

# Producciones de cerámica Celtibérica procedentes del sistema Ibérico Central (España): Caracterización química y petrográfica

J. IGEA<sup>1</sup>, J. PÉREZ-ARANTEGUI<sup>2</sup>, P. LAPUENTE<sup>1</sup>, M. E. SAIZ<sup>3</sup>, F. BURILLO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.  
e-mail: jesigea@unizar.es

<sup>2</sup>Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

<sup>3</sup>Centro de Estudios Celtibéricos de Segeda. Mara (Zaragoza).

<sup>4</sup>Departamento de Prehistoria. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales (Teruel).

En el marco de un extenso programa de investigación arqueométrica de la producción de centros alfareros celtibéricos, ubicados en el Sistema Ibérico Central, se ha avanzado en el estudio de dos de estos alfares: *La Rodrigo* (Guadalajara) y *Allueva II* (Teruel). Se han analizado cuarenta y cuatro muestras representativas de distintos tipos de cerámicas de ambos talleres, cuya cronología de funcionamiento se centró entre los siglos III-II a. C. La caracterización se ha dirigido al análisis químico mediante Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS), realizando un tratamiento estadístico multivariante para diferenciar entre los materiales cerámicos y discriminar distintos grupos compositivos en cada centro alfarero. El estudio se ha completado con la caracterización petrográfica, observaciones texturales, medición del color de las cerámicas y el análisis mineralógico por DRX. A partir de las variaciones compositivas identificadas en sus elementos mayoritarios, minoritarios y trazas, se han establecido dos subgrupos para *La Rodrigo*, discriminados frente al grupo constituido por las cerámicas de *Allueva II*. Estas variaciones son concordantes con las características petrográficas de las fábricas cerámicas y la composición mineralógica de las piezas. Los resultados obtenidos han permitido completar la investigación arqueométrica inicial y servirán de base para el estudio de las influencias culturales y comerciales en este importante territorio de la Celtiberia.

*Palabras clave:* Cerámica celtibérica; Alfares; Fábricas cerámicas; Arqueometría; Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo; Química; Petrografía cerámica.

## Celtiberian ceramic productions from the Central Iberian range (Spain): Chemical and petrographic characterization

As part of an extended program on archaeometric research of the Celtiberian production centres situated along the Central Iberian Range, ceramic fragments of different vessel types from two selected Celtiberian workshops were analyzed: *La Rodrigo* (Guadalajara, Spain) and *Allueva II* (Teruel, Spain), dated from the 3<sup>rd</sup> to the 2<sup>nd</sup> centuries BC. The characterization was focused on the chemical analysis by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), and subjected to commonly-used multivariate statistical methods to distinguish between ceramic materials and to discriminate among different compositional groups in each production centre. The analysis was completed by performing petrographic characterization, textural observations, colour measurement and mineralogical analysis of the pieces by means of XRD. The compositional variations from major, minor and trace elements allowed to establish two subgroups in *La Rodrigo* and one ceramic group in *Allueva II*. The chemical composition differences were confirmed by the petrographic characteristics and the mineralogical composition of the ceramic fabrics. These results enabled us to complete the preliminary archaeometric study in order to improve the knowledge on cultural and commercial influences in this important Celtiberian territory.

*Keywords:* Celtiberian ceramic; Production centres; Ceramic fabrics; Archaeometry; Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry; Chemistry; Ceramic petrography.

## 1. INTRODUCCIÓN

El territorio identificado como Celtiberia ha sido definido a partir de la información de las fuentes clásicas y de la investigación arqueológica. Los historiadores coinciden en localizar la Celtiberia en una región interior de la Península Ibérica, el Sistema Ibérico Central y su límite montañoso con las cuencas sedimentarias del Ebro, Duero y Tajo (Figura 1A). La cultura celtibérica responde a una definición realizada desde fuera del grupo definido como tal, una creación

histórica con la que se ha dado identidad y agrupado a un amplio conjunto de ciudades estado que desde finales del siglo III a. C. ocuparon este territorio, estableciéndose como el grupo étnico más influyente de la Iberia prerromana (1-2).

Uno de los elementos más significativos de la cultura material de los celtiberos es la cerámica. Desde los comienzos de las excavaciones en la ciudad de Numancia a principios del siglo XX, se han venido identificando las

diversas variedades de cerámica celtibérica con el conjunto de materiales hallados en este yacimiento, prestando una especial atención al marcado simbolismo presente en sus decoraciones. Esta perspectiva ha provocado que los investigadores dejasen de lado el estudio de otras producciones celtibéricas, como las cerámicas a torno sin decoración, surgiendo con el tiempo dos problemas principales: la falta de sistematización de una tipología para la cerámica celtibérica y el desconocimiento de los centros de producción, su organización interna y todo lo relativo a los procesos que intervienen en su manufactura (3).

Hasta ahora, la aproximación a las producciones de cerámica celtibérica partía del estudio combinado de las fábricas, sus acabados y decoraciones y las formas en los yacimientos receptores de estos productos. Sin embargo, el descubrimiento paulatino de nuevos alfares de cerámica de esta época, acompañado de su progresivo estudio en las últimas décadas, ha permitido tomar conciencia de la riqueza y variedad de productos y, a pesar de la estandarización de los procesos que intervienen en su producción, se ha visto la necesidad de ahondar en el conocimiento de las pautas de diferenciación de las producciones de cada alfar.

A este cambio de enfoque ha contribuido especialmente el contar con un mayor conocimiento de su tecnología de elaboración, a partir de la caracterización arqueométrica de sus fábricas cerámicas. En este sentido, son pioneros los estudios aplicados a la cerámica celtibérica de Numancia y de otros yacimientos del Alto Duero (4-5), que se complementan con los resultados obtenidos en otros trabajos sobre cerámica celtibérica elaborada en regiones próximas como Burgos o La Rioja (6-7).

El presente estudio se incluye dentro de un proyecto de carácter global, en el que se contempla la producción cerámica de un conjunto de doce centros alfareros celtibéricos ubicados en la región denominada "Rama Aragonesa del Sistema Ibérico Central". En estos talleres, cuya cronología de funcionamiento se centró en los siglos III-II a. C., con un probable inicio a finales del siglo IV a. C., se elaboraron cerámicas finas a torno de gran calidad, con una tipología homogénea que puede clasificarse en distintos grupos funcionales: vajilla de almacenaje/transporte, vajilla de servicio y vajilla de mesa.

En investigaciones previas, se estableció la metodología experimental de trabajo para el análisis de estas cerámicas (8), basada en la integración de varios niveles de información (análisis tipológico y multivariante, estudio de las decoraciones y acabados, junto con el estudio arqueométrico preliminar a partir de análisis mineralógicos, texturales y químicos). Su aplicación sistemática proporcionó no solamente su caracterización sino también la discriminación de distintas fábricas cerámicas, en cada uno de los centros de producción, cuyas características a priori parecían muy similares (9, 10). Igualmente, estos resultados suministraron aspectos de gran interés acerca de las características de las materias primas y los procesos empleados en su manufactura. Algunas de las conclusiones más relevantes obtenidas en estos trabajos previos se concretan en la constatación del uso de una materia prima arcillosa illítico-moscovítica, sin descartar la naturaleza caolínica para algunas producciones, la homogeneización del tamaño de partícula del sedimento arcilloso y su decantación, la no adición intencionada de desgrasantes, así como aspectos interpretativos como son la inexistente relación entre el tipo de pasta utilizado y la función específica de las vasijas (mesa, servicio o almacenaje) o las condiciones de cocción. A pesar de su aparente estandarización, es indudable que la materia prima utilizada, está relacionada con los sedimentos arcillosos que afloran en el entorno de cada yacimiento. Es por ello que el estudio químico detallado de las fábricas cerámicas de cada alfar pretende establecer pautas de discriminación entre los distintos alfares, aspectos que ya se entrevieron en el estudio arqueométrico inicial, basado en tres muestras de cada uno de los doce centros de producción.

## 2. OBJETIVOS

Este trabajo se centra en la caracterización química de las producciones cerámicas correspondientes a dos de estos centros celtibéricos de idéntica cronología: *La Rodrigo*, yacimiento perteneciente a la localidad de Fuentelsaz (Guadalajara) y *Allueva II*, situado en el municipio turolense de igual nombre (Figura 1B). Aunque mediante prospección superficial del terreno se distinguen elementos suficientes para asegurar la presencia de hornos cerámicos en estos talleres, se desconoce cuál sería la tipología de estas estructuras y la capacidad

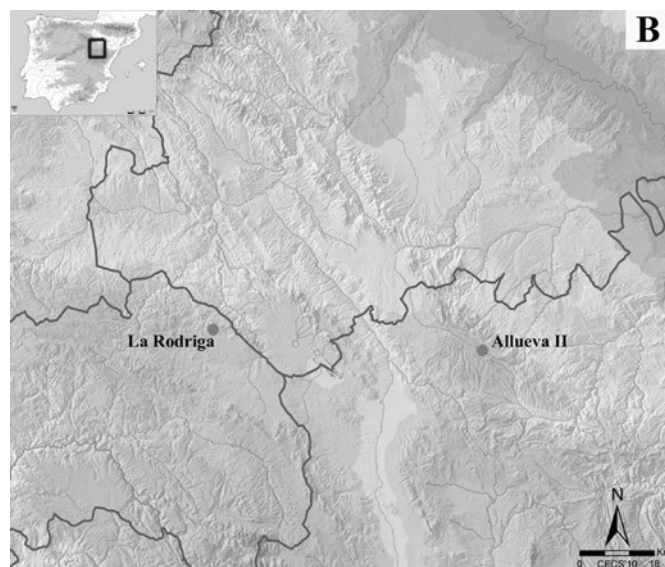


Figura 1. A) Territorio histórico de la Celtiberia. B) Situación geográfica de los yacimientos celtibéricos investigados.

de producción de cada uno de los hornos. Tampoco se ha podido identificar en superficie otro tipo de estructuras relacionadas con las distintas fases del trabajo alfarero, como los almacenes, obrador, etc., aunque para el caso de *La Rodrigo* parecen reconocerse (11). El estudio comparativo de las producciones cerámicas en estos dos alfares ayudará a conocer la distribución de sus productos cerámicos, tanto en su entorno como en zonas adyacentes, ya que están situados en zonas geográficas lo suficientemente alejadas para investigar sus ámbitos de influencia. Los principales objetivos que se pretenden alcanzar son: 1) ampliar los resultados obtenidos en trabajos previos de caracterización arqueométrica, mediante la realización del análisis químico en un conjunto más amplio de muestras cerámicas, complementado con el estudio petrográfico-mineralógico; 2) discriminar los grupos que puedan establecerse de fábricas cerámicas con un perfil químico similar y que puedan ser contrastados con los constituidos a partir de distintas técnicas de caracterización; 3) establecer la variabilidad compositiva de las producciones de estos dos centros, con la perspectiva de profundizar en el conocimiento de la tecnología de elaboración para, finalmente, con los resultados obtenidos avanzar en el mapa de distribución de las producciones por el territorio celtibérico.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción de las muestras

Los materiales analizados proceden de los trabajos de prospección microespacial realizados en cada uno de los yacimientos. Se han analizado fragmentos cerámicos representativos de los distintos grupos macroscópicos, establecidos previamente en cada yacimiento mediante lupa binocular. Todas ellas pertenecen al grupo de cerámicas finas a torno (Figura 2). Tipológicamente, las vasijas producidas en estos alfares son similares, estando presentes prácticamente todas las formas representativas del ajuar celtibérico referidas anteriormente, aunque se aprecia un predominio de las tinajas sobre el resto de formas cerámicas (12). Entre las muestras analizadas se incluyen también una serie de pellas de barro seleccionadas en cada uno de los yacimientos. Estos materiales elaborados a mano, que incluso llevan impresas huellas dactilares del artesano, presentan fábricas similares a las de las vasijas. Aunque su uso no está claro, se interpretan como artefactos que podrían servir como pruebas de cocción o como elementos de sujeción o separación de las vasijas en el horno. Sea cual fuere su utilidad, su estudio aporta información acerca de la materia prima utilizada en la elaboración cerámica.

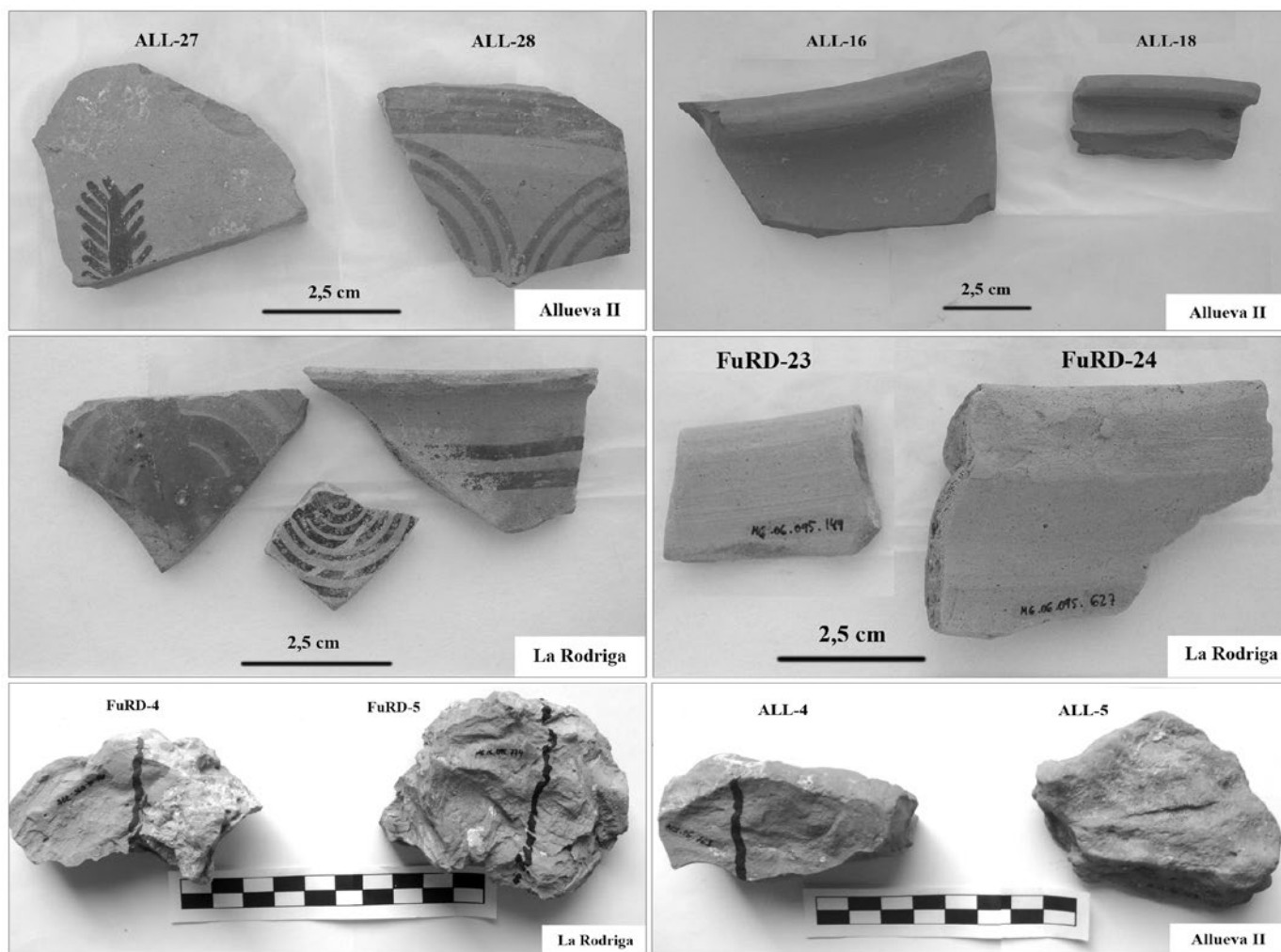


Figura 2. Fragmentos de material cerámico celtibérico procedentes de los alfares estudiados. Arriba: Distintas muestras de *Allueva II*, algunas con decoración en rojo vinoso. Centro: Muestras procedentes de *La Rodrigo*. Se aprecia una mayor variedad cromática en las cerámicas decoradas (tonos marrones y rojos). Abajo: Aspecto de las pellas de barro seleccionadas para el estudio en cada uno de los yacimientos.

La decoración empleada en estas producciones es la pintura aplicada directamente sobre la superficie de las vasijas o sobre el engobe. Es en esta fase final de manipulación de las piezas previa a la cocción, donde se detectan las diferencias visuales más significativas entre los dos alfares estudiados. En *Allueva II* únicamente utilizan decoración en color rojo vinoso, mientras que en *La Rodriga* existe una mayor variedad cromática para decorar las cerámicas (marrón, rojo y negro) e, incluso, se documenta la bicromía (Figura 2). A pesar de esta inicial diferenciación, muchos fragmentos cerámicas carecen de decoración y otros la muestran alterada con el consiguiente problema de reconocimiento visual, aspectos ambos que obligan a realizar el análisis para garantizar su identificación.

### 3.2. Metodología analítica

El análisis químico mediante Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS) se llevó a cabo en un conjunto de 22 fragmentos cerámicos de cada yacimiento. Se extrajeron las muestras en forma de polvo de una sección reciente y limpia de cada una de las cerámicas mediante un micro-taladro con punta de diamante. Antes de realizar las medidas, las muestras (100 mg) ya en forma de polvo se sometieron a una fusión alcalina para preparar las disoluciones siguiendo el método propuesto por García de Madinabeitia *et al.* (13). La determinación por ICP-MS se realizó en un espectrómetro Thermo XSeries 2, equipado con celda de colisión. Se determinaron de forma cuantitativa un total de 41 elementos que fueran mayoritarios, minoritarios o trazas: Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, Th, U, Sc. Los resultados cuantitativos se trataron estadísticamente mediante análisis de componentes principales y análisis de agrupamientos jerárquicos (método de Ward) usando el programa IBM SPSS Statistics v.19. Previamente las variables se habían normalizado dividiendo los datos por la desviación estándar para evitar valores de varianza dispares. De los 41 elementos determinados en el análisis, se excluyeron en el tratamiento estadístico aquéllos que no superaban el límite de detección (P, Sc) y aquéllos cuyo contenido pudiera haber sido modificado durante la toma de muestra (V, Cr, Co, Ni, Zn).

Para la caracterización petrográfico-mineralógica se utilizó un microscopio óptico de polarización, modelo Olympus AX70 con equipo de microfotografía. Las determinaciones se realizaron con luz transmitida y nícoles paralelos o cruzados. Las láminas delgadas se elaboraron con direcciones de corte perpendiculares a los bordes de los fragmentos, aplicando además, la tinción mixta con alizarina roja para la distinción de carbonatos. De forma complementaria, se efectuó el análisis mineralógico mediante difracción de rayos X (DRX) por el método del polvo cristalino desorientado, determinándose las fases mineralógicas de la muestra total previamente reducida a polvo, empleando un mortero de ágata y tamizando por debajo de 63  $\mu\text{m}$ . Los registros difractométricos se obtuvieron con un equipo Bruker D5005, trabajando a 40 kV, 30 mA, utilizando radiación de Cu  $K\alpha$  con monocromador primario, con ventanas fijas de  $1^\circ$ ,  $1^\circ$ ,  $1^\circ$ ,  $0,15^\circ$  y  $0,15^\circ$ , en barridos continuos con paso angular de  $0,04^\circ$  ( $2\theta$ ) y 4 segundos de tiempo de conteo. El difractómetro 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 opciones de búsqueda en la base de datos ICDD.

El estudio detallado del color de los fragmentos cerámicos se realizó según parámetros cromáticos CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) y la variable  $C^* [\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}]$  que representa la intensidad del color. El equipo empleado fue un espectrofotómetro Minolta CM-2600d que opera con luz ultravioleta, un estándar de referencia (sulfato de bario) y condiciones de promedio de tres medidas simultáneas SCE (componente especular excluido) cada 0.5 segundos, observador a  $10^\circ$ , iluminante D65 y un área de medida de 3 mm de diámetro. Las medidas se llevaron a cabo en la fractura de la pared una vez seccionada para la elaboración de las láminas delgadas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis químico mediante ICP-MS y tratamiento estadístico

Los resultados obtenidos en el análisis químico de las muestras cerámicas se muestran en la Tabla I (elementos mayoritarios y minoritarios, expresados en % en peso de los óxidos) y en la Tabla II (elementos traza, expresados en  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )

Tras el tratamiento estadístico de los datos (Figuras 3 y 4), los resultados aparecen clasificados en tres agrupamientos por su composición química, teniendo en cuenta tanto los componentes mayoritarios como los minoritarios y traza. Asimismo, en las Tablas III y IV se resumen sus composiciones promedio y su desviación estándar. Las muestras seleccionadas del alfar de *La Rodriga* se reparten en dos subgrupos,  $P_1$  y  $P_2$ , mientras que las de *Allueva II* pueden considerarse todas ellas dentro de un único grupo, ya que los coeficientes de variación relativa para cada elemento en este grupo tienen valores similares o menores a los que se presentan en los otros dos subgrupos.

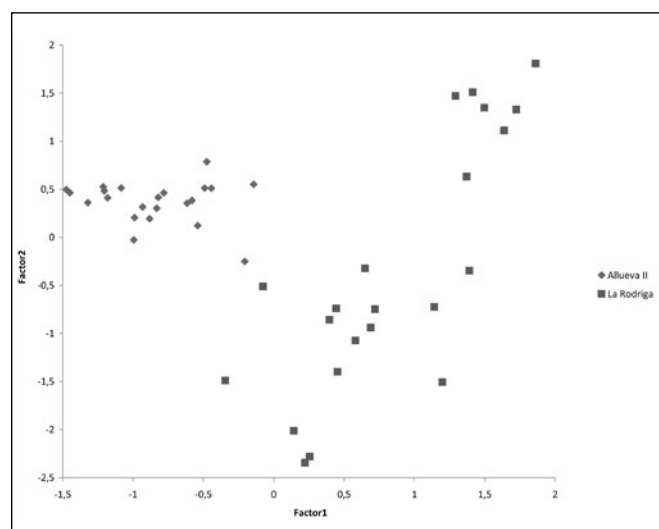


Figura 3. Representación gráfica en el análisis de componentes principales de los datos analíticos de las muestras cerámicas (Factor 2 vs. Factor 1, la varianza total acumulada es de 73,3%).

TABLA I. COMPOSICIÓN QUÍMICA (EXPRESADA EN % EN PESO DE LOS ÓXIDOS) DE LAS MUESTRAS CERÁMICAS: ELEMENTOS MAYORITARIOS Y MINORITARIOS. MDL: MÍNIMO LÍMITE DE DETECCIÓN. LOI: LOSS OF IGNITION; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>T: PROPORCIÓN TOTAL DE HIERRO EN LA MUESTRA EXPRESADA EN FORMA DE ÓXIDO DE HIERRO (III).

Muestra	LOI	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	MnO
ALL-04	7,865	0,137	0,545	18,262	58,446	0,076	0,796	6,367	0,650	6,290	0,038
ALL-05	9,618	0,126	0,464	17,073	58,503	0,045	0,800	6,316	0,628	6,054	0,028
ALL-11	5,300	0,159	0,451	18,306	62,488	0,260	1,095	4,922	0,929	5,386	0,039
ALL-12	6,610	0,138	0,463	17,498	61,161	0,129	1,074	6,781	0,790	4,907	0,025
ALL-13	3,450	0,143	0,531	20,962	61,764	0,130	1,208	3,875	1,086	6,071	0,019
ALL-14	5,200	0,140	0,493	19,716	59,630	0,216	1,052	5,630	1,028	5,891	0,063
ALL-15	2,670	0,142	0,508	19,104	60,189	0,141	1,008	7,880	0,998	5,822	0,030
ALL-16	4,570	0,137	0,499	21,856	61,032	0,136	1,127	2,847	1,045	6,382	0,050
ALL-17	2,530	0,138	0,493	20,822	60,140	0,179	1,072	6,198	0,974	6,021	0,038
ALL-18	3,580	0,138	0,475	19,849	63,123	0,137	1,135	4,424	1,024	5,808	0,030
ALL-19	3,330	0,148	0,467	20,391	63,082	0,129	1,261	3,613	0,999	5,259	0,031
ALL-20	2,140	0,172	0,583	22,900	60,155	0,145	1,153	5,850	1,042	5,575	0,029
ALL-21	1,660	0,159	0,480	20,681	65,673	0,155	1,195	2,928	1,055	5,239	0,025
ALL-22	2,010	0,156	0,525	21,413	59,154	0,143	1,100	6,920	1,059	6,001	0,039
ALL-23	2,650	0,164	0,570	23,618	57,794	0,116	1,302	4,869	1,116	6,777	0,033
ALL-24	2,200	0,155	0,550	24,419	59,657	0,162	1,366	3,218	1,088	5,425	0,025
ALL-25	5,800	0,155	0,466	21,701	59,430	0,198	1,384	3,729	1,038	5,077	0,032
ALL-26	3,430	0,136	0,494	19,506	62,810	0,093	1,093	5,613	0,910	5,924	0,032
ALL-27	6,650	0,116	0,438	18,760	53,503	0,112	0,846	13,059	0,693	6,010	0,027
ALL-28	3,480	0,134	0,437	19,810	62,520	0,112	0,763	5,013	0,833	4,846	0,030
ALL-29	1,830	0,151	0,428	20,490	66,850	0,042	1,272	1,525	1,052	5,821	0,013
ALL-30	8,900	0,116	0,378	17,820	53,980	0,104	0,805	9,757	0,693	5,963	0,069
FuRD-04	3,037	0,160	0,622	18,634	68,017	<MDL	1,218	1,695	1,221	5,124	0,006
FuRD-05	1,869	0,220	1,140	27,104	62,489	0,009	1,771	<MDL	0,757	5,033	0,006
FuRD-11	1,670	0,151	0,651	22,175	66,691	0,044	1,664	0,501	0,912	4,487	0,008
FuRD-12	1,860	0,140	0,824	24,453	62,337	0,042	1,621	0,339	1,066	5,635	0,005
FuRD-13	2,500	0,151	0,784	24,939	57,286	0,034	1,389	2,738	1,064	7,346	0,006
FuRD-14	1,820	0,182	0,829	27,211	58,284	0,045	1,826	0,836	0,962	5,227	0,007
FuRD-15	2,770	0,180	0,930	24,959	56,794	0,043	1,452	3,147	1,062	7,342	0,009
FuRD-16	3,410	0,176	0,518	24,705	63,368	0,035	1,700	0,939	0,985	3,695	0,006
FuRD-17	1,790	0,175	0,770	27,034	60,986	0,045	1,770	0,378	0,974	5,948	0,006
FuRD-18	2,560	0,143	0,459	22,564	63,681	0,030	1,199	1,232	1,060	6,167	0,005
FuRD-19	4,550	0,148	0,738	20,573	59,865	0,038	1,271	3,921	1,130	5,572	0,007
FuRD-20	2,660	0,166	0,533	24,234	58,340	0,039	1,322	3,309	0,889	6,972	0,005
FuRD-21	2,350	0,185	0,722	27,207	61,130	0,058	1,984	0,974	0,743	3,957	0,008
FuRD-22	1,900	0,183	0,524	25,516	59,151	0,039	1,714	1,162	0,959	6,817	0,008
FuRD-23	2,690	0,167	0,679	21,156	62,256	0,050	1,458	1,646	1,029	6,897	0,007
FuRD-24	3,450	0,185	0,721	22,482	62,059	0,041	1,786	0,435	0,912	5,569	0,007
FuRD-25	2,303	0,159	0,555	19,940	67,610	0,025	1,026	1,155	0,763	4,424	0,005
FuRD-26	2,880	0,175	0,596	20,080	68,970	0,023	1,264	1,131	0,950	4,672	0,005
FuRD-27	3,696	0,157	0,689	22,680	63,450	0,052	1,476	<MDL	0,866	4,272	0,007
FuRD-28	3,559	0,156	0,553	16,260	71,090	0,009	1,000	1,471	1,295	4,708	0,005
FuRD-29	1,881	0,140	0,545	16,731	73,539	<MDL	0,954	0,161	1,228	4,748	0,004
FuRD-30	2,105	0,162	0,879	28,339	61,028	<MDL	1,776	<MDL	0,787	5,342	0,007

TABLA II. COMPOSICIÓN QUÍMICA (EXPRESADA EN  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) DE LAS MUESTRAS CERÁMICAS: ELEMENTOS TRAZAS. MDL: MÍNIMO LÍMITE DE DETECCIÓN.

Muestra	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pr
ALL-04	79,73	77,60	11,84	33,71	10,41	26,16	39,10	132,6	38,25	231,0	17,24	478,8	48,52	68,51	13,50
ALL-05	76,67	67,18	11,22	44,42	10,82	26,43	38,42	146,0	39,07	253,3	16,94	556,8	48,18	70,92	13,47
ALL-11	80,80	46,39	11,54	154,0	10,89	29,97	75,92	115,0	37,70	239,8	20,90	703,7	46,30	93,80	12,00
ALL-12	77,22	38,74	10,23	82,11	9,528	32,68	62,51	137,7	36,40	223,2	19,70	527,2	45,40	90,60	11,60
ALL-13	70,90	62,66	12,88	99,81	13,27	31,96	97,07	119,1	38,90	231,7	22,90	506,9	47,90	99,80	12,40
ALL-14	70,25	53,64	19,18	77,24	11,35	28,80	76,24	164,9	40,40	220,7	22,00	507,1	49,10	99,20	12,90
ALL-15	73,17	95,38	12,99	232,4	11,80	24,57	70,75	122,9	39,40	228,8	21,20	350,6	52,20	102,0	13,20
ALL-16	73,48	62,66	15,07	86,19	9,896	26,95	79,31	112,1	43,70	224,2	22,60	403,1	54,10	106,7	14,10
ALL-17	70,40	59,56	14,19	93,64	10,20	24,98	73,73	130,5	39,70	232,7	21,60	423,9	53,40	106,6	13,90
ALL-18	65,60	64,04	11,37	97,26	9,585	24,59	75,63	99,43	40,00	249,6	20,80	497,5	54,30	109,2	14,30
ALL-19	73,35	42,21	10,79	36,67	9,155	24,18	85,38	94,36	38,60	233,1	20,10	541,7	47,90	99,40	12,70
ALL-20	71,74	54,82	12,48	42,27	11,88	25,84	83,38	118,7	35,00	200,2	21,30	468,1	49,50	97,30	12,90
ALL-21	75,03	47,90	10,96	85,28	9,195	23,80	79,50	90,00	37,90	247,8	20,10	409,0	50,50	105,9	13,40
ALL-22	74,25	47,95	14,03	94,01	9,040	23,54	70,16	126,7	40,30	231,6	20,40	434,2	54,80	110,2	14,60
ALL-23	91,69	72,97	15,88	136,7	10,66	27,61	90,25	112,0	43,10	221,9	22,00	420,7	56,10	115,8	15,10
ALL-24	85,43	62,55	12,29	89,55	8,091	24,09	100,3	114,6	37,30	205,6	21,10	565,5	48,90	106,6	13,60
ALL-25	71,32	50,49	13,33	47,05	8,651	22,03	83,21	181,2	39,60	222,5	19,70	647,3	53,00	108,8	14,50
ALL-26	70,49	354,9	12,93	686,4	13,85	35,65	64,68	101,2	39,73	257,7	21,64	449,8	48,00	77,68	12,78
ALL-27	81,36	76,13	13,67	56,95	14,93	31,78	42,39	115,3	37,11	220,5	19,90	433,5	44,41	72,89	12,02
ALL-28	76,84	61,09	10,34	<MDL	10,68	24,42	52,73	90,92	37,46	246,7	21,12	406,9	44,90	74,44	12,04
ALL-29	92,44	85,55	15,31	68,82	10,39	31,68	78,16	50,57	42,75	332,9	23,12	387,5	50,80	84,61	13,99
ALL-30	87,44	74,14	13,51	64,13	15,19	29,78	40,56	107,6	37,84	224,4	18,79	459,2	44,51	68,23	12,10
FuRD-04	67,02	68,53	10,98	<MDL	6,626	27,63	42,71	42,10	46,25	486,9	26,89	275,7	37,54	53,50	8,973
FuRD-05	71,30	83,49	14,88	86,23	4,317	23,92	56,03	45,09	51,78	262,6	21,33	341,7	77,40	144,3	23,59
FuRD-11	72,06	66,28	13,89	53,75	3,299	23,57	59,03	43,88	58,87	508,3	20,69	356,1	77,03	185,8	24,55
FuRD-12	70,00	70,47	16,68	111,3	3,756	24,66	54,53	60,23	45,90	434,3	22,85	329,2	65,65	99,52	14,33
FuRD-13	84,47	75,61	22,09	124,4	4,684	24,71	44,94	52,57	52,66	421,1	24,86	279,6	49,20	79,88	13,54
FuRD-14	84,75	79,70	15,47	331,0	3,550	23,25	63,83	57,23	50,98	237,8	21,55	378,8	74,02	158,9	20,78
FuRD-15	83,26	75,77	22,54	321,5	4,358	25,82	45,14	51,52	52,01	408,4	24,11	319,6	51,47	96,92	14,95
FuRD-16	73,31	74,75	7,793	78,10	5,991	22,24	54,47	47,27	54,81	422,0	20,92	377,4	78,30	182,6	22,61
FuRD-17	76,16	76,92	18,01	90,20	3,512	22,71	56,32	64,99	50,38	305,1	22,32	381,1	77,24	155,2	18,34
FuRD-18	64,03	78,35	14,10	218,4	5,301	22,56	41,38	47,38	45,95	574,8	21,93	331,3	43,93	67,12	10,99
FuRD-19	74,33	79,63	16,54	80,14	4,996	23,73	38,81	42,41	56,28	518,3	24,32	322,7	35,26	61,96	10,73
FuRD-20	82,67	91,04	19,51	112,4	4,375	23,37	45,40	44,25	45,53	424,6	22,10	274,6	40,09	67,01	11,56
FuRD-21	69,59	83,78	8,554	60,01	4,784	22,34	60,54	53,29	51,42	272,6	20,22	390,7	82,23	199,4	24,67
FuRD-22	71,12	78,87	18,65	75,84	3,893	24,16	60,52	50,01	46,36	459,5	20,96	352,2	46,52	69,88	11,68
FuRD-23	72,08	78,86	10,52	91,11	5,686	22,01	49,49	64,99	38,93	589,1	21,85	334,5	62,26	100,4	13,44
FuRD-24	62,40	56,00	11,18	46,48	2,652	21,62	50,64	33,90	37,27	429,0	19,91	319,5	41,42	69,21	12,13
FuRD-25	57,69	77,65	13,20	101,6	7,492	23,70	41,82	41,48	55,90	648,1	20,02	290,3	57,82	81,26	13,69
FuRD-26	69,39	74,28	13,62	75,56	9,021	28,00	52,18	48,40	41,06	562,4	23,69	315,5	46,41	59,34	9,242
FuRD-27	78,26	75,52	12,06	53,42	6,356	26,13	49,16	42,97	45,43	300,8	24,09	385,0	57,99	74,08	11,66
FuRD-28	76,78	70,69	11,05	73,21	7,753	28,16	40,94	37,65	50,82	717,8	27,29	272,7	39,43	58,24	9,867
FuRD-29	55,57	67,09	10,78	76,76	6,778	27,26	38,07	34,65	50,18	634,4	26,98	215,4	38,17	56,56	9,480
FuRD-30	69,10	83,10	16,02	33,29	5,103	25,72	59,46	46,41	55,65	242,3	22,14	395,2	77,51	164,2	23,00

TABLA II (CONT.)

Muestra	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U	Sc
ALL-04	49,54	8,128	1,640	7,500	1,130	6,535	1,241	3,555	0,535	3,423	0,502	6,534	2,298	17,85	3,005	<MDL
ALL-05	49,43	8,125	1,598	7,485	1,150	6,708	1,289	3,716	0,561	3,597	0,531	7,118	2,281	18,37	3,194	<MDL
ALL-11	42,70	8,200	1,400	7,100	1,100	6,400	1,300	3,500	0,554	3,569	0,528	6,478	2,148	16,88	3,360	23,73
ALL-12	41,10	8,000	1,300	6,800	1,100	6,100	1,200	3,300	0,533	3,356	0,503	6,047	2,046	15,89	3,140	13,00
ALL-13	43,80	8,500	1,400	7,300	1,100	6,700	1,400	3,700	0,598	3,736	0,563	6,413	2,410	18,39	3,601	17,81
ALL-14	46,00	8,900	1,500	7,500	1,200	6,900	1,400	3,700	0,592	3,702	0,556	6,143	2,297	17,51	3,353	10,79
ALL-15	47,30	9,000	1,500	7,700	1,200	6,800	1,400	3,600	0,583	3,660	0,550	6,395	2,285	17,72	3,523	9,736
ALL-16	50,40	9,700	1,600	8,300	1,300	7,500	1,500	4,000	0,642	4,046	0,603	6,383	2,433	19,12	3,652	17,62
ALL-17	49,50	9,500	1,600	7,900	1,300	7,100	1,400	3,800	0,608	3,811	0,572	6,671	2,334	19,13	3,701	9,421
ALL-18	51,00	9,700	1,600	8,100	1,300	7,500	1,500	4,000	0,650	4,093	0,609	7,389	2,430	18,48	3,510	10,19
ALL-19	44,70	8,600	1,400	7,200	1,200	6,700	1,400	3,600	0,592	3,755	0,557	6,849	2,326	18,24	3,758	9,173
ALL-20	45,70	8,700	1,500	7,300	1,200	6,700	1,400	3,700	0,603	3,849	0,563	6,264	2,535	17,15	3,498	7,916
ALL-21	47,20	9,000	1,500	7,700	1,200	7,200	1,500	3,900	0,639	4,032	0,598	7,447	2,381	18,60	4,075	11,68
ALL-22	52,20	10,00	1,700	8,400	1,300	7,700	1,600	4,200	0,670	4,237	0,628	7,148	2,416	19,33	4,077	2,093
ALL-23	54,10	10,50	1,800	8,900	1,400	8,300	1,700	4,500	0,720	4,577	0,680	7,025	2,624	20,53	4,342	3,920
ALL-24	48,20	9,300	1,600	7,900	1,300	7,400	1,500	4,000	0,660	4,158	0,628	6,627	2,604	18,98	4,555	8,349
ALL-25	52,40	10,10	1,700	8,500	1,400	7,900	1,600	4,300	0,684	4,349	0,642	7,093	2,574	19,34	4,237	7,277
ALL-26	46,12	8,825	1,611	7,659	1,198	6,880	1,316	3,827	0,573	3,662	0,544	6,475	2,354	17,04	3,156	19,60
ALL-27	43,75	8,600	1,552	7,413	1,146	6,469	1,226	3,552	0,528	3,370	0,501	5,816	2,276	16,27	2,914	17,89
ALL-28	43,32	8,373	1,493	7,227	1,147	6,694	1,295	3,800	0,582	3,712	0,555	6,667	2,437	17,17	3,456	19,24
ALL-29	50,16	9,789	1,668	8,288	1,341	7,764	1,488	4,406	0,674	4,328	0,647	7,871	2,743	20,38	4,025	19,61
ALL-30	43,78	8,493	1,555	7,317	1,157	6,694	1,280	3,743	0,567	3,565	0,536	6,263	2,225	16,43	3,089	16,11
FuRD-04	33,67	6,173	1,055	6,445	1,132	7,522	1,557	4,718	0,744	4,931	0,729	12,11	3,831	27,17	4,279	<MDL
FuRD-05	88,49	14,26	2,634	12,63	1,861	10,11	1,844	5,142	0,760	4,875	0,696	7,817	3,166	30,08	4,477	<MDL
FuRD-11	94,51	19,22	2,961	15,59	2,263	11,43	2,042	5,690	0,826	5,212	0,772	10,10	2,900	29,67	4,746	18,14
FuRD-12	51,73	10,22	1,620	9,063	1,479	8,748	1,702	5,027	0,779	5,069	0,764	9,166	3,157	26,19	4,342	17,37
FuRD-13	52,02	10,81	1,789	9,791	1,750	10,70	2,099	6,179	0,966	6,321	0,949	9,205	3,576	24,30	5,222	15,62
FuRD-14	81,04	16,74	2,817	14,38	2,117	10,95	1,967	5,390	0,788	4,912	0,724	7,300	3,192	27,35	4,227	15,59
FuRD-15	58,18	12,25	2,016	10,88	1,882	11,12	2,155	6,300	0,981	6,406	0,951	9,284	3,644	25,70	5,147	14,99
FuRD-16	83,83	16,58	2,652	14,08	2,134	11,49	2,120	6,006	0,876	5,532	0,813	9,585	3,250	29,19	4,676	15,91
FuRD-17	67,56	13,30	2,172	11,60	1,853	10,53	2,013	5,839	0,882	5,668	0,841	8,737	3,411	26,35	4,777	15,77
FuRD-18	41,83	8,379	1,314	7,810	1,388	8,716	1,786	5,422	0,864	5,735	0,880	13,05	3,269	27,59	4,108	14,65
FuRD-19	42,67	9,313	1,581	9,252	1,769	11,33	2,285	6,889	1,085	7,050	1,075	11,95	3,741	25,55	4,775	14,52
FuRD-20	44,69	9,539	1,574	8,543	1,560	9,651	1,916	5,728	0,910	6,032	0,913	10,91	3,422	26,33	4,489	13,94
FuRD-21	91,16	17,95	2,886	14,73	2,221	11,78	2,141	6,005	0,877	5,496	0,807	9,131	3,324	30,60	4,897	15,03
FuRD-22	44,45	8,997	1,501	8,388	1,486	9,238	1,864	5,659	0,893	5,874	0,897	11,07	3,271	27,19	4,276	13,78
FuRD-23	46,45	8,607	1,200	7,719	1,284	7,934	1,618	4,957	0,802	5,395	0,824	13,77	3,549	30,59	5,403	13,52
FuRD-24	46,56	9,479	1,402	8,170	1,334	7,910	1,549	4,607	0,720	4,788	0,726	11,38	3,266	27,62	5,057	12,82
FuRD-25	49,91	8,306	1,386	8,320	1,347	8,420	1,704	5,044	0,802	5,285	0,776	11,49	2,519	29,82	3,748	11,25
FuRD-26	32,14	5,655	0,858	5,719	0,953	6,162	1,293	3,948	0,636	4,264	0,635	11,29	3,006	25,41	3,755	5,794
FuRD-27	41,43	7,214	1,316	7,365	1,169	7,071	1,410	4,073	0,622	3,971	0,582	8,156	3,201	25,94	3,730	<MDL
FuRD-28	37,02	6,716	1,082	6,968	1,205	7,795	1,614	4,854	0,768	5,037	0,747	13,33	3,598	27,49	4,403	0,802
FuRD-29	35,73	6,571	1,071	6,773	1,173	7,714	1,599	4,852	0,765	5,124	0,760	13,15	3,584	26,93	4,252	<MDL
FuRD-30	87,00	14,12	2,682	12,99	1,889	10,28	1,860	5,193	0,750	4,761	0,677	7,020	3,221	29,05	4,095	<MDL

En el taller de *La Rodrigo* ambos subgrupos responden a pastas que pueden definirse como no-calcáreas (el contenido en CaO oscila desde valores por debajo del límite de detección, 0,01%, hasta alrededor del 2%), mientras que el grupo de *Allueva II* está integrado por piezas con una pasta poco calcárea (promedio de CaO:  $5,71 \pm 2,41\%$ ). Siendo esta proporción la diferencia detectada más importante entre los componentes mayoritarios, se observan también variaciones en los contenidos de SiO<sub>2</sub>, MgO, K<sub>2</sub>O y MnO. Sin embargo, son sobre todo los elementos trazas los que deciden la división en estos tres agrupamientos.

La separación en los dos subgrupos de las muestras de *La Rodrigo* (Tablas III y IV) está reflejada en un mayor contenido en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>O (en el subgrupo P<sub>1</sub>), en una mayor concentración en CaO (en el subgrupo P<sub>2</sub>) y, especialmente, en la diferente proporción entre los dos subgrupos de Zr y de algunas tierras raras (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu y Gd). Estas variaciones se identifican con claridad si comparamos las concentraciones elementales de las dos pellas de barro (FuRD-4, FuRD-5) analizadas del yacimiento (Tablas I y II). Ambas

piezas se discriminan en dos subgrupos químicos como se observa en el dendrograma de la Figura 4.

De las Figuras 3 y 5, se sigue que elementos como Ba, CaO, Cu, Er, Lu, MnO, Rb, Sr, Ta, Th, Tm, U, Y dominan la separación entre *La Rodrigo* y *Allueva II*, mientras otros como Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ce, Eu, Gd, Hf, La, Nd, Pr, Sm, Tb, Zr son los responsables de la división entre P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> de *La Rodrigo*. Cabe reseñar que entre algunos de estos elementos existe una fuerte correlación, por ejemplo el coeficiente de correlación entre Zr y Hf es mayor de 0,9 (en concordancia con su asociación en minerales como circón), entre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>O es mayor de 0,8 (ambos relacionados con los filosilicatos de la matriz, minerales de arcilla-micas y con los escasos feldspatos detectados en las inclusiones). También existen fuertes correlaciones entre las tierras raras, así, elementos como La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd y Tb (LREE o *light rare-earth elements* y MREE o *medium rare-earth-elements*) muestran valores de correlación entre ellos mayores de 0,8 (e incluso mayores de 0,9). Otras correlaciones significativas entre Y, U, Th y las tierras raras pesadas (HREE o *heavy rare-earth elements*), o entre Ti y Nb, sugieren que son algunos minerales pesados los que controlan la distribución de estos elementos trazas. Además, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>O muestran un buen grado de correlación con las tierras raras más ligeras (LREE) y, esencialmente, con las medias (MREE), por lo que parecen indicar que son los filosilicatos las fases que concentran los REE y preferentemente MREE, especialmente en el subgrupo P<sub>1</sub> de *La Rodrigo*.

Es precisamente el conocimiento de la composición en elementos trazas lo que permite observar las ligeras diferencias entre las muestras de *La Rodrigo* y establecer los dos subgrupos. Estas diferencias se habían detectado en anteriores trabajos (9), pero no pudieron confirmarse debido al escaso número de muestras previamente analizadas de las que sólo se habían determinado los elementos mayoritarios y algunos minoritarios.

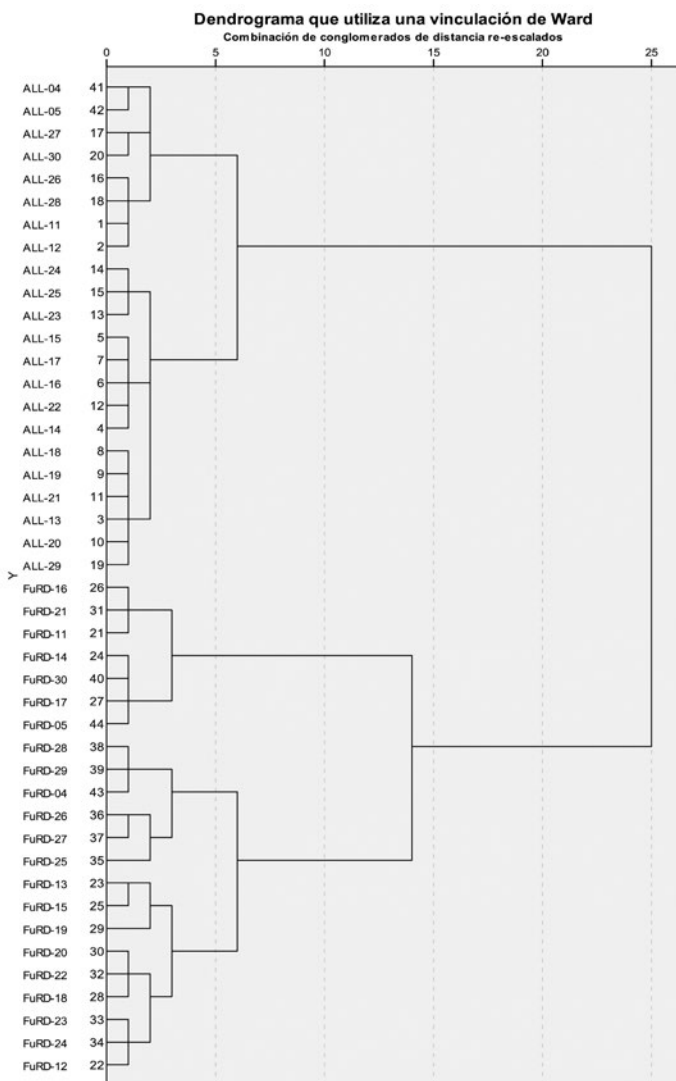


Figura 4. Dendrograma mostrando la clasificación de las muestras de cerámica según su composición química, alfares de *Allueva II* (ALL-) y *La Rodrigo* (FuRD-).

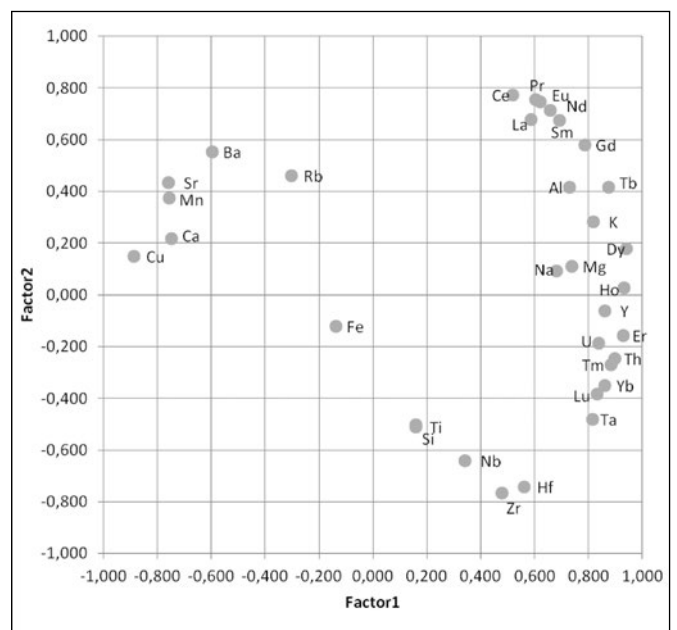


Figura 5. Representación gráfica en el análisis de componentes principales de los pesos de las distintas variables incluidas (Factor 2 vs. Factor 1).



Respecto al comportamiento de los elementos trazas correspondientes a tierras raras (REE), si se representa su concentración normalizada respecto a una roca sedimentaria patrón, el NASC (*North American Shale Composite*), pueden inferirse aspectos sobre la composición del sedimento original usado para la elaboración de las cerámicas (Figura 6). Los valores tomados para el NASC son los recomendados por Gromet *et al.* (1984) (14). La gráfica de la Figura 6 visualiza la composición ligeramente diferente de los dos subgrupos de *La Rodriga*, con un enriquecimiento en las tierras raras ligeras (LREE) en el subgrupo  $P_1$ , lo cual vuelve a poner de manifiesto la distinta selección y/o manipulación de sedimentos arcillosos para la elaboración de las cerámicas en un mismo alfar. Por otra parte, los tres agrupamientos presentan una anomalía negativa para Eu, como es habitual en los sedimentos detríticos que proceden de la alteración de rocas ácidas. Otros valores de concentración de elementos trazas confirman este origen, como son los valores de elementos de transición relativamente bajos de Sc y de Co, o las concentraciones moderadamente altas en Th y La (15).

Por otra parte, cabe señalar que la homogeneidad en la composición de las muestras del alfar de *Allueva II*, apunta al uso de una sola fuente de materia prima o, al menos a una muy buena homogeneización de las arcillas antes de su empleo. En uno u otro caso, su composición química es

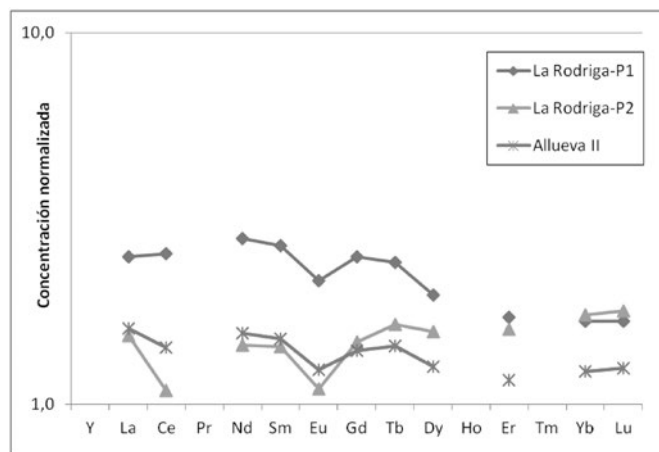


Figura 6. Representación normalizada de los contenidos de elementos de tierras raras (normalización frente a los valores del NASC, Gromet et al. 1984 (14)).

compatible con las arcillas continentales terciarias del amplio registro sedimentológico que aflora en el propio yacimiento y en su entorno. Por el contrario, la separación en dos subgrupos de la pasta no calcárea de las piezas del alfar de *La Rodriga* hace

TABLA III. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO (EXPRESADA EN % EN PESO DE LOS ÓXIDOS) DE LOS SUBGRUPOS CERÁMICOS: ELEMENTOS MAYORITARIOS Y MINORITARIOS. S: DESVIACIÓN ESTÁNDAR.  $Fe_2O_3T$ : PROPORCIÓN TOTAL DE HIERRO EN LA MUESTRA EXPRESADA EN FORMA DE ÓXIDO DE HIERRO (III).

Yacimiento	Subgrupo	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	MnO
<b>La Rodriga</b>	$P_1$	0,179	0,787	26,2	62,0	1,78	0,73	0,874	4,81	0,007
(n=7)	s	0,022	0,196	2,1	2,6	0,10	0,27	0,108	0,80	0,001
<b>La Rodriga</b>	$P_2$	0,161	0,650	21,7	63,6	1,34	1,68	1,033	5,75	0,006
(n=15)	s	0,015	0,131	3,0	5,2	0,25	1,17	0,148	1,10	0,001
<b>Allueva II</b>	$P_1$	0,143	0,491	20,2	60,2	1,08	5,71	0,938	5,75	0,035
(n=22)	s	0,015	0,049	2,0	2,9	0,19	2,41	0,158	0,50	0,012

TABLA IV. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO (EXPRESADA EN MG·G<sup>-1</sup>) DE LOS SUBGRUPOS CERÁMICOS: ELEMENTOS TRAZAS. S: DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Yacimiento	Subgrupo	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pr
<b>La Rodriga</b>	$P_1$	73,8	78,3	13,5	105	4,4	23,4	58,5	51,2	53,4	322	21,3	374	77,7	170	22,5
(n=7)	s	5,4	6,3	3,9	102	1,0	1,2	3,2	7,7	3,1	103	0,8	19	2,4	20	2,3
<b>La Rodriga</b>	$P_2$	71,3	74,6	14,9	112	5,6	24,9	46,4	46,3	47,4	507	23,5	308	47,5	73,0	11,8
(n=15)	s	9,0	7,7	4,2	73	1,7	2,2	6,3	8,7	5,7	112	2,4	41	9,6	15,6	1,9
<b>Allueva II</b>	$P_1$	76,1	74,9	12,9	117	10,9	27,1	70,5	121	38,9	231	20,6	485	49,6	95	13,2
(n=22)	s	6,4	65,6	2,1	142	2,0	3,6	18,6	23	2,0	15	1,5	85	3,6	16	1,0

TABLA IV (CONT.).

Yacimiento	Subgrupo	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U	Sc
<b>La Rodriga</b>	$P_1$	84,8	16,0	2,69	13,7	2,05	10,9	2,00	5,61	0,823	5,21	0,761	8,53	3,21	28,9	4,56	16,1
(n=7)	s	8,8	2,2	0,26	1,4	0,18	0,7	0,12	0,37	0,057	0,37	0,063	1,18	0,16	1,5	0,30	1,2
<b>La Rodriga</b>	$P_2$	43,9	8,55	1,38	8,08	1,39	8,67	1,74	5,22	0,822	5,42	0,814	11,3	3,38	26,9	4,47	12,4
(n=15)	s	7,3	1,84	0,31	1,35	0,26	1,50	0,28	0,82	0,128	0,83	0,131	1,7	0,33	1,6	0,55	4,64
<b>Allueva II</b>	$P_1$	47,2	8,96	1,55	7,68	1,22	6,99	1,40	3,81	0,604	3,82	0,569	6,63	2,37	18,0	3,58	12,4
(n=22)	s	3,6	0,72	0,12	0,52	0,09	0,55	0,13	0,28	0,053	0,33	0,049	0,44	0,14	1,2	0,46	5,78

pensar en la utilización de al menos dos sedimentos arcillosos de composición ligeramente diferente, o bien en una mezcla de arcillas con una diferente dosificación. En ambas opciones, la composición de elementos mayoritarios, minoritarios y trazas de *La Rodrigo* es compatible con las concentraciones de elementos químicos propias de sedimentos detríticos finos ricos en caolinita (16), como los cretácicos de Facies Utrillas que afloran en el entorno del yacimiento.

Los trabajos publicados que incluyen análisis químicos de cerámica celtibérica procedente de otros yacimientos coinciden también en la explotación de materias primas locales. Lamentablemente, no puede realizarse una comparación en profundidad entre composiciones químicas de diversas procedencias, dado que la mayor parte de estos trabajos no incluyen los datos cuantitativos y además se han usado estrategias de cuantificación muy diversas. A pesar de ello, en los resultados analíticos de 5 muestras de cerámica de *El Palomar* (Aragoncillo, Guadalajara), geográficamente próximo a *La Rodrigo*, aunque no se conocen los datos de los componentes mayoritarios, se observan diferencias en las proporciones de algunos elementos trazas como Rb, Ba, Ce, Nd, Tb, Lu, Hf, Ta y Th (17), lo que implica que estos materiales cerámicos podrían distinguirse de los producidos en *La Rodrigo* y en *Allueva II*. Respecto a la composición en elementos mayoritarios de las muestras cerámicas, por ejemplo, producciones procedentes de la Rioja (Bobadilla y El Redal) (7), aunque también diferentes en  $K_2O$  y  $MgO$ , coinciden en el uso de pastas poco calcáreas como en *Allueva II*.

#### 4.2. Estudio petrográfico-mineralógico

El estudio petrográfico ha permitido establecer similitudes y diferencias en las agrupaciones de muestras cerámicas llevadas a cabo mediante el análisis químico, en cuanto a las características mineralógicas y texturales de las inclusiones y/o el grado de vitrificación de la matriz de las muestras. Además de la caracterización, las observaciones petrográficas ayudan a interpretar los procesos experimentados en la elaboración de las cerámicas.

En la Tabla V, se reflejan las características petrográficas referidas a matriz e inclusiones del conjunto de muestras cerámicas estudiadas. Se expresa la cuantificación de sus componentes (matriz e inclusiones) establecida por estimación visual bajo el microscopio óptico de polarización. Los resultados corroboran los obtenidos mediante el análisis

químico, con la distinción de dos subtipos de cerámicas en el yacimiento de *La Rodrigo* y un único tipo en el yacimiento de *Allueva II* (Figura 7).

De forma general, el conjunto de muestras presenta inclusiones de naturaleza fundamentalmente silicatada con un tamaño medio de grano que corresponde a las fracciones de limo grueso y arena fina (0,0156-0,25 mm), en concordancia con el espesor relativamente fino de las paredes de algunas piezas (vasos y vasijas). Aisladamente en algunas muestras, se llegan a medir inclusiones de diámetro máximo en el rango de arena media-gruesa (250-800  $\mu\text{m}$ ) y muy excepcionalmente en algunas tinajas, la granulometría supera estas fracciones llegando a alcanzar el rango de arena muy gruesa, pero siempre inferior a 1500  $\mu\text{m}$ . La cantidad de inclusiones es variable, situándose en el rango entre 3-27%, siendo siempre el cuarzo monocristalino el componente mayoritario. Todas las fábricas presentan óxidos de hierro y minerales opacos con un tamaño de grano muy variable, desde componentes presumiblemente coloidales dispersos por la matriz hasta cristales individuales en fracción arena fina. Los feldespatos (feldespato potásico y plagioclasas) y los fragmentos líticos de rocas cuarcíticas y areníticas están presentes en cantidades siempre inferiores al cuarzo, en cualquiera de las cerámicas estudiadas. Por otra parte, se observan escasos fragmentos de rocas carbonatadas en algunas muestras de *Allueva II* (Figura 7), generalmente descompuestos a nodulizaciones de cal, y siempre de forma accesorio. Con carácter ocasional se han identificado accesorios de minerales pesados como turmalina y zircón, ya sea aislados en la fábrica (Figura 7) o más comúnmente formando parte de los fragmentos líticos de rocas areníticas y cuarcíticas, como es el caso de algunas inclusiones del subgrupo  $P_2$  de *La Rodrigo*. La morfología de las inclusiones varía de subangulosa para el cuarzo, feldespatos y fragmentos líticos silíceos a subredondeada para los fragmentos de roca carbonatada. Además, las micas de tipo moscovita, aunque presentes en todas las muestras, lo están en distintas proporciones llegando a ser características en el subgrupo  $P_1$  de *La Rodrigo* (Figura 7).

La matriz tiene una composición arcilloso-micácea con proporciones variables de óxidos de hierro y minerales opacos. Su comportamiento óptico es variable, pero preferentemente anisótropo frente a la luz polarizada, lo cual denota que el grado de vitrificación alcanzado por las cerámicas durante el proceso de cocción fue relativamente bajo (18). En ocasiones,

Tabla V. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LÁMINA DELGADA EN LOS YACIMIENTOS DE *LA RODRIGO* (FUENTELSAZ, GUADALAJARA) Y *ALLUEVA II* (ALLUEVA, TERUEL). Birref.= Birrefringencia, A= Comportamiento óptico anisótropo, I= Comportamiento óptico isótropo, Qtz= Cuarzo, Ftos= Feldespato potásico-Plagioclasa, FRQ= Fragmentos de roca Cuarcítica, FRAR= Fragmentos de roca Arenítica, FRCb= Fragmentos de roca Carbonatada, Fases Fe= Óxidos de hierro y fragmentos líticos Ferruginosos, Ms= Moscovita, Acc= Accesorio.

Yacimiento	Subgrupo	Matriz (%)	Birref.	Inclusiones (%)	$\Phi_{\text{medio}}$ ( $\mu\text{m}$ )	$\Phi_{\text{máx}}$ ( $\mu\text{m}$ )	Litología (%)						
							Qtz	Ftos	FRQ	FRAR	FRCb	Fases Fe + Opacos	Micas (Ms)
<i>La Rodrigo</i> (Fuentelsaz)	$P_1$	80-91	A	11-20	50-100	500-800	3-10	1	1	1	--	3-5	3
	$P_2$	73-88	A-I	12-27	50-350	350-1500	5-17	1	1	1-2	--	2-6	Acc
<i>Allueva II</i> (Allueva)	$P_1$	>91	A-I	3-9	25-200	250-600	2,5-7	Acc	1	Acc	Acc	$\leq 1,5$	Acc

la difusión del hierro en la matriz puede llegar a enmascarar totalmente su birrefringencia, como ocurre en algunas muestras correspondientes al yacimiento de *Allueva II*. Por otra parte, todas las fábricas exhiben una baja porosidad con morfologías redondeadas y en ocasiones elongadas, poniendo de manifiesto la escasez de impurezas vegetales en el barro usado para elaborar las piezas. En algunas muestras se observa porosidad lineal, paralela a los bordes, generada presumiblemente por contracción en la cocción. En la observación de la porosidad de las piezas, se ha prestado especial atención a la identificación de precipitación de minerales secundarios tapizando los poros. Tan solo en algunas muestras de *Allueva II* se ha reconocido una fina película de cristales de calcita, asociada a la porosidad lineal, debido a su exposición subsuperficial en el terreno. Esta observación debería realizarse siempre que se analizan fábricas cerámicas ya que el dato aislado del contenido en CaO, o el reconocimiento de calcita por DRX, puede inducir a error si se trata de calcita secundaria.

El estudio petrográfico de las pellas ha proporcionado valiosa información acerca de las características del barro utilizado. Como es habitual, la naturaleza de las inclusiones coincide con la que muestran los restos cerámicos, pero, a diferencia de las pellas de otros yacimientos, éstas presentan inclusiones mayoritariamente finas de idéntica granulometría que las presentes en las fábricas de las piezas cerámicas. Esta identidad petrográfica corrobora la identidad química obtenida en los agrupamientos estadísticos.

Particularizando para el taller de *La Rodrigo*, la diferenciación de los dos subtipos de muestras se ha establecido atendiendo a la presencia o ausencia de determinadas inclusiones y a su proporción relativa. Así, como puede seguirse en la Tabla V, el denominado subgrupo  $P_1$  presenta unas características uniformes, con variaciones en la proporción de inclusiones que se sitúa entre 11-20% y una distribución homogénea. Por su parte, el subgrupo  $P_2$ , predominante en el conjunto de piezas analizadas, presenta

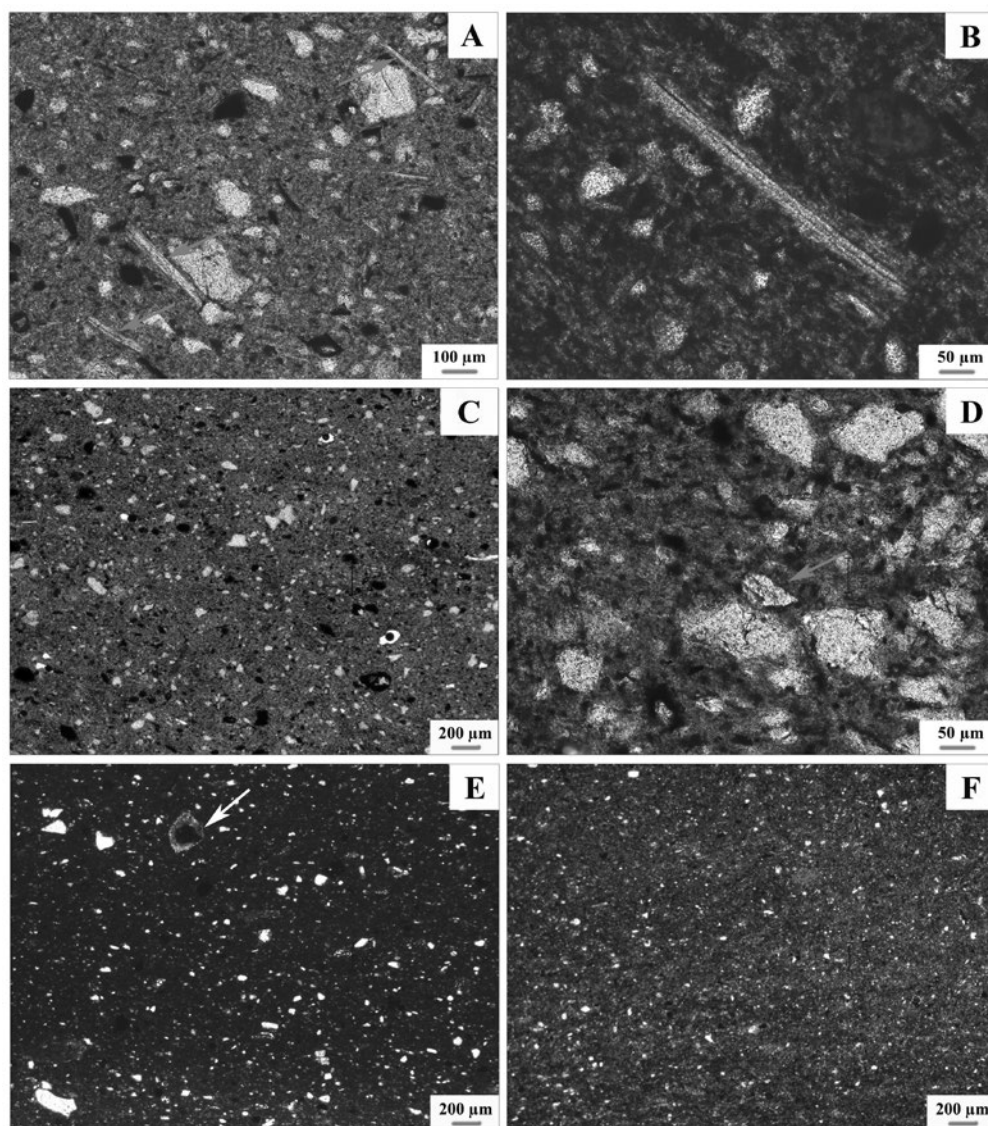


Figura 7. Microfotografías representativas de las distintas fábricas cerámicas identificadas en cada yacimiento. *Fábrica  $P_1$ , La Rodrigo*: A) Se observan inclusiones características de micas tipo moscovita en proporciones relativamente abundantes. B) Detalle de una inclusión micácea. *Fábrica  $P_2$ , La Rodrigo*: C) Destaca la presencia de fragmentos opacos diseminados por el conjunto, de idéntica granulometría que los fragmentos de cuarzo. D) Detalle de una inclusión de zircón que se encuentra de forma accesoria. *Fábrica  $P_1$ , Allueva II*: E) Se observan fragmentos de roca carbonatada descompuestos de forma accesoria. E y F) Las inclusiones identificadas están formadas mayoritariamente por cuarzo y se encuentran en baja proporción.

una proporción de inclusiones ligeramente superior (12-27%) y en algunas muestras puede observarse una distribución con dos tamaños de grano preferentes: uno correspondiente a limo grueso-arena fina (cuarzo monocristalino) y el otro a arena fina-gruesa (fragmentos de rocas cuarcíticas y areníticas). Por tanto, las diferencias granulométricas cabe asociarlas a procesos diferentes de preparación del barro, mientras la fábrica  $P_1$  está más depurada (con menor cantidad y menor tamaño de inclusiones) la fábrica  $P_2$  conserva mayor cantidad de fracciones limo y arena.

Además, como ya se ha señalado y se recoge en la Tabla V, ambas fábricas  $P_1$  y  $P_2$  muestran otra diferencia significativa como es la cantidad de inclusiones micáceas tipo moscovita. Mientras son pequeñas pajuelas accesorias en la fábrica  $P_2$ , en la fábrica  $P_1$  constituyen un 3% de su análisis modal (o lo que es lo mismo, un mínimo de un 15% del total de inclusiones). Son además lo suficientemente grandes para aportar destellos brillantes puntuales muy característicos en la observación visual de las muestras. Petrográficamente, estas micas se presentan en cristales que conservan su morfología original y características ópticas típicas de haber quedado poco afectadas por la cocción (Figura 7). Su concentración y disposición paralelas entre sí son la típica característica de barros micáceos que se han dejado decantar tras un lavado del sedimento y cuya alineación subparalela a los bordes de las paredes se ve favorecida por la humectación del barro en la elaboración de la pieza a torno (19).

Las observaciones realizadas bajo el microscopio petrográfico son acordes con los resultados del análisis químico que mostraban un mayor contenido en elementos como  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$  y LREE en el subgrupo  $P_1$ , componentes que se encuentran concentrados en las fracciones más finas de la matriz (los minerales de arcilla) además de las inclusiones de moscovita y feldespatos. Por su parte, la fábrica  $P_2$ , con mayor cantidad de inclusiones líticas cuarcíticas-areníticas y de mayor tamaño, concuerda con los mayores contenidos en  $SiO_2$  junto con otros elementos como Ti, Nb, Zr y Hf que se asocian a los minerales pesados.

En cuanto al yacimiento de *Allueva II*, el examen bajo el microscopio ha permitido discriminar un único grupo petrográfico, que incluye todas las muestras analizadas (Tabla V). Su fábrica presenta características principales similares a las establecidas en el yacimiento de *La Rodriga* pero con algunas diferencias texturales y compositivas significativas. La cantidad de inclusiones es siempre inferior al 9%, porcentaje muy por debajo del establecido en *La Rodriga* (11-27%) y con menor granulometría, incluso dominando la fracción limo (por debajo de  $62 \mu m$ ). Respecto a la composición de las inclusiones, corresponden principalmente a cuarzo, con óxidos de hierro y opacos, finamente distribuidos por toda la fábrica, con la particularidad de la presencia, aunque accesorio, de fragmentos de rocas carbonatadas, como ya se ha indicado anteriormente (Figura 7).

La naturaleza de las inclusiones presentes en las cerámicas de ambos yacimientos corresponde con la habitualmente representada en un depósito arcilloso natural. Sus fracciones de tamaños variables entre limo y arena fina, y sólo ocasionalmente alcanzando otras fracciones de arena, hace pensar en la decantación y o levigado de la materia prima como procesos de preparación previa de la arcilla. Igualmente, la concentración de moscovitas y su tamaño milimétrico, en la fábrica  $P_1$  de *La Rodriga*, corrobora la idea del lavado de la arcilla y su decantación. Cabe añadir que se seleccionaron como materia prima depósitos detríticos finos libres de impurezas naturales como restos vegetales, o necesariamente sus impurezas fueron previamente eliminadas, como pone de manifiesto la escasa porosidad observada. Como ya se ha comentado anteriormente, a diferencia de las pellas de otros yacimientos, éstas contienen inclusiones con idéntica granulometría que las presentes en las fábricas cerámicas. Esta observación apunta a la homogeneidad del barro en cada producción, a la vez que la existencia de pellas distintas en un mismo yacimiento puede interpretarse o bien como utilización de sedimentos ligeramente diferentes o también como debido al uso de mezclas con distinta dosificación. En cualquiera de los casos estudiados, la abundancia de sedimentos arcillosos en el entorno de cada yacimiento y de calidad suficiente para su utilización en alfarería garantiza el abastecimiento local de materia prima en cada alfar.

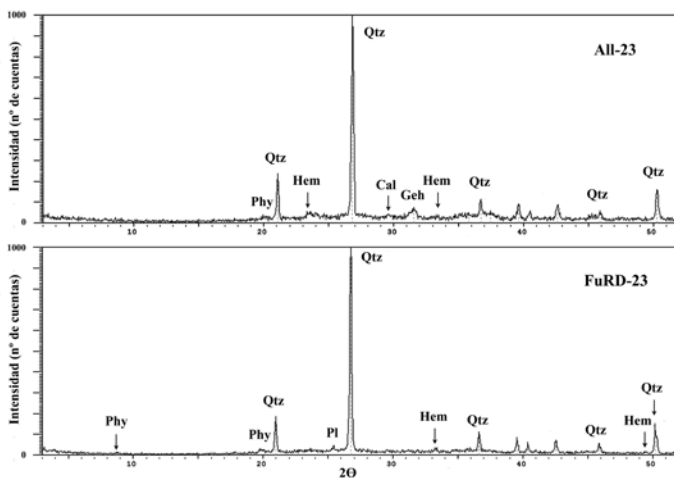


Figura 8. Difractogramas de las muestras All-23 (*Allueva II*) y FuRD-23 (*La Rodriga*) con las principales fases minerales identificadas: Qtz = Cuarzo; Phy = Filosilicatos deshidroxilados (illita-moscovita); Hem = Hematites; Pl = Plagioclasa; Geh = Gehlenita; Cal = Calcita.

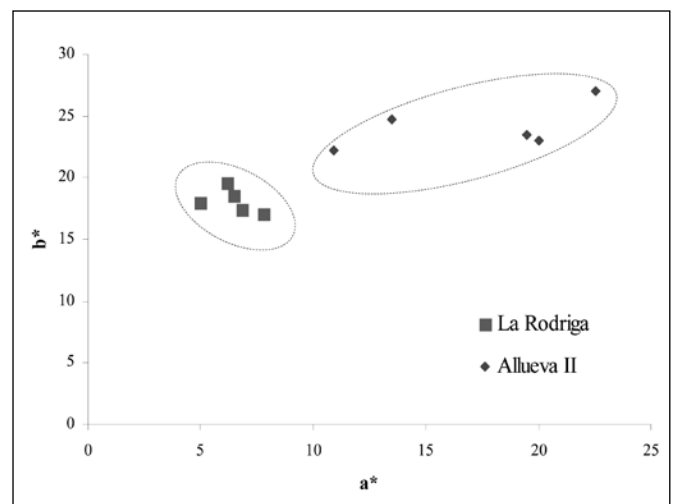


Figura 9. Parámetros cromáticos ( $a^*$  y  $b^*$ ) para un conjunto de 10 muestras representativas de ambos yacimientos.

El estudio mediante difracción de rayos X ha permitido definir con mayor aproximación la composición mineralógica de las cerámicas de ambos yacimientos, a la vez que ha ayudado a establecer la temperatura de cocción de las piezas. Los resultados del análisis mineralógico realizado en el conjunto de muestras cerámicas son concordantes con los datos petrográficos. De forma general, las fases minerales identificadas son principalmente cuarzo y filosilicatos, con cantidades menores de feldespatos (feldespato potásico-plagioclasa), calcita y hematites (Figura 8). En gran parte de las muestras analizadas se identifica el pico a 10 Å correspondiente a filosilicatos de tipo illita-moscovita, lo cual pone de manifiesto que su deshidroxilación por efecto del proceso de cocción no ha sido completa (20), en concordancia con las observaciones petrográficas sobre la escasa vitrificación de las fábricas. Sin embargo, la naturaleza original de los filosilicatos de la matriz arcillosa es difícil de concretar sólo a partir de los datos de DRX, ya que por ejemplo la descomposición térmica de otros filosilicatos como la caolinita, con transformación a metacaolín amorfo, se produce a temperaturas por debajo de las alcanzadas en la cocción de las piezas, imposibilitando, por tanto, su reconocimiento mediante DRX.

En cuanto a las fases mineralógicas de neoformación, producto del proceso de cocción, en las piezas de *La Rodriaga*, al tratarse de pastas no calcáreas, no se identifican transformaciones minerales de los aluminosilicatos. Por el contrario, en las piezas de *Allueva II* las fases minerales programadas se concretan en la presencia de gehlenita (Figura 8) y dióxido, ambos de desarrollo incipiente y sumamente minoritarios, en concordancia con el escaso contenido en CaO obtenido en el análisis químico (Tablas I y III).

Respecto a las condiciones de cocción de la mayor parte de las muestras analizadas, la asociación mineralógica establecida en la fábrica de *Allueva II*, junto con la presencia de pequeñas nodulizaciones producto de la descomposición térmica de los carbonatos, revelan una temperatura de cocción en un intervalo próximo a 850°-900°C, independientemente de otros factores que pueden influir en el proceso como el tiempo de exposición, su proximidad al fuego y/o la atmósfera de cocción (21). La descomposición de calcita y la formación incipiente de minerales programados indican condiciones de cocción que sobrepasaron los 800°C, pero la detección de fases deshidroxiladas de filosilicatos (illita-moscovita) limita el rango superior de temperatura que no alcanzaría los 950°C (22). Por lo que respecta a las piezas cerámicas de *La Rodriaga* caracterizadas igualmente por preservar los filosilicatos de tipo illita-moscovita, pero en este caso sin que

se hayan detectado fases minerales de neoformación, puede concretarse igualmente un rango de temperaturas de cocción similar a las alcanzadas en el otro yacimiento. La temperatura máxima es también acorde con la no identificación de mullita, fase de alta temperatura habitual en muestras ricas en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que han superado los 950°C en la cocción.

### 4.3. Estudio del color del material cerámico

Con objeto de identificar diferencias colorimétricas entre las muestras de cada yacimiento y relacionarlas con las variaciones compositivas detectadas, se han medido y representado los valores cromáticos según el sistema CIELab de un conjunto representativo de cada yacimiento. Como se observa en la tabla VI, el valor relativamente alto de luminosidad (L\* > 60) refleja que todas las muestras analizadas presentan tonalidades claras, mientras que las coordenadas cromáticas a\* y b\* son positivas, lo que indica una coloración que oscila entre el rojo y el amarillo.

La comparación de los distintos parámetros del color entre las muestras de ambos yacimientos manifiesta algunas diferencias significativas. Si se considera la L\*, los valores obtenidos son superiores en las cerámicas de *La Rodriaga*. Sin embargo, las muestras de *Allueva II* presentan valores ligeramente más altos de b\* y claramente mayores en el parámetro a\* (que se traduce en tonalidades más rojizas) y en la intensidad del color (C\*). En la Figura 9 se representan los parámetros cromáticos (a\* y b\*) para un conjunto de 10 muestras representativas, donde las diferencias entre ambos yacimientos quedan bien reflejadas.

Las dos fábricas cerámicas diferenciadas en *La Rodriaga* muestran una coloración relativamente homogénea definiendo un único grupo de color, muy distinto del de las producciones de *Allueva II*. Esta característica al relacionarla con su composición química elemental (Tablas I, II, III y IV), donde las dos fábricas de *La Rodriaga* se diferenciaban especialmente por los elementos minoritarios y no tanto por los elementos mayores, lleva a considerar que son precisamente los elementos mayores los que marcan la pauta de su color homogéneo. Así, comparando las piezas de ambos yacimientos, aunque no existen grandes diferencias en algunos componentes como el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, las existentes en otros elementos mayoritarios, como SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO y sobre todo CaO, son lo suficientemente significativas como para controlar el color de ambas producciones, confirmando la diferente composición química y, por tanto, mineralógica de las materias primas arcillosas de partida. La tonalidad blanquecina de las muestras de *La Rodriaga* y su concentración

TABLA VI. PARÁMETROS CROMÁTICOS ANALIZADOS EN LAS MUESTRAS DE CADA YACIMIENTO. L\*: Luminosidad; a\*: tonos rojos (+a) y verdes (-a); b\*: tonos amarillos (+b) y azules (-b); C\*: Croma. V. medio: Valor medio; s: Desviación Típica.

Yacimiento	L*		a*		b*		C*	
	V. Medio	s	V. Medio	s	V. Medio	s	V. Medio	s
<i>La Rodriaga (Fuentelsaz)</i>	72,2	1,9	6,5	1,0	18,1	1,0	19,2	0,8
<i>Allueva II (Allueva)</i>	59,9	2,9	17,3	4,9	24,1	1,9	29,8	3,8

química elemental puede, una vez más, apuntar al uso de mezclas de arcillas caoliníferas y moscovíticas del entorno del yacimiento.

Aunque, a priori, la diferencia de color podría ayudar a discriminar las cerámicas de cada taller, es preciso aclarar que en el conjunto de producciones celtibéricas de los doce alfares localizados en el sector central de la Cadena Ibérica las tonalidades de las cerámicas se repiten (9-10), por lo que resulta imposible utilizar el criterio del color como único factor de discriminación de las producciones.

## 5. CONCLUSIONES

La similitud petrográfica entre algunas piezas de las producciones de los dos yacimientos celtibéricos estudiados ha requerido un estudio arqueométrico centrado en el análisis de la variabilidad compositiva de sus fábricas. El tratamiento estadístico de los datos analíticos ha permitido establecer tres agrupamientos de muestras. Las piezas seleccionadas del alfar de *La Rodriaga* (Fuentelsaz, Guadalajara), aunque presentan una misma coloración, se reparten en dos subgrupos, las que se han denominado subgrupo  $P_1$  y subgrupo  $P_2$ , mientras que las del alfar *Allueva II* de la localidad turolense de Allueva pueden considerarse todas ellas dentro de un único grupo. Las muestras de *La Rodriaga* presentan una pasta no-calcárea rica en  $Al_2O_3$ , por el contrario, el grupo de *Allueva II* está elaborado con una pasta poco calcárea. La discriminación compositiva de los dos tipos de muestras separadas en el alfar de *La Rodriaga* se ha basado especialmente en el contenido en elementos trazas, diferencias que igualmente se han reflejado petrográficamente en la textura y componentes granulométricos de las inclusiones. Las diferencias detectadas llevan a pensar o en la utilización de dos fuentes de arcillas de composición ligeramente diferente, o en pequeñas diferencias en la dosificación de mezclas, pero en todo caso en una buena homogeneización del sedimento con procesos previos de lavado y decantación de la arcilla. Ha sido precisamente el conocimiento de la composición en elementos trazas lo que ha permitido observar las ligeras diferencias entre las muestras de *La Rodriaga* y establecer con seguridad los dos subgrupos, previamente detectados en estudios preliminares con un reducido número de muestras (9, 10). A partir de los resultados petrográfico-mineralógicos, se puede concretar que las cerámicas analizadas fueron elaboradas con arcillas illíticas de origen local, que contienen proporciones variables de minerales de hierro y micas tipo moscovita, relativamente abundantes en los sedimentos detríticos ricos en caolinita, especialmente en las producciones de *La Rodriaga*. La tecnología de elaboración cerámica reafirma la establecida en los estudios preliminares, con fábricas finas decantadas y también se deducen temperaturas de cocción variables entre 850-900°C.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación aportada por el proyecto HAR2010-21976 (Ministerio de Ciencia e Innovación) y el grupo Hiberus de la Universidad de Zaragoza. El análisis de difracción de rayos X de las muestras cerámicas ha sido realizado gracias a la colaboración de la Fundación SAMCA.

## BIBLIOGRAFÍA

1. F. Burillo. Sobre el origen de los celtiberos. En: I Simposio sobre Celtiberos. F.Burillo Mozota (coord.). Institución Fernando el Católico (Ed.), Zaragoza, 1-21, (1988).
2. F. Burillo. Celtiberians: Problems and Debates. In: The Celts in the Iberian Peninsula. Center for Celtic Studies, University of Wisconsin-Milwaukee (Eds.). e-Keltoi (Journal of Interdisciplinary Celtic Studies), Vol. 6, 411-480, (2005).
3. F. Burillo, M.E. Saiz, M.A. Cano. La cerámica celtibérica. En: Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión. En: XXVI Congreso Internacional de la Asociación Rei Cretariae Romanae Fautores. D. Bernal, A. Ribera y Universidad de Cádiz (Eds.), Cádiz, 171-188, (2008).
4. M. García-Heras. Caracterización arqueométrica de la producción cerámica numantina. BAR Internacional Series 692, Oxford, (1998).
5. M. García-Heras. Estudio arqueométrico de cerámica de Izana (Soria) y de otros yacimientos celtibéricos del Alto Duero. Bol. Soc. Esp. Ceram. V. 33, 315-325, (1994).
6. J. Buxeda i Garrigós, J. García-Iñañez, F. Tuset i Bertran. Pedregales: a coarse ware workshop of Celtiberian tradition at the Roman town of Clunia (Peñalba de Castro, Burgos, Spain). In: Understanding people through their pottery. Proceedings of the 7th European Meeting on Ancient Ceramics. M.I. Prudêncio, M.I. Dias, J. C. Waerenborgh (Eds), Lisboa (Portugal). Trabalhos de Arqueologia, 42, 19-25, (2005).
7. F. Galilea, A. García. Determinación del origen de cerámicas. Análisis FRX y Cluster. 1ª parte: el Método. Estudios de Arqueología Alavesa, 23, 287-340, (2006).
8. M.E. Saiz, F. Burillo, J. Igea, P. Lapuente, J. Pérez-Arantegui. Caracterización de los materiales cerámicos de alfares de época celtibérica del Sistema Ibérico Central. En: Actas del VII Congreso Ibérico de Arqueometría. S. Rovira, M. García-Heras, M. Gener, I. Montero (Eds.), Madrid, 265-276, (2008).
9. J. Igea, P. Lapuente, M.E. Saiz, F. Burillo, J. Bastida, J. Pérez-Arantegui. Estudio arqueométrico de cerámicas procedentes de cinco alfares celtibéricos del Sistema Ibérico Central. Bol. Soc. Esp. Ceram. V. 47, (1), 44-55, (2008).
10. M.E. Saiz, F. Burillo, J. Igea, P. Lapuente, J. Pérez-Arantegui, J. Fanlo. Aproximación a la alfarería de época celtibérica en el Sistema Ibérico Central: Caracterización de las producciones de los alfares de la provincia de Teruel. En: Actas del VIII Congreso Ibérico de Arqueometría. M.E. Saiz, R. López, M.A. Cano, J.C. Calvo (Eds.), Teruel (España), 37-48, (2010).
11. J.A. Esteban. El alfar celtibérico de La Rodriaga. Fuentelsaz, Guadalajara. Kalathos 11-12, 205-232, (1991-1992).
12. M.A. Cano, R. López, M.E. Saiz. La cerámica de técnica ibérica aparecida en las excavaciones de la ciudad de Segeda I. Área 3: Campaña 2001. En: Actas del XXVII Congreso Nacional de Arqueología. Bolskan, 19 (II), 211-220, (2002).
13. S. García de Madinabeitia, M.E. Sánchez Lorda, J.I. Gil Ibarguchi. Simultaneous determination of major to ultratrace elements in geological samples by fusion-dissolution and inductively coupled plasma mass spectrometry techniques. Anal. Chim. Acta 625, (2), 117-130, (2008).
14. L.P. Gromet, R.F. Dymek, L.A. Haskin, R.L. Korotev. The 'North American shale composite': Its composition, major and trace element characteristics. Geochim. Cosmochim. Acta, 48, 2469-2482, (1984).
15. S.M. McLennan, S. Hemming, D.K. McDaniel, G.N. Hanson. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. In: Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments. M.J. Johnsson and A. Basu (Eds.). Geological Society of America Special Paper 284, 21-40, (1993).
16. R.J.W. McLaughlin. The geochemistry of some kaolinitic clays. Geochim. Cosmochim. Acta, 17 (1-2), 11-16, (1959).
17. M. García-Heras, M.J. Blackman, R. Fernández.Ruiz, R.L. Bishop. Assessing ceramic compositional data: a comparison of Total Reflection X-ray Fluorescence and Instrumental Neutron Activation Analysis on Late Iron Age Spanish Celtiberian Ceramics. Archaeometry, 43, 325-347, (2001).
18. P. Lapuente, J. Pérez-Arantegui. Characterization and technology from studies of clay bodies of local islamic production in Zaragoza (Spain). J. Europ. Ceram. Soc. 19, 1835-1846, (1999).
19. P.M. Rice. Pottery Analysis. A sourcebook. Univ. Chicago Press, 559p, (1987).
20. G. Cultrone, C. Rodríguez-Navarro, E. Sebastián, O. Cazalla, M. J. de La Torre. Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. Eur. J. Mineral 13, 621-634, (2001).
21. M. Maggetti. Phase analysis and its significance for technology and origin. In: Archaeological ceramics. J.S. Olin, A.D. Franklin (Eds.). Smithsonian Institution Press, Washington DC, 121-133, (1982).
22. P. Lapuente, M.P. Ramírez, P. Clark. 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 (1995).

Recibido: 14/05/2012

Aceptado: 29/11/2012