/4,1
	All-3	Cuenco	63,5	15,3	30,3	61,4	15,1	29,7	62,6	13,5	24,7	6,5 YR	6,2/4,8
Valdecebro Vicarios	VaVI-1	Tapadera	66,7	8,3	21,7	70,4	8,6	22,9	61	11,3	22	7,2 YR	6,0/4,1
	VaVI-2	Tinaja	66,5	12	28	54,6	19,4	26,4	56,2	16,9	22,5	3,9 YR	5,5/5,0
	VaVI-3	Indeterminado	57,8	14,8	25	60	15,5	24,3	57,4	13,1	21,1	5,5 YR	5,7/4,3
	VaVII-1	Soposte	61,3	15,9	30	60,5	16,5	28	50,9	11,9	17	4,8 YR	5,0/3,6
	VaVII-2	Vasija	63,8	6,9	20,1	60,6	13,3	22,2	58,7	18,7	23,8	3,4 YR	5,8/5,4
Valdecebro Lavadero-Escobares	VaVII-3	Tinaja globular	63,6	13,3	27,3	61,9	12,4	25,4	57,2	3,6	11,3	0,1 Y	5,6/1,8
	VaLa-1	Tinaja	57	23,7	29,8	58	23,4	29,6	53,1	20,6	24,9	3,0 YR	5,2/5,8
	VaLa-2	Tinaja	64,3	11,7	20,9	58,6	12	20,2	59	10,3	19,3	7,0 YR	5,8/3,7
	VaLa-3	Indeterminado	72,3	9,8	24,4	72	9,7	24,1	68,6	9,2	21	8,0 YR	6,8/3,7
	VaEs-1	Vasija globular	59,7	18,8	22,9	56,7	22,3	28	57,2	15,6	20,7	3,9 YR	5,6/4,6
	VaEs-2	Tinaja	71,8	6,6	18,8	59,7	23,9	31,3	58,9	18,5	24,7	3,8 YR	5,8/5,5
Orihuela Las Tejadas	VaEs-3	Vaso caliciforme	61,2	14,3	25,3	61,7	14,4	25,2	54,6	12,1	19,4	5,7 YR	5,4/3,9
	OTTe-1	Vasija globular	55,4	23,9	34	55	23,6	33,7	57,8	18,9	28,6	4,7 YR	5,7/5,9
	OTTe-2	Tinaja	53,9	18,1	28,1	55,4	17,7	27,6	50,4	14,6	24,2	5,9 YR	5,0/4,7
	OTTe-3	Indeterminado	53,3	21	24,7	56,4	19	24,9	59	17,9	23,3	3,6 YR	5,8/5,3

Tabla 1. Características de las muestras seleccionadas para los análisis y medida del color.

previo, con calentamiento a 550^o C durante 2 horas y con impregnación de etilenglicol por contacto durante 12 horas). La preparación del agregado orientado incluye la extracción de la fracción arcilla (<2 μm) mediante agitación mecánica por vía húmeda, decantación y el depósito de una parte de la suspensión resultante sobre una placa de vidrio.

Los registros difractométricos se obtuvieron en un equipo Bruker D5005, trabajando a 40 Kv, 30 mA, utilizando radiación de Cu Kα con monocromador primario, con ventanas fijas de 1^o, 1^o, 1^o, 0.15^o y 0.15^o, en barridos continuos con paso angular de 0.04^o (2θ) y 4 segundos de tiempo de conteo. El difractor utilizado opera bajo el sistema Difracc-Plus, que incluye asimismo el software de tratamiento de datos Eva-Plus basado en el método de las intensidades de referencia con op-

ciones de búsqueda en la base de datos ICDD.

El análisis mediante DRX permite tanto la detección de la asociación mineralógica primaria presente en las muestras, como de las fases de neoformación, producto del proceso de cocción. Además, de la información combinada entre las observaciones petrográficas y las fases cristalinas detectadas por DRX, pueden concretarse aspectos sobre las condiciones de fabricación de las pastas cerámicas (Jordan *et al.* 1999: 225-234); fundamentalmente estimar su temperatura de cocción y como criterio de validación de las posibles fuentes de materia prima utilizadas en la elaboración de las piezas.

El análisis textural se completó con el tratamiento digital de microfotografías representativas de las pastas, en condiciones de luz polarizada

plana y cruzada. Estas imágenes fueron tratadas con el software informático de análisis Adimag 1.2., que permite realizar la transformación de una primera imagen mediante la aplicación de una serie de parámetros (obtención de máscaras, segmentación, cribado, etc.), hasta obtener la imagen final a partir de la cual se realizan los análisis morfométricos. Los valores obtenidos se recogieron en una hoja de cálculo, para su tratamiento y representación gráfica.

El uso de esta técnica permite discriminar las pastas de cada centro de producción, a través de la diferenciación de sus características texturales (Lapuente *et al.* 1999: 1835-1846) y su aplicación es de gran utilidad cuando dichas producciones presentan características composicionales similares, como son las pertenecientes a los alfares celtibéricos ubicados en el territorio del Sistema Ibérico Central (Igea *et al.* 2008:44-55). Para ello, se eligió como prototipo de cada alfar, la pasta más representativa por su abundancia. Cuando en un mismo centro se observaron mediante microscopía óptica texturas muy distintas, se realizó el tratamiento en varias muestras.

Por último el análisis químico de las pastas se llevó a cabo mediante Espectrometría de emisión atómica con Plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES), con el instrumento Thermo Elemental Iris Intrepid Radial Spectrometer.

Previamente, se tomó una pequeña parte del interior de la pieza cerámica eliminando la capa superficial con una broca con cabeza de diamante y cortando la muestra con sierra de diamante para la posterior trituración del fragmento en mortero de ágata. La disolución se efectuó a partir de 50 mg de cada muestra por ataque ácido en tubo abierto de Teflón. En el procedimiento seguido se añadieron inicialmente 3 mL de HNO₃ (65% w/v) y 2 mL de HCl (32% w/v), calentando hasta sequedad. Posteriormente se añadieron 4 mL de HF (40% w/v), llevándolos de nuevo hasta sequedad y repitiendo este paso tres veces, para finalmente colocar en el tubo 1 mL de HNO₃ y 4 mL de HClO₄ (60% w/v) y calentar durante 1 hora, asegurando así la total disolución del residuo (Pérez-Arantegui *et al.*: 1996b). Una vez que las muestras estuvieron di-

sueltas, se llevaron a un volumen final de 50 mL. En cada una de las disoluciones se determinaron los siguientes elementos: aluminio, calcio, magnesio, hierro, potasio, sodio, manganeso, titanio, bario y estroncio, siguiendo la correspondiente calibración mediante patrones analíticos.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de las distintas técnicas analíticas utilizadas han llevado a la distinción de 7 tipos de pastas cerámicas independientemente de su morfología o grupo funcional previamente establecido. En cada uno de los 6 yacimientos se ha determinado las características propias de cada tipo, dando preferencia a la pasta con mayor representación porcentual (**tipo 1** de cada yacimiento).

Respecto a las observaciones al microscopio óptico, el conjunto de las muestras estudiadas presenta inclusiones de litología fundamentalmente silicatada con un tamaño medio de grano que corresponde a la fracción de limo grueso. En todas las pastas, el cuarzo monocristalino es el componente mayoritario de los desgrasantes y todas presentan fases que contienen hierro y minerales opacos con un tamaño de grano muy variable (Figura 3a). Además, las micas tipo moscovita, aunque en distintas proporciones, están presentes en todas las pastas. Por otra parte, los fragmentos de rocas carbonatadas aparecen parcialmente descompuestos a nodulizaciones de cal dependiendo de las condiciones de cocción experimentadas por cada muestra. Se ha observado también la presencia de cristalización de calcita secundaria de aporte externo, tapizando la porosidad en gran parte de las muestras estudiadas.

La matriz tiene una composición arcilloso-mi-cácea con proporciones variables de óxidos de hierro y minerales opacos. Su comportamiento óptico es variable, pero preferentemente anisótropo frente a la luz polarizada. En ocasiones, la difusión del hierro en la matriz puede llegar a enmascarar totalmente su birrefringencia, como ocurre en muestras como AICV-1 o OTTe-3 (Figura 3b). Por otra parte, todas las pastas tienen una porosidad relativamente baja con morfología de vacuolas de desgasificación, ligera-

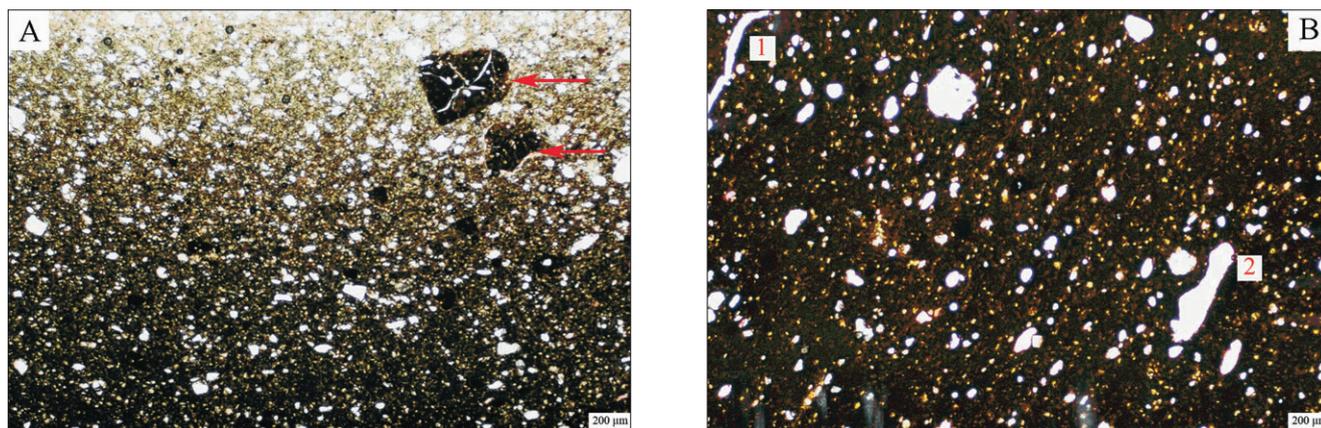


Fig. 3. a) Fragmentos de roca con elevado contenido en óxidos de hierro en la muestra AICV-2. Nícoles paralelos. b) Aspecto de la porosidad de la pieza OTTe-3: 1; porosidad lineal. 2; poro con morfología elongada. Nícoles paralelos.

mente mayores que el tamaño medio de las inclusiones (limo grueso), generalmente redondeadas y en ocasiones alargadas (Figura 3b). En algunas piezas cocidas a mayor temperatura se observa porosidad lineal, paralela a los bordes, generada presumiblemente por contracción en la cocción.

La asociación mineralógica detectada mediante DRX, está formada por cuarzo \pm feldespatos \pm calcita \pm hematites \pm filosilicatos (illita-moscovita) \pm

diópsido \pm gehlenita \pm wollastonita (Tabla 2). La mayor parte de la calcita detectada por DRX se refiere a la fase secundaria precipitada durante el enterramiento mientras que la original, observada bajo el microscopio en forma de grumos o nodulizaciones de reacción, ha sufrido también recarbonatación (Igea *et al.* 2008: 44-55; Leguey *et al.* 2001: 455-459).

En cuanto a las fases de neoformación, producto del proceso de cocción, han sido identifica-

Muestra	Qtz	Fks (Or)	Pl (An)	Cc	Di	Wo	Ge	H	Fil
Ca1	++	-	+++	+	+++	I	+	+	-
Ca2	+++	++	+	++	+	I	-	+++	+
Ca3	+++	-	++	+++	+	I	-	+	-
AICV-1	+++	+	+	+++	+	I	+	++	+
AICV-2	++++	+	+	+	+	I	+	+	+
AICV-3	++	+	++++	+	+	-	+	+	-
All-1	++++	+	+	I	I	I	+	++	+
All-2	++++	+++	+	-	-	-	+	-	+
All-3	+++	+++	+	+	+	-	+	+	+
VaVI-1	+++	+	++	++	+	I	+	+	+
VaVI-2	+++	+	++	++	+	I	+	++	+
VaVI-3	+++	++	+++	+	+	I	+	++	+
VaVII-1	+++	++	++	++	+	I	+	++	+
VaVII-2	+++	+	+++	+	+	-	+	++	+
VaVII-3	+++	++	+++	+	+	I	+	+	+
VaLa-1	+++	++	++	++	+	I	+	+++	+
VaLa-2	+++	++	+	++	+	I	+	+	+
VaEs-1	++	++	++	+++	+	+	++	-	+
VaEs-2	+++	++	+	++	+	I	+	+++	+
VaEs-3	++	++	++	++	++	I	+	+++	+
OTTe-1	++	+	+++	++	+	I	+	++	+
OTTe-2	+++	++	+++	-	+	I	-	++	+
OTTe-3	++	+++	+++	-	+	I	-	++	+

Tabla 2. Resultados de los análisis de DRX. Estimaciones relativas a Qtz = Cuarzo, Fks = Feldespato potásico (ortosa), Pl = Plagioclasa (anortita), Cc = Calcita, Di = Diópsido, W = Wollastonita, Ge = Gehlenita, H = Hematites, Fil = Filosilicatos deshidroxilados. Proporciones relativas: ++++: muy abundante; +++: abundante; ++: medio; +: escaso; I: indicios; -: ausente.

Yacimiento	Muestra	% Limo fino	% Limo grueso	% Arena fina	% Arena media	% Total	% Matriz
Las Veguillas	Ca-2	2.02	6.34	0.17	0.00	8.52	91.48
Allueva II	All-3	3.14	9.35	0.60	0.00	13.09	86.91
Cerrá La Viña	AICV-1	0.80	3.04	0.06	0.00	3.90	96.10
Cerrá La Viña	AICV-2	2.89	12.19	0.21	0.02	15.31	84.69
Los Vicarios	VaVII-3	1.27	6.91	0.35	0.00	8.53	91.47
Lavadero-Escobares	VaEs-3	1.53	6.20	0.23	0.00	7.96	92.04
Las Tejedas	OTTe-3	1.12	6.79	0.47	0.00	8.38	91.62

Tabla 3. Estimación porcentual mediante tratamiento digital de imágenes de las distintas fracciones granulométricas para cada una de las muestras analizadas.

dos como ya hemos indicado anteriormente, algunos minerales progradados tipo diópsido, gehlenita y wollastonita, cuya presencia es frecuente en cerámicas producidas a partir de arcillas ricas en calcio (Peters e Iberg 1978: 503-509; Cultrone *et al.* 2001: 621-634). Sin embargo, hay que señalar que el contenido de estos minerales en las cerámicas que nos ocupan excepto en algunas excepciones, es muy escaso y con un desarrollo muy incipiente.

A partir del análisis textural mediante tratamiento digital de imágenes se ha determinado la superficie ocupada por los desgrasantes midiendo todas las inclusiones que mostraban sus límites bien definidos. La proporción de matriz respecto a la de inclusiones se ha establecido por diferencia de la medida superficial ocupada por los desgrasantes.

La realización del análisis granulométrico se ha llevado a cabo únicamente a partir de una máscara correspondiente al conjunto de inclusiones a diferencia de la investigación realizada en otros alfares celtibéricos del Sistema Ibérico Central donde se empleó una máscara complementaria correspondiente a los componentes opacos (en general fragmentos de rocas ferruginosas) (Igea *et al.* 2008: 44-55).

En la Tabla 3 se recogen los porcentajes de las distintas fracciones granulométricas correspondientes a las muestras características de cada uno de los grupos cerámicos descritos. El análisis

de la distribución granulométrica en cada una de las pastas permite destacar que todas las piezas presentan pastas muy depuradas (>84% de matriz) con un tamaño de grano que varía entre el limo fino (<16µm) y la arena media (250-500 µm), aunque prevalece el tamaño de limo grueso (16 - 62 µm).

En la Figura 4 se han representado las fracciones correspondientes a los distintos tamaños de grano frente al porcentaje acumulativo de inclusiones, para cada una de las muestras seleccionadas. Como puede observarse, las mayores diferencias se deben a la proporción total de inclusiones y se producen entre dos muestras (AICV-1, AICV-2) que pertenecen al mismo yacimiento (Cerrá La Viña, Allueva).

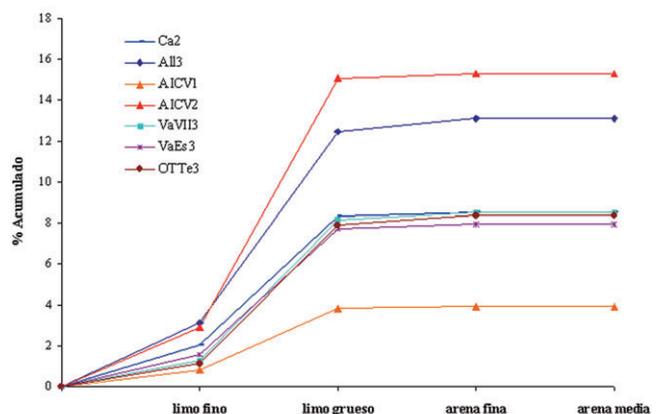


Figura 4. Curvas granulométricas correspondientes a la muestra característica de cada uno de los tipos cerámicos descritos.

Muestra	Na ₂ O (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Ba (ppm)	Sr (ppm)
Ca1	0.30	2.85	19.90	4.58	12.21	0.64	6.72	0.06	487	310
Ca2	0.21	2.43	19.47	4.46	7.30	0.66	6.38	0.07	916	258
Ca3	0.21	2.65	16.08	3.28	14.74	0.55	5.41	0.05	1243	377
AICV1	0.16	0.87	19.90	1.36	12.02	0.76	5.49	0.03	545	175
AICV2	0.14	0.48	17.32	1.09	8.17	0.78	5.40	0.03	497	105
AICV3	0.12	0.36	17.16	1.16	13.22	0.83	5.40	0.03	396	169
AII1	0.10	0.38	13.58	1.27	4.68	0.59	3.72	0.02	423	104
AII2	0.10	0.44	14.16	1.20	6.87	0.53	4.03	0.08	444	159
AII3	0.12	0.43	16.01	1.19	5.57	0.70	4.51	0.02	430	121
VaVI1	0.19	1.85	16.95	3.68	13.84	0.58	5.66	0.04	404	247
VaVI2	0.20	1.78	19.70	4.30	6.61	0.65	6.39	0.05	451	207
VaVI3	0.19	1.82	17.64	4.03	8.51	0.54	5.56	0.05	454	197
VaVII1	0.26	2.03	18.97	4.28	4.57	0.63	6.17	0.05	425	190
VaVII2	0.32	2.03	19.63	4.46	8.45	0.61	6.18	0.04	445	199
VaVII3	0.22	2.02	14.97	3.43	4.65	0.43	4.50	0.03	509	190
VaLa1	0.19	2.11	17.71	3.97	9.45	0.59	5.64	0.04	461	256
VaLa2	0.17	3.92	18.47	4.36	6.17	0.70	6.41	0.06	568	414
VaEs1	0.19	4.82	21.09	4.70	5.99	0.66	6.69	0.04	531	230
VaEs2	0.19	2.10	20.38	4.05	12.85	0.68	7.00	0.06	449	285
VaEs3	0.21	5.96	21.06	4.69	5.01	0.69	6.75	0.04	580	263
OTTe1	0.16	3.71	16.09	6.29	0.47	0.58	7.10	0.1	423	111
OTTe2	0.22	5.67	18.80	7.03	1.28	0.66	6.77	0.08	597	145
OTTe3	0.26	10.85	19.87	3.76	8.37	0.77	6.71	0.07	684	727

Tabla 4. Resultados de los análisis químicos mediante ICP-AES.

Por otra parte, la mayoría de las pastas diferenciadas en cada yacimiento se caracterizan por presentar una gran uniformidad en los valores de los compuestos químicos analizados (Tabla 4). Las mayores variaciones composicionales entre muestras del mismo yacimiento se han obtenido en las muestras de Camañas (Ca-) y Orihuela del Tremedal (OTTe-).

IV. DISCURSIÓN

A continuación se discuten las principales características de cada centro de producción.

Allueva II, Allueva (Teruel)

El conjunto de las cerámicas de este yacimiento muestra un comportamiento birrefringente frente a la luz polarizada. Básicamente, sus características granulométricas y composicionales simila-

res han llevado a considerar un único tipo de pasta formado por las 3 muestras analizadas (**tipo 1**).

Las inclusiones presentan un tamaño de grano uniforme, mayoritariamente de limo grueso (con un tamaño medio en torno a las 26 µm) y cuya proporción varía entre el 13 y el 15%. El diámetro máximo del desgrasante no supera las 500 µm. La composición es mayoritariamente cuarcítica y de forma minoritaria podemos encontrar fragmentos de rocas cuarcíticas, silexíticas y carbonatadas, no habiéndose detectado líticos areníticos.

Los análisis químicos reflejan una gran uniformidad respecto a las muestras analizadas, no solo entre los fragmentos cerámicos de este yacimiento sino también con los del yacimiento de Cerrá La Viña I, que se encuentra ubicado también en la localidad de Allueva a escasos metros del yacimiento Allueva II.

Cerrá La Viña I, Allueva (Teruel)

Dentro de este yacimiento encontramos al menos 2 tipos distintos de pastas cerámicas diferenciables a partir de sus características petrográficas y granulométricas.

La pasta **tipo 1** incluye la muestra AICV-2 con una representatividad del 40%. Petrográficamente, presenta una matriz arcilloso-micácea con un comportamiento óptico frente a la luz polarizada ligeramente anisótropo. El contenido en desgrasantes es del 15%, con un diámetro medio en torno a 25 μm (fracción limo grueso) y máximo de 500 μm . Dichas inclusiones se componen mayoritariamente de cuarzo y de forma minoritaria feldespatos y fragmentos de rocas cuarcíticas, lutíticas y carbonatadas.

Por otra parte, la pasta tipo 2 incluye los fragmentos AICV-1 y AICV-3 y tiene una representatividad del 28%. A diferencia de la pasta tipo 1, esta pasta se caracteriza por una matriz con comportamiento isótropo frente a la luz polarizada. Además, es característico el contenido en inclusiones mucho menor que en el tipo 1 o que en otras pastas de los demás yacimientos y que no supera el 3%. El tamaño medio de grano corresponde de nuevo a la fracción limo grueso y el diámetro máximo no supera las 300 μm . Respecto a su composición, se distinguen únicamente desgrasantes de composición cuarzo-feldespática. No se han observado fragmentos líticos.

La muestra AICV-3, podría englobarse dentro del **tipo 2**, ya que presenta un desgrasante con unas características composicionales y granulométricas similares a AICV-1, pero está compuesta por una matriz con un grado alto de vitrificación lo que denotaría una mayor temperatura de cocción, hecho verificado a partir de la paragénesis mineral analizada mediante DRX (Tabla 2), con elevados contenidos en minerales de alta temperatura (plagioclasa cálcica, tipo anortita).

Químicamente, ambos tipos de pastas presentan valores muy uniformes en todos los compuestos analizados.

Las Veguillas, Camañas (Teruel)

La producción cerámica de este yacimiento se caracteriza por presentar una clara uniformidad, por lo que se ha considerado un único tipo de pasta formado por las 3 piezas estudiadas (**tipo 1**). La matriz arcilloso-micácea de la muestra Ca-2 mantiene un comportamiento ligeramente anisótropo frente a la luz polarizada mientras que en los fragmentos Ca-1 y Ca-3 el comportamiento es isótropo. Además, la matriz de la muestra Ca-2 contiene un elevado porcentaje en óxidos de hierro-opacos presentando un color rojizo que se corrobora con un alto porcentaje de hematites analizado mediante DRX (Tabla 2).

Las inclusiones presentan un tamaño de grano muy uniforme con un tamaño medio en torno a las 25 μm , que correspondería a limo grueso y cuya proporción varía entre el 9-10%. El diámetro máximo varía de unas muestras a otras pero no supera las 600 μm . Su composición es fundamentalmente cuarcítica y en cantidades menores podemos encontrar feldespatos, así como fragmentos de rocas cuarcíticas, silexíticas y carbonatadas. Por otra parte los fragmentos Ca-1 y Ca-3 presentan además fragmentos líticos areníticos.

Químicamente tanto Ca-1 como Ca-2 muestran un patrón analítico similar y difieren de Ca-3 que presenta una mayor proporción relativa en fases fundamentalmente de Al_2O_3 , Fe_2O_3 y K_2O y un contenido mayor en Ba (Tabla 4).

Las Tejadas, Orihuela del Tremedal (Teruel)

La producción cerámica estudiada en este yacimiento presenta una matriz arcilloso-micácea con un comportamiento ligeramente birrefringente frente a la luz polarizada. Los 3 fragmentos analizados comparten unas características petrográficas y granulométricas similares por lo que podría diferenciarse un único tipo de pasta (**tipo 1**), aunque químicamente presentan ligeras variaciones en algunos compuestos como detallaremos a continuación.

El conjunto de las inclusiones presenta un tamaño medio de grano que corresponde a la fracción limo grueso (30 μm) y un diámetro máximo que no supera las 750 μm , con un porcentaje en desgrasantes variable entre un 7 y un 10%.

Respecto a la naturaleza de las inclusiones, se han distinguido cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas fundamentalmente cuarcíticas y areníticas aunque también carbonatadas. Es destacable en este tipo de pasta, la abundancia de los fragmentos líticos silicatados, llegando a ser similar en proporción a las inclusiones de cuarzo. Además, este tipo de inclusiones presentan los mayores tamaños de grano.

Químicamente existen variaciones destacables entre las diferentes muestras del yacimiento. Mientras los fragmentos *OTTe-1* y *OTTe-2* muestran un patrón analítico similar, la muestra *OTTe-3* presenta un alto contenido en compuestos de MgO y CaO y bajo en K₂O respecto a éstas (Tabla 4).

Los Vicarios, Valdecebro (Teruel)

El conjunto de las 6 muestras cerámicas estudiadas en este alfar se caracteriza por presentar una matriz de composición arcilloso-micácea con un comportamiento anisótropo frente a la luz polarizada. Todos los fragmentos de este yacimiento se han sintetizado en un único tipo de pasta porque presentan en líneas generales unas características petrográficas y composicionales similares aunque con ligeras variaciones granulométricas (**tipo 1**).

La litología de las inclusiones es semejante en todas las muestras con altos contenidos en cuarzo, seguido de feldespatos y fragmentos de rocas cuarcíticas y silexíticas y en menor medida carbonatadas. Es característico en este yacimiento respecto a los anteriormente descritos, la presencia de fragmentos de rocas areníticas presentando los mayores tamaños de grano. Por otra parte, el contenido en desgrasantes es variable de unas muestras a otras entre un 9 y un 20% siendo destacable que el diámetro medio (30 μm) que correspondería a un tamaño de grano de limo grueso

y el diámetro máximo de las inclusiones, son los más altos de las pastas hasta ahora citadas llegando alcanzar este último las 800 μm .

Lavadero-Escobares, Valdecebro (Teruel)

La producción cerámica de este alfar se compone de un conjunto de 5 muestras que presentan una matriz de composición arcilloso-micácea y comportamiento óptico frente a la luz polarizada variable, desde ligeramente anisótropo a isótropo. Se ha distinguido un único tipo de pasta representado por las 5 muestras estudiadas ya que comparten unas características bastante uniformes (**tipo 1**).

El conjunto de las inclusiones presenta un tamaño de grano uniforme, mayoritariamente de limo grueso (con un tamaño medio en torno a las 27 μm) y cuya proporción no supera el 10%. El diámetro máximo del desgrasante alcanza las 800 μm . Al igual que en el yacimiento anterior, la composición de las inclusiones es fundamentalmente cuarzo-feldespática junto con fragmentos de rocas cuarcíticas y carbonatadas y líticos areníticos presentando los mayores tamaños de grano. No se han observado fragmentos de rocas silexíticas.

La mayor parte de los fragmentos cerámicos analizados que proceden de los yacimientos pertenecientes a la localidad de Valdecebro (tanto *Los Vicarios* como *Lavadero-Escobares*), se caracterizan por presentar una matriz con un contenido elevado en óxidos de hierro-opacos por lo que muestran un color rojizo intenso, que se corrobora con un alto porcentaje de hematites analizado mediante DRX (Tabla 2). Además, presentan unos resultados respecto al análisis químico muy uniformes por lo que tienden a agruparse composicionalmente.

V. CONCLUSIONES

El estudio arqueométrico realizado mediante la utilización de distintas técnicas analíticas, ha permitido la caracterización y discriminación de las distintas producciones cerámicas. Los resultados obtenidos han llevado a la

distinción de 7 tipos de pastas cerámicas en los que se distingue una tecnología de producción especializada. Estos resultados corroboran la validez del planteamiento metodológico desarrollado en la investigación de otros alfares celtibéricos ubicados en el Sistema Ibérico Central (Igea *et al.* 2008: 44-55).

Por tanto, la estandarización del proceso de producción sería común a los doce centros celtibéricos. En este caso, se empleó una materia prima arcillosa illítico-moscovítica en la elaboración de las piezas, con proporciones variables de carbonatos y minerales de hierro.

La información combinada del estudio petrográfico y el análisis textural mediante tratamiento digital de imágenes evidencia que en estas pastas al igual que en las cerámicas procedentes de los otros centros ya analizados, no existe adición intencionada de desgrasantes. Más bien se produciría un machaqueo intencionado del sedimento para una correcta homogeneización de la materia prima, previo a un proceso de decantación de las arcillas. En el yacimiento de Cerrá La Viña

las diferencias granulométricas entre los dos tipos de pastas establecidos, podrían obedecer a la distinta manipulación de los barros de una misma materia prima.

Por otra parte, el estudio mineralógico revela unas condiciones de cocción con atmósfera oxidante que serían comunes a todas las pastas analizadas. Respecto a la temperatura de cocción, la formación incipiente de minerales progradados en la mayoría de las muestras indicaría una temperatura de cocción al menos superior de 800°C. En los yacimientos de Allueva II, Las Tejedas y Los Vicarios la detección complementaria de fases deshidroxiladas de filosilicatos (illita-moscovita) mediante DRX unido a las características birrefringentes de la matriz de las pastas, denotaría una temperatura de cocción que no superó los 950°C. Únicamente en los yacimientos de Las Veguillas (Ca-1, Ca-3) y Cerrá La Viña (AICV-3), se han reconocido pastas minoritarias que podrían haber superado este umbral de temperatura, o habrían estado expuestas a un mayor tiempo de cocción, e incluso para la muestra AICV-3 se ha evidenciado un proceso de sobrecocción.

BIBLIOGRAFÍA

- CULTRONE, G.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, C.; SEBASTIÁN, E.; CAZALLA, O. y DE LA TORRE, M. J. 2001: "Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing". *European Journal of Mineralogy* 13: 621-634.
- IGEA, J.; LAPUENTE, P.; SAIZ, M.E.; BURILLO, F.; BASTIDA, J. y PÉREZ-ARANTEGUI, J. 2008: "Estudio arqueométrico de cerámicas procedentes de cinco alfares celtibéricos del Sistema Ibérico Central". *Boletín de la Sociedad Española de cerámica y vidrio* 47 (1): 44-55.
- JORDAN, M. M.; BOIX, A.; SANFELIU, T. y DE LA FUENTE, C. 1999: "Firing transformation of Cretaceous clays used in the manufacturing of ceramic tiles". *Applied Clay Science* 14: 225-234.
- LAPUENTE, P.; RAMÍREZ, M.P. y CLARK, P. 1995: "Caracterización de ladrillos de Monumentos Mudéjares en Calatayud, Zaragoza. Composición mineralógica y datación por termoluminiscencia". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 18: 41-54.
- LAPUENTE, P. y PÉREZ-ARANTEGUI, J. 1999: "Characterization and technology from studies of clay bodies of local islamic production in Zaragoza (Spain)". *Journal of European Ceramic Society* 19: 1835-1846.
- LEGUEY, S.; CARRETERO, M. I.; FABBRI, B. y GALÁN, E. 2001 "Caracterización mineralógica y química de los ladrillos de la Torre del Oro de Sevilla: una aproximación a la temperatura de cocción y origen de las materias primas". *Boletín de la Sociedad Española de cerámica y vidrio* 40: 455-459.
- PÉREZ ARANTEGUI, J.; AGUAROD, C.; LAPUENTE, M.P.; FELIÚ, M.J. y PERNOT, M. 1996a: "Arqueometría y caracterización de materiales arqueológicos". *Cuadernos del Instituto Aragonés de Arqueología IV* (10-24) SAET. Teruel.
- PÉREZ ARANTEGUI, J.; URUÑUELA, M. I. y CASTILLO, J. R. 1996b: "Roman Glazed Ceramics in the Western Mediterranean: Chemical characterization by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry of ceramic bodies". *Journal of Archaeological Science* 23 (6): 903-914.
- PETERS, T. y IBERG, R. 1978: "Mineralogical changes during firing of calcium rich brick clays". *American Ceramic Society Bulletin* 57: 503-509.
- SAIZ, M.E.; BURILLO, F.; IGEA, J.; LAPUENTE, P. y PÉREZ-ARANTEGUI, J. 2008: "Caracterización de los materiales cerámicos de alfares de época celtibérica del Sistema Ibérico Central". *Actas del VII Congreso Ibérico de Arqueometría* (Madrid, 2007): 265-276.